



Вестник



Октябрь 2019 г., № 10 (298)

Института геологии Коми научного центра УрО РАН

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

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ журнала (2018) — 0.350

Содержание

Открытие

Неожиданное открытие
в палеонтологии ранних тетрапод 3

Научные статьи

Органическая геохимия углей Печорского угольного бассейна и гиперугли как перспективный продукт углехимии
Н. С. Бурдельная, Д. А. Бушнев, О. В. Валяева, И. Н. Бурцев, Д. В. Кузьмин, А. А. Деревесникова 5

Девонские и раннекаменноугольные угли и эволюция болотных фаций
Д. Э. А. Маршалл, О. П. Тельнова, К. М. Берри 12

Граница девона и карбона на востоке Печорской плиты (разрезы на р. Каменке и р. Вангыр)
А. В. Журавлев, Д. Б. Соболев 16

Палинологическая характеристика живецко-франского стратиграфического интервала на Южном и Среднем Тимане
О. П. Тельнова, И. Х. Шумилов 23

Конодонты и остракоды из мелководных живецко-франских отложений Южного Тимана
М. А. Соболева, Д. Б. Соболев 28

Физико-химическое исследование органического вещества верхнедевонских бурых углей
Л. С. Кочева, А. П. Карманов, С. М. Снигиревский 39

Хроника, события, факты

Что нам могут рассказать о закономерностях развития Земли девонские отложения Арктики (9-е научное кафе) 43

Организация и оценка научной и учебной работы в Саутгемптонском университете (из доклада профессора Д. Маршалла) 46

Всероссийская научная конференция «Геохимия нефти и газа, нефтематеринских пород, угля и горючих сланцев» 48

М. В. Фишман — выдающийся ученый и организатор геологических исследований (к 100-летию со дня рождения) 50

Свет учителя (к 110-летию профессора Д. П. Григорьева) 53

Ее Величество Аналитик (к 70-летию юбилею Т. Н. Тарасовой) 54

Юшкинские чтения — 2020 55

Памяти палеонтолога 56

Хроника 56

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



Content

Discovery

Surprising light on the earliest tetrapods 3

Scientific articles

Organic geochemistry of the Pechora basin coal
and hypercoal as a perspective product of coal chemistry
*N. S. Burdelnaya, D. A. Bushnev, O. V. Valyaeva,
I. N. Burtsev, D. V. Kuzmin, A. A. Derevesnikova* 5

Devonian and Early Carboniferous coals
and the evolution of wetlands
J. E. A. Marshall, O. P. Telnova, C. M. Berry 12

Devonian-Carboniferous boundary in the East
of the Pechora Plate (Kamenka River and Vangyr River sections)
A. V. Zhuravlev, D. B. Sobolev 16

Palynological characteristics
of Givetian-Frasnian stratigraphic interval
on the Southern and Middle Timan
O. P. Telnova, I. Kh. Shumilov 23

Conodonts and ostracodes
from the Givetian-Frasnian shallow-water deposits
of the Southern Timan
M. A. Soboleva, D. B. Sobolev 28

Physical and chemical studies
of the organic matter of Upper Devonian brown coals
*L. S. Kocheva, A. P. Karmanov,
S. M. Snigirevsky* 39

Chronicle, events, facts

What the Devonian Arctic can tell
us about the Earth evolutionary patterns
(the 9th Science Café) 43

Organizing and Evaluating Scientific
and Academic Work at the University of Southampton.
(based on a report by Professor J. Marshall) 46

All-Russian scientific conference «Geochemistry of oil
and gas, source rocks, coal and oil shale» 48

M. V. Fishman — Outstanding Scientist
and Organizer of Geological Researches.
(on the centenary of his birth) 50

Master's light
(celebrating 110 years from the birth of D. P. Grigoryev) 53

Her Majesty Analyst
(on the occasion of T. N. Tarasova's 70th Anniversary) 54

Yushkin Readings — 2020 55

In memory of the paleontologist 56

Chronicle 56

Chief Editor A. M. Askhabov, **Deputy Chief Editor** O. B. Kotova,
Executive Director 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. Voytekhsy, 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
Alexander M. Pystin, Syktyvkar, Russia
Constance M. Soja, Hamilton, NY, USA
Oksana V. Udoratina, Syktyvkar, Russia
Mikhail A. Fedonkin, Moscow, Russia



DISCOVERY



SURPRISING LIGHT ON THE EARLIEST TETRAPODS НЕОЖИДАННОЕ ОТКРЫТИЕ В ПАЛЕОНТОЛОГИИ РАННИХ ТЕТРАПОД

Superbly preserved fossils from Russia, excavated with support of a grant from the National Geographic Society and described today by an international team in the leading scientific journal *Nature*^{*}, cast new and surprising light on one of the earliest tetrapods — the group of animals that made an evolutionary transition from water to land and ultimately became the ancestors not just of amphibians, reptiles, birds and mammals, but of ourselves.

Статья об окаменелостях прекрасной сохранности, обнаруженных в России благодаря грантовой поддержке Национального географического общества (США), была недавно опубликована в ведущем научном журнале *Nature* международной группой исследователей, в число которых вошел и автор из Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН^{*}. Публикация посвящена одному из представителей ранних тетраподов — группы животных, обеспечившей выход позвоночных на сушу и явившейся, таким образом, предковой не только для таких крупных таксонов, как амфибии, рептилии, птицы и млекопитающие, но и собственно для человека.

The first tetrapods evolved from fishes during the Devonian period, which ended about 360 million years ago. For many decades, our idea of what Devonian tetrapods were like have been based on just a few genera, chiefly *Ichthyostega* and *Acanthostega*, which are known from near-complete skeletons. Most other Devonian tetrapods are known only from a few scraps of jaws or limb bones: enough to show that they existed, but not really enough to tell us anything useful. Furthermore, *Ichthyostega* and *Acanthostega* lived at the very end of the Devonian. Some of the fragmentary tetrapods are a lot older, up to 373 million years old, and the oldest fossil tetrapod footprints date back a whopping 390 million years. So Devonian tetrapods have a long early history about which, until now, we have known very little. This is a frustrating picture, considering that we are dealing with one of the most important events in the history of the backboned animals.

The new Russian tetrapod, *Parmastega aelidae*, changes all this. At 372 million years old, its fossils are only marginally younger than the oldest fragmentary tetrapod bones. They come from the Sosnogorsk Formation, a limestone formed in a tropical coastal lagoon, which is now exposed on the banks of the Izhma River near the city of Ukhta in the Komi Republic of European Russia. But these are no mere fragments: when the limestone is dissolved with acetic acid, out come perfectly preserved bones from the head and shoulder girdle — more than 100 so far — which can be pieced together into a three-dimensional reconstruction of the animal, by far the earliest for any tetrapod. Large and small individuals are found, the biggest with a head length of about 27 cm. Fish-like characteristics in some bones indicate that this is not only the earliest but also the most primitive of the well-preserved Devonian tetrapods.

Like other Devonian tetrapods, *Parmastega* is vaguely crocodile-like in shape, but its eyes are raised above the top of the head,

Первые тетраподы произошли от одной из групп лопастеперых рыб в девонском периоде, который закончился около 360 млн лет назад. На протяжении многих десятилетий наши представления о девонских тетраподах были основаны на нескольких их видах, главным образом ихтиостеге (*Ichthyostega*) и акантостеге (*Acanthostega*), известных по относительно полным экземплярам скелетов. Большинство других таксонов в ископаемой летописи представлены редкими и фрагментарными находками нижних челюстей и костей из поясов конечностей, что является достаточным для подтверждения факта их существования, но не позволяет судить о том, что они в действительности собой представляли. К тому же ихтиостега и акантостега жили в самом конце девонского периода, тогда как некоторые фрагментарные остатки тетраподов значительно старше — их возраст достигает 373 млн лет. А датировка древнейших следовых дорожек, оставленных ранними тетраподами, составляет 393 млн лет. Таким образом, начальные этапы эволюции девонских тетраподов заняли довольно продолжительный временной интервал, наши знания о котором до сих пор оставались весьма скудными. Это было досадно осознать, учитывая, что появление тетраподов явилось одним из ключевых событий в истории позвоночных животных.

Новый тетрапод из России, получивший название *Parmastega aelidae*, сильно меняет наши представления. По своему возрасту, составляющему 372 млн лет, он лишь незначительно уступает самым древним представителям группы, известным только по фрагментарным находкам. Остатки пармастеги были обнаружены в известняках сосногорской свиты, сформировавшихся в условиях обширной мелководной тропической лагуны и ныне обнажающихся по берегам р. Ижмы в окрестностях г. Ухты (Республика Коми).

Landscape of Sosnogorsk lagoon with approaching deadly storm. Painting by M. Shekhanov (Yaroslavl) on request by the Ukhta Local History Museum, 2019.

^{*}Beznosov P. A., Clack J. A., Luksevics E., Ruta M. & Ahlberg P. E. Morphology of the earliest reconstructable tetrapod *Parmastega aelidae* // *Nature*, 2019. Vol. 574. Pp. 527—531.



Excavations on the Izhma River bank: searching the bones of the Devonian tetrapod. Photo by P. A. Beznosov, 2012

Раскопки на берегу Ижмы: в поисках костей девонского тетрапода. Фото П. А. Безносова, 2012 г.



The holotype of *Parmastega aelidae* (specimen No. 705/1) during the preparation. Photo by P.A. Beznosov, 2010

Голотип *Parmastega aelidae* (экз. № 705/1) в процессе препарирования. Фото П.А. Безносова, 2010 г.

and the curve of its snout and lower jaw create a disconcerting 'grin that reveals its formidable teeth. A clue to its lifestyle is provided by the lateral line canals, sensory organs for detecting vibrations in the water, which *Parmastega* inherited from its fish ancestors. These canals are well-developed on the lower jaw, the snout and the sides of the face, but they die out on top of the head behind the eyes. This probably means that it spent a lot of time hanging around at the surface of the water, with the top of the head just awash and the eyes protruding into the air. Crocodiles do this today, because they are keeping an eye out for land animals that they might want to catch. We don't know very much about the land that surrounded *Parmastega* lagoon, but there may have been large arthropods such as millipedes or 'sea scorpions to catch at the waters edge. The slender, elastic lower jaw certainly looks well-suited to scooping prey off the ground, its needle-like teeth contrasting with the robust fangs of the upper jaw that would have been driven into the prey by the body weight of *Parmastega*.

However, the fossil material springs one final surprise: the shoulder girdle was made partly from cartilage, which is softer than bone, and the vertebral column and limbs may have been entirely cartilaginous as they are not preserved. This strongly suggests that *Parmastega*, with its crocodile-like head and protruding eyes, never really left the water. Did it creep up on prey at the waters edge and surge onto the shore to seize it in its jaws, only to then slide back into the supporting embrace of the water? We don't know. Far from presenting a progressive cavalcade of ever more land-adapted animals, the origin of tetrapods is looking more and more like a tangled bush of ecological experimentation.

Но эти окаменелости представляют собой не просто набор фрагментированных элементов скелета. При растворении породы в слабом растворе органических кислот из нее были извлечены прекрасно сохранившиеся образцы, представленные как изолированными, так и частично сочлененными частями скелета. Всего было найдено и отпрепарировано более 100 экземпляров костей, прекрасно стыкующихся между собой, что позволило создать трехмерную реконструкцию черепа, нижней челюсти и плечевого пояса этого животного, делая его древнейшим тетраподом, облик которого может быть корректно воссоздан. В собранной коллекции присутствуют остатки как взрослых, так и молодых особей. Восстановленная длина головы крупнейшего экземпляра составляет 27 см. Присутствие у пармастеги целого набора «рыбьих» признаков позволяет считать ее не только древнейшим, но и наиболее примитивным из всех девонских тетраподов, известных по относительно полным скелетам.

Как и другие девонские тетраподы, пармастега своей формой отдаленно напоминала крокодила. При этом ее глаза сильно возвышались над поверхностью головы, а изгиб пасти создавал подобие застенчивой улыбки, обнажающей оскал острых и грозных зубов. Однако ключом к пониманию образа жизни этого животного послужили каналы боковой линии — органа, позволяющего регистрировать малейшие колебания водной среды и доставшегося пармастеге от ее рыбьих предков. Эти каналы прекрасно развиты на ее нижней челюсти, передней и боковых частях головы, но полностью отсутствуют в теменной области и между глазами. По всей видимости, это означает, что существенную часть времени пармастега проводила, плавая у поверхности водоема. Современные крокодилы используют подобное поведение для охоты, высматривая из воды своих потенциальных жертв среди наземных животных. Мы точно не знаем, какой была суша, окружавшая сосногорскую лагуну, и кто ее населял, но среди обитателей береговой зоны запросто могли быть крупные членистоногие, такие как многоножки и ракоскорпионы. Узкая нижняя челюсть пармастеги, состоящая из подвижно сочлененных костей и несущая мелкие игловидные зубы, могла быть удачным приспособлением для атаки из воды на подобных животных, а крупные и мощные клыки нёба и верхней челюсти позволяли придавливать жертв к земле. Еще одной удивительной особенностью пармастеги было то, что ее плечевой пояс окостеневал не полностью, оставаясь частично хрящевым, а отсутствующие в захоронении позвонки, ребра и элементы скелета конечностей, по всей видимости, были полностью сложены из хряща, не сохраняющегося в ископаемом состоянии. Это четко указывает на то, что пармастега являлась обитателем водной среды и не имела способности активно передвигаться по суше. Подкрадывалась ли она к своей жертве, скрываясь в воде, чтобы в решающий момент, подобно крокодилу, совершить резкий бросок и затащить ее в водоем, мы в действительности не знаем. Но теперь мы можем уверенно сказать, что еще задолго до появления продвинутых групп наземных позвоночных, основание филогенетического древа тетраподов скорее выглядело как густой куст со множеством ветвей, идущих в самые разнообразные экологические ниши.



ORGANIC GEOCHEMISTRY OF THE PECHORA BASIN COAL AND HYPERCOAL AS A PERSPECTIVE PRODUCT OF COAL CHEMISTRY

N. S. Burdelnaya, D. A. Bushnev, O. V. Valyaeva, I. N. Burtsev, D. V. Kuzmin, A. A. Derevesnikova

Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

burdelnaya@geo.komisc.ru

The results of studies of organic matter and technological features of coal from a number of deposits of the Pechora coal basin are presented. Based on data on the composition of biomarker hydrocarbons, data on the thermal maturity of organic matter (OM) of coal are confirmed, assumptions are made about the influence of aquatic and terrigenous vegetation on the formation of the initial OM, and differences between its composition for brown coals concentrated in the southern part of the Pechora coal basin are shown, and coal of the northern areas of the basin. The work demonstrates the possibility of obtaining an ash-free concentrate — the so-called hypercoal by extraction of the initial coal with N-methylpyrrolidone at the boiling point of the solvent in high yields and the similarity of the structure of the obtained product with the structure of the organic mass of the initial coal.

Keywords: *Permian coal, Pechora coal basin, hydrocarbon-biomarkers, hypercoal.*

ОРГАНИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ УГЛЕЙ ПЕЧОРСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА И ГИПЕРУГЛИ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПРОДУКТ УГЛЕХИМИИ

Н. С. Бурдельная, Д. А. Бушнев, О. В. Валяева, И. Н. Бурцев, Д. В. Кузьмин, А. А. Деревесникова

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

Приводятся результаты исследований органического вещества и технологических особенностей углей из ряда месторождений Печорского угольного бассейна. На основании данных о составе углеводородов-биомаркеров подтверждены данные о термической зрелости органического вещества (ОВ) углей, высказаны предположения о влиянии водной и терригенной растительности на формирование исходного ОВ и показаны различия между его составом для бурых углей, сосредоточенных в южной части Печорского угольного бассейна, и каменных углей северных районов бассейна. В работе демонстрируется возможность получения обеззоленного концентрата — так называемого гиперугля — при экстракции исходного угля N-метилпирролидоном при температуре кипения растворителя с высокими выходами и сходство структуры полученного продукта со строением органической массы исходного угля.

Ключевые слова: *пермский уголь, Печорский угольный бассейн, углеводороды-биомаркеры, гиперуголь.*

Introduction

Hypercoal (HPC) or ash-free coal is a product of thermal extraction of initial coal by a polar organic solvent. Important properties of HPC are low ash content of less than 1%, a high specific heat of combustion (over 36 MJ/kg), absence of heavy and alkaline metals, inorganic (sulfate) and sulfide sulfur, a wide plasticity range that determines the quality and characteristics of coke [17]. The use of HPC as an additive to low-coking coal contributes to its increasing strength. Fully ash-free coal can be used for direct combustion in gas turbine plants. HPC for a long time retains its catalytic properties at gasification (non-waste catalytic production of synthesis gas, hydrogen). It can also be used to produce high purity silicon (for solar panels), iron reduction, non-ferrous metal smelting [16, 19, 21–23].

The first laboratory developments to obtain hypercoal started in Japan in the 1990s. T. Takanohashi et al. [23] tried to use a mixture of various organic solvents, including pure N-methylpyrrolidone, and obtained yields not exceeding 15 %. Although they extracted at room temperature, it was clear that thermal extraction allowed increasing the content of the ex-

tractable substance. The use of 1-methylnaphthalene at 360 °C during the extraction of subbituminous coal (Shenfu deposit, China) allowed increasing yield of hypercoal to 56 % [21].

The Pechora coal basin (PCB) occupies a significant place in the resource potential of Russia. The explored reserves of the Pechora basin amount to 7.2 billion tons, of which brown coal makes a significant part [3]. Because of that these fossil fuels are characterized by a high ash content, especially brown coals, where the ash content reaches 40 %, their consumer properties turn out to be extremely low. The study of the geochemical characteristics of the OM composition of PCB coals will allow evaluating possibilities of production of ash-free coal from them and the structural features of the obtained product.

The aim of the present study was a detailed research of the geochemical features of the organic matter of coals of the Pechora coal basin and the possibility of production of hypercoals from them, as well as a comparative analysis and characterization of the obtained structure of HPC from coals of different metamorphism.

Table 1. The main data of coals of the Pechora coal basin

Таблица 1. Основные данные углей Печорского угольного бассейна

Месторождение/пласт / Deposit/seam	Возраст / Age	Марка / Rank		C _{орг} , %	A _d , %	Выход ГПУ, % Hypercoal yield, %
Нечепское / Nechenskoe	P ₂ pc	brown coal	Б / B	36.5	18.5	4
Интинское/пласт 10/8 / Intinskoe/seam 10/8	P ₂ in	hard coal	Б/Д / B/LF	53.4	16.9	17
Интинское/пласт 10/12 / Intinskoe/seam 10/12	P ₂ in		Б/Д / B/LF	54.0	17.0	11
Интинское/пласт 11/10 / Intinskoe/seam 11/10	P ₂ in		Б/Д / B/LF	54.4	14.2	13
Воргашорское/ш. Воргашорская, пласт Мошный Vorgashorskoe/Vorgashorskaya mine, Moshchny seam	P ₁ rd/P ₂ in		ДЖ / LFF	78.3	6.6	16.3
Воркутское/ш. Октябрьская, пласт Мошный Vorkutskoe/Oktyabrskaya mine, Moshchny seam	P ₁ rd/P ₂ in		ГЖ / GF	79.4	6.2	20.0
Воркутское/ш. Комсомольская, пласт Мошный Vorkutskoe/Komsomolskaya mine, Moshchny seam	P ₁ rd/P ₂ in		ГЖ / GF	81.0	5.6	32.5
Юньягинское / Yunyaginskoe	P ₁ rd		К / C	64.8	9.0	17.0
Верхнесырьягинское / Verkhnesyryaginskoe	P ₁ rd/P ₂ in		Т / G	64.5	20.6	24.0 (+растворитель/ solvent)

Materials and research methods

Coals of Nechenskoe, Inta, Vorkuta, Vorgashor, Verkhnesyryaga and Yunyaga deposits represented by rank B, D, Zh, K and T, respectively, were used in the study (Table 1).

Coal samples characterized by high ash content were enriched in a liquid with a density of 1.6 g/m³. To obtain ash-free coal or HPC, a sample of enriched coal weighing about 30 g was used and treated with 300 ml of N-methylpyrrolidone (NMP) at the boiling point of the solvent. After distillation of the solvent, the resulting precipitate was dried at a temperature of 230 °C, then washed with hot water and dried at a temperature of 140 °C, and then stored for further studies [5]. The yields, ash content, and elemental composition were de-

termined for the initial coals and HPC and coal residues obtained from them. ¹³C CP/MAS NMR spectra were obtained for coal before and after NMP extraction [5, 6]. For a number of samples, thermogravimetric analysis was carried out, pyrolysis of samples at 420 °C in an argon flow, further pyrolysis products were analyzed by gas chromatography/mass spectrometry [4].

Results and its discussion

The Pechora coal basin features coals of various ranks from the onset of brown coal stage to anthracites (Fig. 1). Regional metamorphism proceeded at various rates. In the northwest, the thickness of catagenesis zones is 1.5–

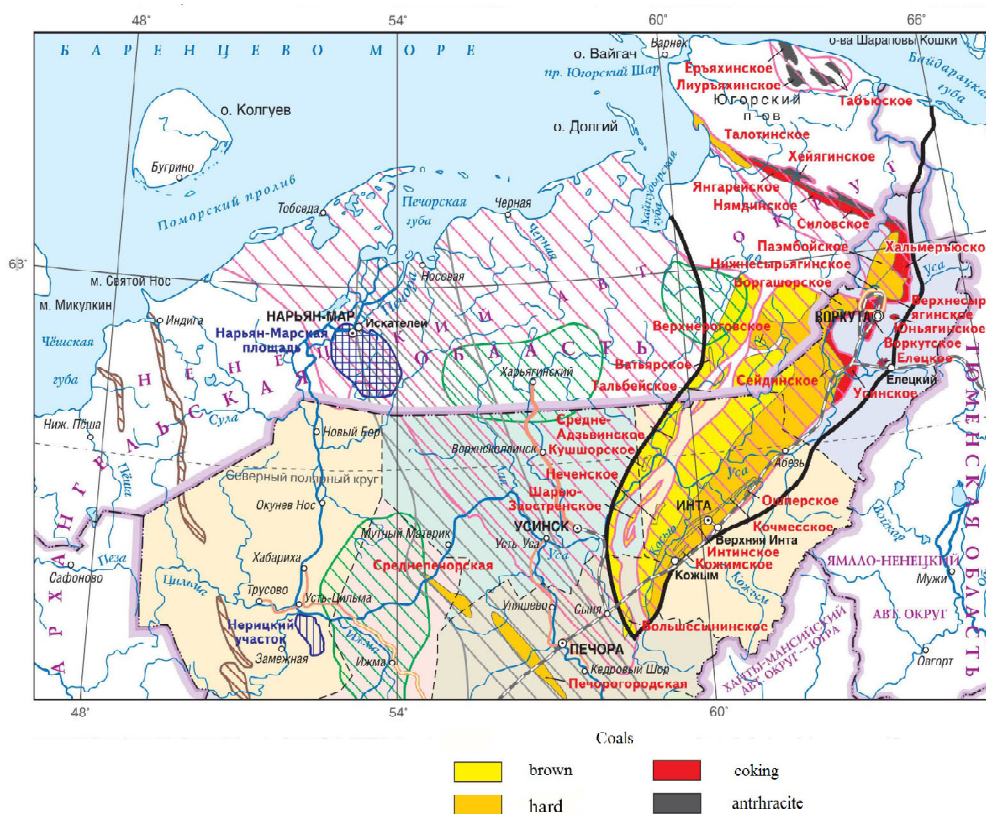


Fig. 1. Deposits of the Pechora coal basin [3]

Рис. 1. Месторождения Печорского угольного бассейна [3]



2 times less than in the east. Three types of catagenetic sections are distinguished, which differ by the growth rate and thickness of the catagenesis zones: extended with a low growth catagenesis gradient, medium and shortened with an increased gradient [9]. In the south of PCB mainly brown coals are concentrated, in the northern part of the basin — hard and anthracites.

Organic geochemistry of PCB initial coals

Brown coals of the Nechenskoe deposit are characterized on average by lower C_{org} than coals of the Inta deposit and more mature coals of Vorkuta regions (Table 1). The values of C_{org} in brown coal itself vary from 27 (matte coal) to 60 % (glance coal) [10], in the studied Inta coals — on average from 44 to 54 % [5], in hard coals of Vorkuta region — 74.7–81 % [6].

The composition of the hydrocarbon fraction of bitumoid of the studied coals indicates a significant contribution of a humus component to the initial biomass of coal. Firstly, this is confirmed by a high content of odd n -alkanes in the high molecular region (Fig. 2, A, C, D), and secondly, by significant concentrations of C_{29} sterane, which is an important indicator reflecting the terrigenous genesis (Fig. 3) [20]. Thirdly, the composition of the aromatic fraction of bitumoid clearly proves the presence of a terrigenous component containing remains of coniferous and herbaceous vegetation [6]. Thus, retene, methylretene, formed at the final stage during the diagenetic conversion of abietic acid, which is a part of the resin of conifers, dominate among OM aromatic compounds of the Vorkuta region coals, while in the Inta coals, along with retene

and intermediate products of conversion of abietic acid (simonellite and dehydroabietane) cadalene is present, found in many herbaceous plants, fungi, bryophytes, and a number of other sources [15]. The obtained data do not contradict the petrographic composition of the studied coals [3, 10, 11].

An interesting feature of the hydrocarbon composition of Permian bitumen coals of the Pechora coal basin is the different ratio of normal alkanes to acyclic isoprenoid alkanes (Fig. 2) (Table 2). For example, isoprenanes are practically absent in the brown coal bitumen of the Nechenskoe deposit — $Pr+Ph/H-C_{17}+H-C_{18}$ ratio varies from 0.09 to 0.46 [8]. It would seem that these coals are in the initial series of thermal transformations, i.e. are the most immature among Permian coal from PCB (analysis of coal samples showed that the vitrinite reflectance R^o does not exceed 0.41 % and corresponds to the brand of brown coals), and probably could not release some of isoprene structures. Nevertheless, an experiment with water pyrolysis of Nechenskoe brown coals at 300 °C showed insignificant changes in $(Pr+Ph/H-C_{17}+H-C_{18})$ ratio, varying from 0.26 to 0.54 (Fig. 2, A and B) [2], i.e. remaining within the limits of the unconverted OM of coal [8]. It is likely that such a low content of isoprenanes in the coals of the Nechenskoe deposit is resulted from some difference in the composition of the initial plant material of these coals relative to other PCB coals. According to the data [11], OM accumulation of coals of the Nechenskoe deposit proceeded in peat bogs, sometimes accompanied by formation of stagnant environment at changing anaerobic-aerobic conditions.

The insignificant contribution of aquatic vegetation to the total initial biomass of the studied coals is also confirmed by

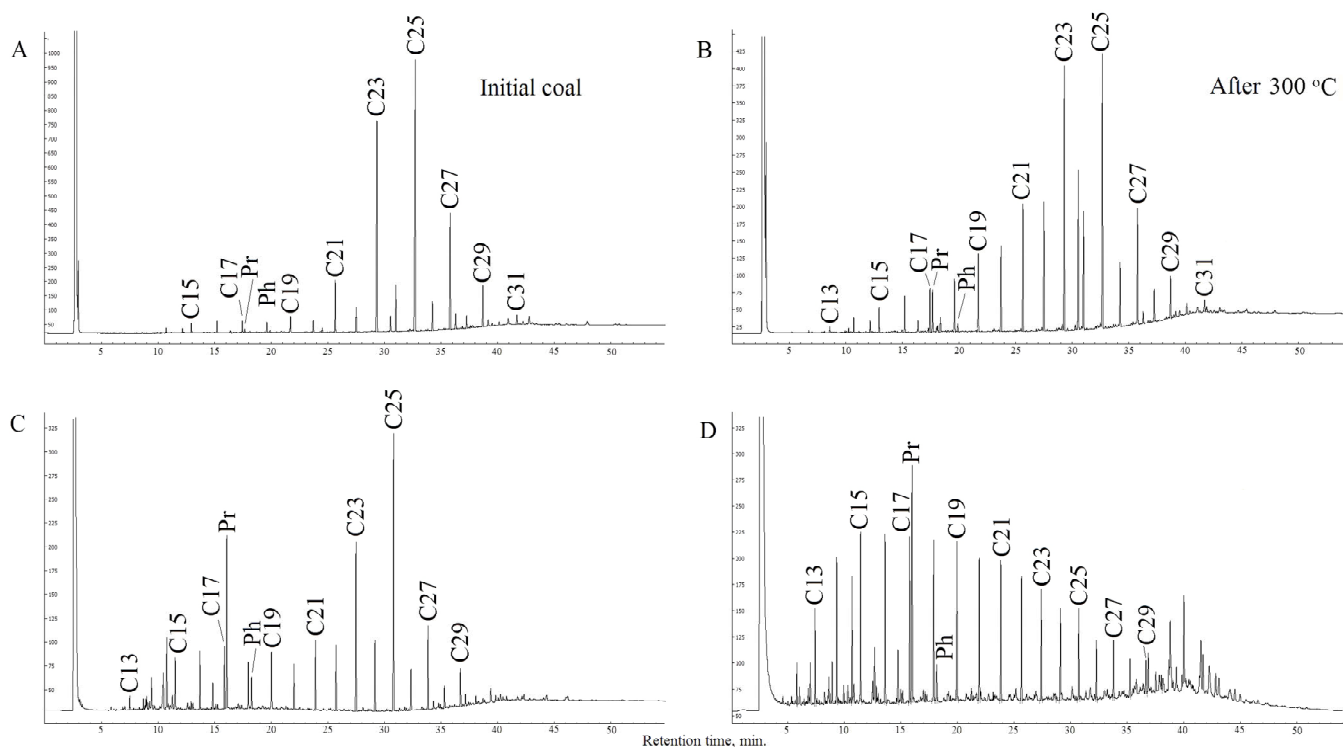


Fig. 2. Gas-chromatography distribution of n - and iso -alkanes of the hydrocarbon fraction of Permian coal bitumoids of the Pechora coal basin: A, B — of the Nechensky deposit before and after hydrous pyrolysis at 300 °C, respectively, C — of the Intinsky deposit, D — of the Vorkutsky deposit

Рис. 2. Газохроматографическое распределение n - и $изо$ -алканов углеводородной фракции битумоидов пермских углей Печорского угольного бассейна: А, В — Неченского месторождения до и после водного пиролиза при 300 °C соответственно, С — Интинского месторождения, D — Воркутского месторождения

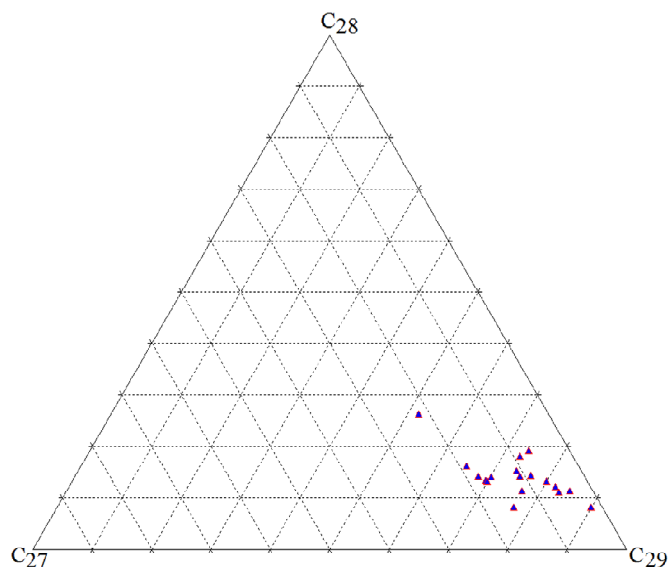


Fig. 3. Triangular distribution diagram of the composition C_{27} – C_{29} steranes of the hydrocarbon fraction of Permian coal bitumoids of the Pechora coal basin

Рис. 3. Треугольная диаграмма распределения стеранов состава C_{27} – C_{29} углеводородной фракции битумоидов пермских углей Печорского угольного бассейна

the data on the distribution of n -alkanes, where the main maximum falls on n -alkanes of C_{23} – C_{25} composition [5, 6, 8, 11]. As a rule, n -alkanes of C_{21} , C_{23} and C_{25} composition can belong to vascular plants, microalgae, sphagnum, etc. [14, 18]. Coal bitumoids from the Vorkuta region are characterized by a more pronounced dominance of n -alkanes of C_{21} – C_{25} composition [6].

The lithological studies of PCB coal deposits, in particular, the Inta formation of the Inta coal region, allowed the

authors [12] to make an assumption about the formation of swamp peatlands and lakes of different sizes in the Pechora Basin, which resulted in the formation of coals of different OM composition.

Based on the results of the analysis of polycyclic hydrocarbon biomarkers, we evaluated the degree of OM thermal conversion of coals [5, 6, 8]. By the presence of biological forms of $\beta\beta$ hopanes, unsaturated pentacyclic terpanes — neo-hop13(18)-enes of C_{29} and C_{30} composition, as well as low values of 22S/22S+R ratio calculated by $\alpha\alpha\alpha$ C_{29} sterane, and 22S/22S+R ratio calculated by $\alpha\beta$ C_{31} hopane (Table 2), we determined that the maturity of the organic matter of coals from Nechenskoe and Inta deposits was small and corresponded to the end of protocatagenesis. For OM of these coals, it was significantly lower than the thermal maturity of OM of the coals from Syryaga, Vorkuta, and Vorgashor deposits of PCB. In the latter case, OM catagenesis reaches MC₂ grade — onset of MC₃ [2, 7], which is concordant with the reconstruction of the paleogeothermal regime of Permian strata of Pre-Ural Foredeep carried out earlier by L. A. Anishchenko et al. [1, 9].

Production of ash-free coals

After NMP treatment we received hypercoals with an ash content of less than 1 %. The yield of the extract ranges from 4 to 30 %. The minimum HPC yield is characteristic of brown coal of the Nechenskoe deposit. Inta coals also give low extract yields, the metamorphism of which is low. The highest yield of the extract was obtained at processing gas fat coals.

To study the structural features of the initial coals, HPC and coal residues, we used thermogravimetric analysis (TGA), examined ^{13}C NMR spectra, and carried out *off-line* pyrolysis of the samples.

TGA curves, obtained for the initial coal-hypercoal-coal residue series, indicate that the greatest weight loss upon heating turned out to be characteristic of hypercoals (up to 35 %) (Fig. 4). In the range of 400–500 °C, so-called active pyroly-

Table 2. Geochemical characteristics of the hydrocarbon fraction of coal bitumen of the Pechora coal basin by GC and GC/MS

Таблица 2. Геохимическая характеристика углеводородной фракции битумоида углей Печорского угольного бассейна по данным ГЖХ и ХМС

Месторождение Deposit	Образец / Sample	C_{opr} , %	Pr+Ph / $C_{17}+C_{18}$	20S/20S+R C_{29} -стеран / C_{29} -sterane	22S/22S+R C_{31} -гопан / C_{31} -hopane
Неченское Nechenskoe	Уголь блестящий, скв. 408, № 14 Bright coal, borehole 408, No.14	42.40	0.30	0.07	0.13
	Уголь полуматовый, скв. 408, № 42 Semi-dull coal, borehole 408, No. 42	27.80	0.21	0.07	0.13
	Уголь полосчатый, скв. 408, № 52 Banded coal, borehole 408, No. 52	52.40	0.46	0.12	0.17
	Уголь полублестящий, скв. 408, № 57 Semi-bright coal, borehole 408, No. 57	48.70	0.25	0.02	0.12
Интинское Intinskoe	10/8	53.40	1.81	0.07	0.19
	10/12	54.00	1.53	0.06	0.17
	11/10	54.40	1.70	0.04	0.15
	11/18	44.30	2.15	0.05	0.15
Сырьягинское Syryaginskoe	SYR-6-1	50.87	1.18	0.37	0.58
	SYR-8-2/1	41.10	1.80	0.46	0.60
Воргашорское Vorgashorskoe	пласт Мощный, 30–60 см от подошвы Moshchny seam, 30–60 cm from base	78.28	1.56	0.45	0.60
	пласт Мощный, 120–150 см от подошвы Moshchny seam, 120–150 cm from base	74.70	4.41	0.39	0.59
	пласт Мощный, 180–200 см от подошвы Moshchny seam, 180–200 cm from base	76.27	1.59	0.46	0.59
Воркутское Vorkutskoe	ш. Октябрьская / Oktyabrskaya mine	79.41	1.00	0.46	0.58
	ш. Комсомольская / Komsomolskaya mine	81.00	0.38	0.42	0.59

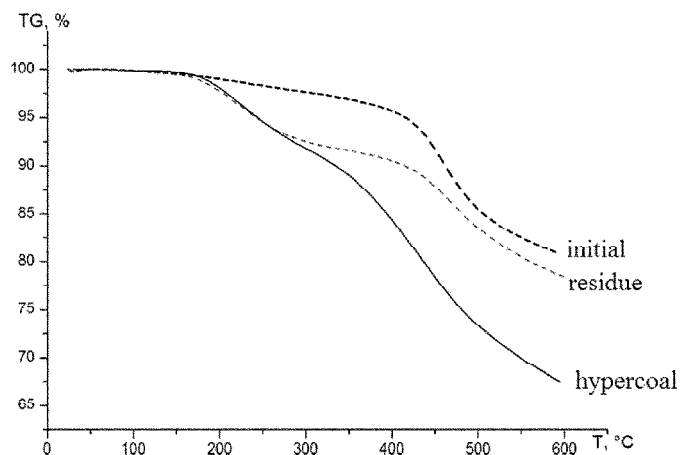


Fig. 4. TGA curves coal, hypercoal and coal residue from mine Komsomolskaya (Vorkutsky deposit)

Рис. 4. Кривые ТГА угля, ГПУ и угольного остатка из ш. Комсомольской (Воркутское месторождение)

sis occurs, at which a sharp decomposition of OM of the coals occurs, followed by passive pyrolysis at a higher temperature, at which a long-term thermal decomposition takes place. The decomposition of HPC starts much earlier than coal and occurs stepwise, which may be due to the extraction of various structural blocks during extraction. Residual coal is characterized by a more gradient weight loss [4].

Solid-state ^{13}C NMR spectroscopy for the initial coals, HPC, and coal residue showed the presence of two broad bands related to aliphatic carbon (10–40 ppm range) and aromatic carbon (100–150 ppm range). As can be seen from the spectra, aromatic structures dominate in the structure of the studied

coals, and the higher the stage of coalification, the lower the ratio of aliphatic carbon to aromatic carbon (Fig. 5). Analysis of ^{13}C NMR spectra indicates that the structure of the hypercoals is rather similar to the initial coals. Moreover, they are characterized by a slight increase of the aliphatic component and the presence of amido groups due to interaction with the solvent. The spectra of the residual part of the coal after extraction also indicate the dominance of aromatic component of coal organic mass. Schematically, the image of the hypothetical structure (structural unit) of HPC, obtained during the extraction of the initial NMP coal, can be represented as follows (Fig. 6). A polar solvent penetrates the structure of coal and breaks the hydrogen bonds inside the matrix of coal organic mass, while new hydrogen bonds arise between the solvent and the structural components of coal. Unfortunately, the presented model does not reflect real structural fragments of Permian coals. Nevertheless, it quite clearly reflects the “aromatic” essence of OM coals as a whole, and also explains the effect of the polar solvent and production of hypercoals.

The pyrolysis of coal and its products by solvent, carried out off-line at 420 °C in argon atmosphere, showed that the main components of the pyrolyzate were *n*-alkanes and *n*-alkenes-1, the aromatic components were represented by alkyl-substituted benzenes, naphthalenes, phenanthrenes, dibenzofurans and biphenyls [4]. We calculated yields of sums of *n*-alkanes, alkylnaphthalenes and alkylphenanthrenes. The yield of phenanthrenes for a series of coal — HPC — residue is maximal for the hypercoal and minimal for the residue. The yield of both *n*-alkanes and naphthalenes for the coal residue is lower than for the initial coal and the hypercoal extracted from it. The analysis of ratios of *n*-alkanes/naphthalenes, *n*-alkanes/phenanthrenes and naphthalenes/phenanthrenes allowed determining that, in comparison with the precursor structures of *n*-alkanes and naphthalenes, the precursor struc-

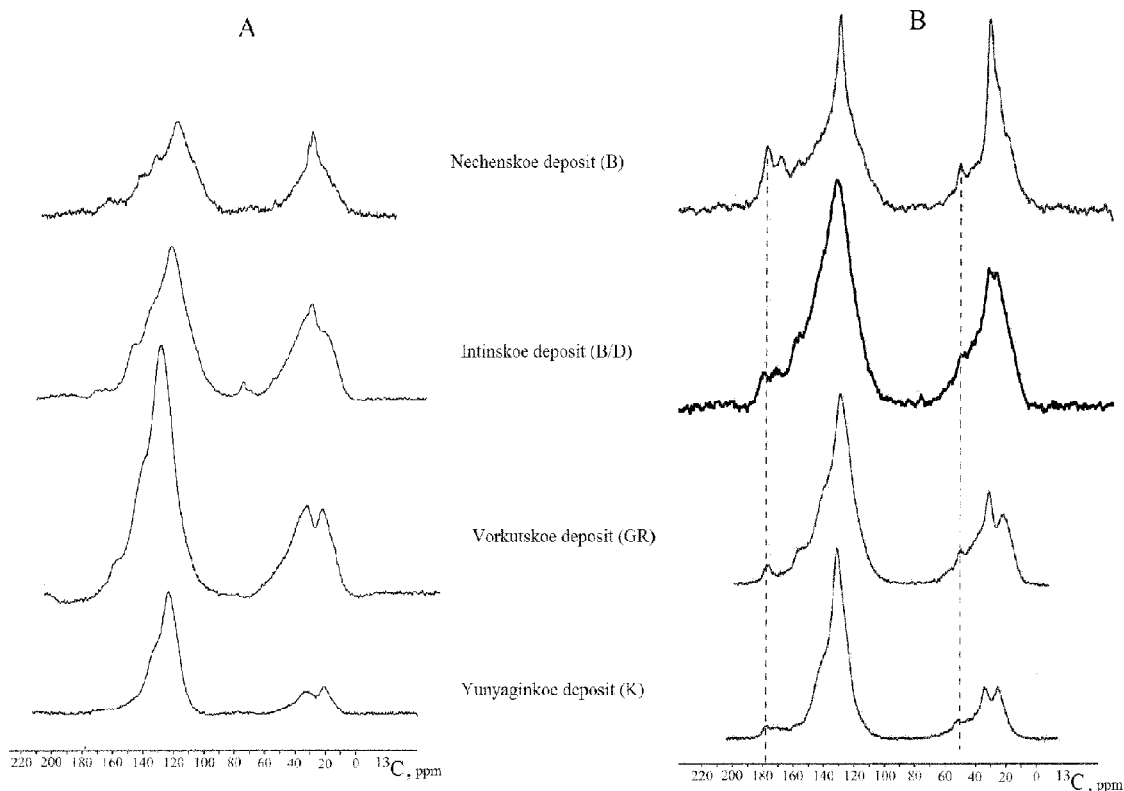


Fig. 5. ^{13}C NMR-spectra: A — of the initial coals of Pechora coal basin, B — hypercoals

Рис. 5. ^{13}C ЯМР-спектры: А — исходных углей ПУБ, В — гиперуглей

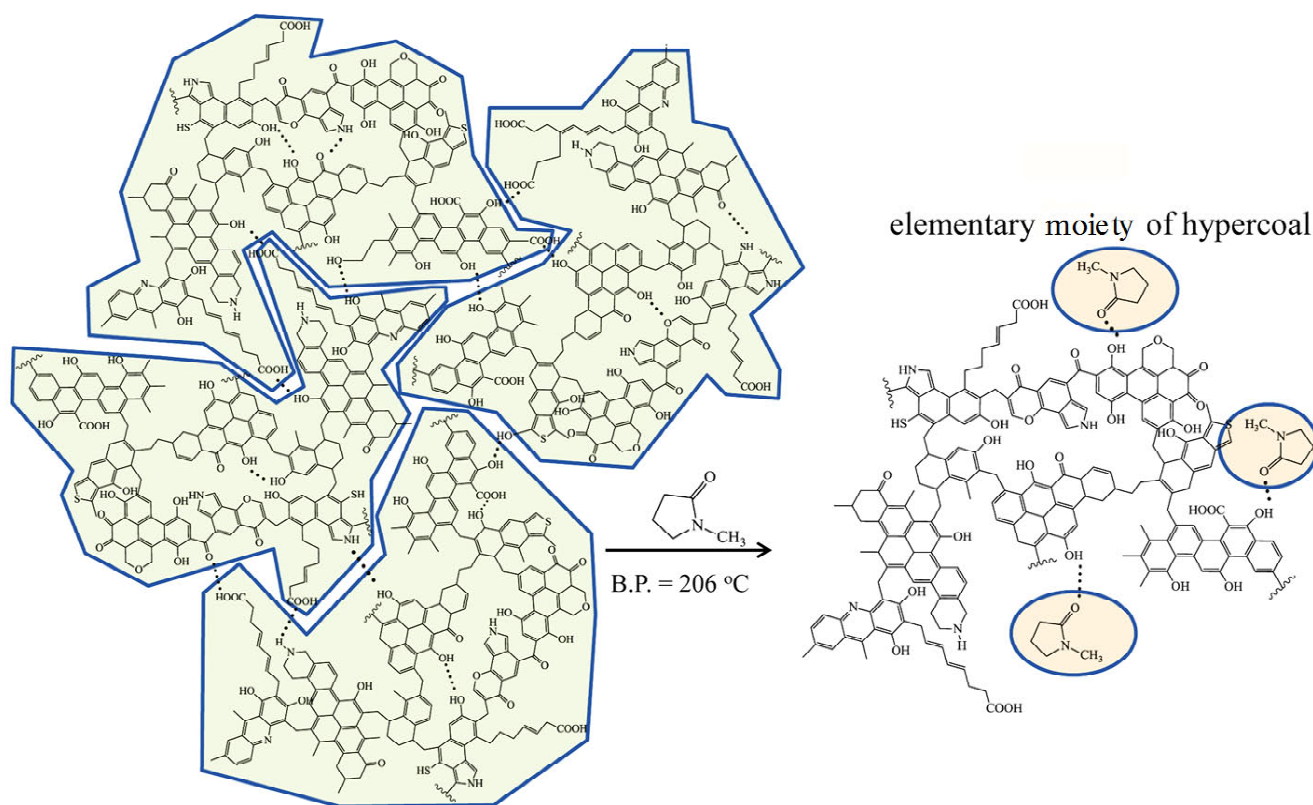


Fig. 6. Formation of the elementary moiety of hypercoal (fragment of the chemical structure of coal vitrinite is taken from the work [13])

Рис. 6. Образование элементарного звена гиперугля (фрагмент химической структуры витринита угля [13])

tures of phenanthrenes are transferred to HPC composition during coal extraction with N-methylpyrrolidone. In coal, HPC and residue, the precursors of naphthalenes and *n*-alkanes are in equal proportions. The obtained results suggest that extraction with N-methylpyrrolidone with greater efficiency transfers substantially aromatic components of initial coal to HPC composition, and the transfer efficiency of aliphatic fragments is lower.

Conclusion

Thus, studies of the hydrocarbon composition of Permian coal bitumoids from the Pechora coal basin showed that the main component of their initial biomass was the remains of higher vegetation represented by mass of conifers and herbaceous plants. At that algal components, also in the initial OM of coal, played an important role in the formation of the coals, especially in the northern areas of the Pechora basin. The analysis of polycyclic biomarkers confirmed patterns of catagenetic transformation of OM of the coals of the basin revealed earlier [9], where it was shown that coals with extremely low OM maturity were concentrated in the southern part of PCB, while OM maturity in the northern part of the basin is significantly higher and corresponds to MC₂₋₃ grades.

The geochemical features of OM composition of the coals affected the production of ash-free coals. Thus, low HPC yields were obtained from higher ash, rebellious immature coals from PCB, characterized by a heterogeneous, predominantly vitrinite composition and strong OM oxidation. It is possible that to increase yield of the extract from brown coals of the Nечenskoe deposit and long-flame coals of the Inta deposit, it is necessary to change the technology of HPC production by increasing the temperature of its extraction. On the whole,

the structure of the produced hypercoals has a certain similarity with the structure of the initial coal; therefore, it is likely that after processing by an organic solvent, coals of the same type of structure will be obtained without mineral impurities.

Analytical studies are partially carried out at CCU Geonauka.

The authors are grateful to Cand. Sc. (geol.-miner.) S. V. Ryabinkin (IG Komi SC UB RAS, Syktyvkar) for kindly provided coal samples from the Vorkuta region, Cand. Sc. (chemistry) V.A. Belyi (IC Komi SC UB RAS, Syktyvkar) for thermogravimetric analysis of the samples, M. V. Mokeyev (Institute of Macromolecular Compounds RAS, St. Petersburg) for ¹³C NMR spectra.

This work was partly supported by UB RAS programs «Prospective ore regions of the north of the Urals, Pay-Khoy and Timan» (project No. 18-5-5-57, GR. No. AAAA-A17-117121140076-3), «Resource-industrial and infrastructural transformation as a factor in the development of the Vorkuta support zone of the Russian Arctic» (No. 18-9-5-42, IP. № AAAA-A17-117121140075-6).

References

1. Anishchenko L. A., Klimenko S. S., Ryabinkina N. N. *Organicheskoye veshchestvo permskikh otlozheniy Pechorskogo ugol'nogo basseyna* (Organic matter of Permian deposits of the Pechora coal basin). *Trudy Instituta geologii Komi NTS UrO RAN*, 2002, 11, pp. 91–109.
2. Burdel'naya N. S., Bushnev D. A., Mokeyev M. V. *Izmeneniya sostava bitumoida i khimicheskoy struktury kerogena pri gidrotermal'nom vozdeystvii na porodu* (Changes in the composition of bitumen and the chemical structure of kerogen under hydrothermal effects on the rock). *Geokhimiya*, 2013, No. 9, pp. 819–833.



3. Burtsev I. N., Saldin V. A., Iyevlev A. A., Anishchenko L. A., Prots'ko O. S. i dr. *Burye ugli — perspektivnyy resurs dlya sozdaniya novykh otrasley promyshlennosti v Timano-Severoural'skom regione* (Brown coal is a promising resource for creating new industries in the Timan-Northern Ural region). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2012, No. 10, pp. 26—31.
4. Bushnev D. A., Burdel'naya N. S., Kuz'min D. V., Valyayeva O. V., Derevesnikova A. A., Belyy V. A. *Khimicheskaya struktura ugley vorkutinskogo rayona i vydelennykh iz nikh giperugley po dannym analiticheskogo piroliza* (The chemical structure of coals of the Vorkuta region and the hypercoals extracted from them according to analytical pyrolysis). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2018, No. 284, pp. 8—12.
5. Bushnev D. A., Burdel'naya N. S., Kuz'min D. V., Mokeyev M. V., Burtsev I. N. *Biomarkery ugley Intinskogo mestorozhdeniya, vydeleniye i analiz khimicheskoy struktury giperugley* (Coal biomarkers of the Intinsky deposit, isolation and analysis of the chemical structure of hypercoals). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2016, No. 11, pp. 17—24.
6. Bushnev D. A., Burdel'naya N. S., Kuzmin D. V., Ryabinkin S. V., Mokeyev M. V. *Ugol' Vorkutinskogo rayona, sostav uglevodorodov biomarkerov, vozmozhnosti polucheniya obez-zolennogo kontsentrata* (Coal of the Vorkuta region, the composition of hydrocarbon biomarkers, the possibility of obtaining an ash-free concentrate). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2017, No. 9 (273), pp. 3—11.
7. Bushnev D. A., Valyayeva O. V., Kotik I. S., Burdel'naya N. S., Burtsev I. N. *Sostav biomarkerov bitumoidov iz ugley i vmeshchayushchikh otlozheniy severo-vostoka Pechorskogo ugol'nogo basseyna* (Composition of biomarkers of bitumen from coal and enclosing rocks of the northeast of the Pechora coal basin). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2016, No. 6, pp. 3—10.
8. Valyayeva O. V., Bushnev D. A., Burtsev I. N. *Geokhimiya ugley Nechenskogo mestorozhdeniya* (Coal geochemistry of the Nechensky deposit). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2012, No. 8 (212), pp. 2—5.
9. *Organicheskaya geokhimiya i neftegazonosnost' perm-skikh otlozheniy severa Predural'skogo progiba* (Organic geochemistry and oil and gas potential of the Permian deposits of the north of the Preural Foredeep). St. Petersburg: Nauka, 2004. 214 p.
10. Prots'ko O. S., Medvedeva V. A. *Petrograficheskii sostav i tekhnologicheskiye kharakteristiki ugley 10, 11 plastov Intinskogo mestorozhdeniya (yuzhnaya chast' Pechorskogo basseyna)* (Petrographic composition and technological characteristics of coals of 10, 11 seams of the Intinsky deposit (southern part of the Pechora basin)). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2014, No. 10 (238), pp. 8—11.
11. Protsko O. S., Shanina S. N., Valyayeva O. V. *Komponentnyy sostav i usloviya obrazovaniya organicheskogo veshchestva ugley Nechenskogo burougol'nogo mestorozhdeniya* (Component composition and conditions for the formation of organic matter in coals of the Nechensky brown coal deposit). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2009, No. 8, pp. 15—21.
12. Timofeyev P. P., Bogolyubova L. I., Koporulin V. I. *Sedimentogenez i litogenez otlozheniy intinskoy svity yuga Pechorskogo ugol'nogo basseyna* (Sedimentogenesis and lithogenesis of deposits of the Intinsky Formation south of the Pechora Coal Basin). Moscow: Nauka, 2002, 224 p. (Trudy GIN, 528).
13. Fedyayeva O. N., Patrakov YU. F. *Struktura i svoystva makromolekulyarnykh fragmentov organicheskogo veshchestva ugley* (The structure and properties of macromolecular fragments of coal organic matter). *Khimiya tvordogo topliva*, 2004, No. 5, pp. 24—31.
14. Andersson R. A., Kuhry P., Meyers P., Zebühr Y., Crill P., Mürth M. Impacts of paleohydrological changes on n-alkane biomarker compositions of a Holocene peat sequence in the eastern European Russian Arctic. *Organic Geochemistry*, 2011, V. 42, pp. 1065—1075.
15. Bordoloi M., Shukla V.S., Nath S.C., Sharma R.P. Naturally occurring candinenes. *Phytochemistry*, 1989, V. 28, No 8, pp. 2007—2037.
16. Cho W., Kim S., Choi H., Rhim Y., Lim J., Lee S., Yoo J. Characterization of chars made of solvent extracted coals. *Korean J. Chem. Eng.*, 2012, V. 29 (2), pp. 190—195.
17. *Clean Coal Technologies in Japan: Technology Innovation in the Coal Industry*. JCOAL. New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO). January 2007, pp. 75—76.
18. Ficken K.J., Li B., Swain D.L., Eglinton G. An n-alkane proxy for the sedimentary input of submerged/floating freshwater aquatic macrophytes. *Organic Geochemistry*, 2000, V. 31, pp. 745—749.
19. Koyano K., Takanohashi T., Saito I. Estimation of the extraction yield of coals by a simple analysis. *Energy & Fuels*, 2011, V. 25, pp. 2565—2571.
20. Peters K. E., Walters C. C., Moldowan J. M. *The Biomarker Guide*, second ed. Cambridge University Press, Cambridge, 2005. 1155 p.
21. Shui H., Zhou Y., Li H., Wang Z., Lei Z., Ren S., Pan C., Wang W. Thermal dissolution of Shenfu coal in different solvents. *Fuel*, 2013, V. 108, pp. 385—390.
22. Takanohashi T., Shishido T., Kawashima H., Saito I. Characterisation of Hyper Coals from coals of various ranks. *Fuel*, 2008, V. 87, pp. 592—598.
23. Takanohashi T., Yanagida T., Iino M., Mainwaring D. E. Extraction and swelling of low-rank coals with various solvents at room temperature. *Energy & Fuels*, 1996, V. 10, pp. 1128—1132.

United Kingdom – Russia scientific workshop «What does the Devonian of the Arctic tell us about the Earth System?»



УДК 561: 581.332: 552.52/.57: 551.734(234.83)

DOI: 10.19110/2221-1381-2019-10-12-15

DEVONIAN AND EARLY CARBONIFEROUS COALS AND THE EVOLUTION OF WETLANDS

J. E. A. Marshall¹, O. P. Tel'nova², C. M. Berry³¹School of Ocean & Earth Science, University of Southampton,
National Oceanography Centre, European Way, Southampton, SO14 3ZH, UK; jeam@soton.ac.uk²Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar; telnova@geo.komisc.ru³School of Earth and Ocean Sciences, Cardiff University, Main Building, Park Place,
Cardiff CF10 3AT, Wales, UK; BerryCM@cardiff.ac.uk

The rise of forests in the Mid and Late Devonian has attracted much attention as potential drivers of the Earth System. In this context it is important to understand what groups contribute to the first wetlands found at the Devonian palaeoequator. A time series of Devonian coals shows that the palaeoequatorial Mid and Late Devonian humic (vitrinite rich) coals are dominated by the lycopod microspore *Cymbosporites* and megaspore *Verrucisporites* that can be confidently associated as the spores from *Protolpidodendropsis*. This plant has successfully colonised and probably created the wetland coal environment by the ability to shallow root and hence anchor the trees above the anaerobic layer. The progymnosperm *Archaeopteris* is abundant from its spores in Devonian palaeoequatorial sediments but plays no role in these coal forming wetlands. More rigorous age dating shows that there is some evidence for a Tournaisian coal gap.

Keywords: *Mid and Late Devonian, Early Carboniferous, coals, evolution of wetlands.*

ДЕВОНСКИЕ И РАННЕКАМЕННОУГОЛЬНЫЕ УГЛИ И ЭВОЛЮЦИЯ БОЛОТНЫХ ФАЦИЙ

Д. Э. А. Маршалл¹, О. П. Тельнова², К. М. Берри³¹Школа изучения океана и Земли, Саутгемптонский университет,
Национальный океанографический центр, Европейский путь, Саутгемптон, SO14 3ZH, UK²Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар³Школа изучения Земли и океана, Университет Кардиффа, Main Building,
Park Place, Cardiff CF10 3AT, Wales, UK

Леса в среднем и позднем девоне привлекают большое внимание как потенциальные движущие силы биосферы. В этом контексте важно понять, какие группы растений способствовали появлению первых болотных фаций в девонском палеоэкваторе. Анализ палеоэкваториальных средне- и позднедевонских гуминовых (богатых витринитом) углей показал, что в них преобладают микроспоры *Cymbosporites* плауновидных растений и мегаспоры *Verrucisporites*, известные *in situ* из *Protolpidodendropsis*. Это растение благодаря наличию мелких корневых систем, которые укрепляли деревья над анаэробным слоем, успешно колонизировало болотные фации и, вероятно, способствовало углеобразованию. В девонских палеоэкваториальных отложениях в изобилии встречаются споры прогимносперма *Archaeopteris*, но это растение не является углеобразующим на заболоченных территориях. В турнейское время (ранний карбон) процесс угленакпления имел специфические характеристики.

Ключевые слова: *средний и поздний девон, ранний карбон, уголь, эволюция болотных фаций.*

Introduction

The Devonian was a pivotal episode in the evolution of land vegetation as it was the time when plants transitioned from small simple forms lacking roots and leaves to tall more deeply rooted trees with extensive fronds that formed the first forests [1]. This deeper rooting changed soils into biogeochemical factories that released significant nutrients (e. g., phosphorus) which stimulated growth of both terrestrial plants and marine phytoplankton with increased sequestration of organic matter into sediments. In addition, the Ca^{2+} and Mg^{2+} released from these minerals also drew down CO_2 by forming extensive lime-

stone deposits. It has been argued [2] that these changes drove the Devonian Earth System into a series of environmental perturbations including mass extinctions and the descent into an ice house planet. One signifier of the sequestration of carbon into terrestrial sediments is the presence of Devonian and early Carboniferous coals. The best compilation of these coals [3] maps their distribution in time slices for the Mid and Late Devonian and the Tournaisian and Viséan. A significant attribute of coals is that they formed from *in situ* vegetation. Hence, the dominant spores found within them informs us as to the likely plants that formed them. Therefore, by studying a time series of



Devonian coals we can understand which plant groups were present in the Devonian wetland environment and how they changed through time. It is also particularly informative to study coals from the Devonian and early Carboniferous equatorial areas as it is today's equatorial areas that drive the Earth System in terms of terrestrial biomass production. Therefore, any study of these first equatorial forests is of significance.

Material and Methods

We have had access to a time series of coals from selected Devonian and Early Carboniferous localities. These are:

Akarachkino Quarry, Salair, Eifelian, lowest Momontovo Formation [4];

Mimerdalen cannel coal, Pyramidene, Spitsbergen, late Givetian with petrology [5], palynology [6, 7] plus additional samples;

Hill 251 and G217 Highway, Givetian, Hoxtolgay, Xinjiang, China [8];

A series of coals from Melville Island, Arctic Canada (Nunavut), Weatherall, Hecla Bay and Beverley Inlet Formations, Givetian to Frasnian [9];

Bjørnøy (Bear Island), Svalbard, coals from the mid Famennian [10–12];

Triungen, Spitsbergen, Viséan [13];

Backlund Ridge, Geographical Society Ø (island), East Greenland, Viséan [14].

The coals (0.15 g, finely crushed) were oxidised with concentrated HNO_3 saturated with KClO_3 followed by washing by dilution with water, sieving at 15 μm and then a short (15 minutes) treatment with 5 % KOH which solubilised the bulk of the vitrinite material. The oxidation time (8–36 hours) was experimentally determined by a successful maceration that produced well-preserved spores that were not over-oxidised. The isolated spores were mounted in Elvacite 2044™.

Selected coals were prepared in polished block for reflected light petrographic study. The coals were mounted in Fast-glass resin and cut down to expose the coal. They were then polished successively with 9.5 μm , 3 μm and 0.05 μm alumina powder on Kemet synthetic laps. The coals were examined using a low power x40 oil immersion objective in both incident white light and UV fluorescence (filter set 9 BP 450–490, FT 510, LP 520) using a Zeiss UMSP 50 microscope.

Spores from Devonian coals

The oldest coal from Akarachino was preserved within a carbonate succession and proved to be significantly degraded. Petrographically the coal appeared fragmented but homogenous with no identifiable spores. Several oxidations were attempted but no spores were recovered. There are a number of other coals of Mid Devonian age reported particularly from Central Asia [15] and China [16] which are cuticle coals from plants such as *Orestovia* and *Barsassia* and will not be considered further.

An informative coal is that from the late Givetian in Mimerdalen, Spitsbergen. Here it occurs in a succession of late Givetian to Frasnian age where megaspores (*Contagisporites*) and microspores (*Geminospora*) found elsewhere *in situ* [17] from the progymnosperm *Archaeopteris* are common throughout the sequence. In addition, the lycopod *Protolpidodendropsis* is abundant, preserved in places as upright thickets of trees. The microspore *Cymbosporites magnificus* and megaspore *Verrucisporites submamillarius* can be confidently associated [18] as the spores from this plant. There are rare *Archaeopteris* trees preserved as upright specimens including a putative example within a thick-
et of *Protolpidodendropsis*. The Mimerdalen coal is relatively

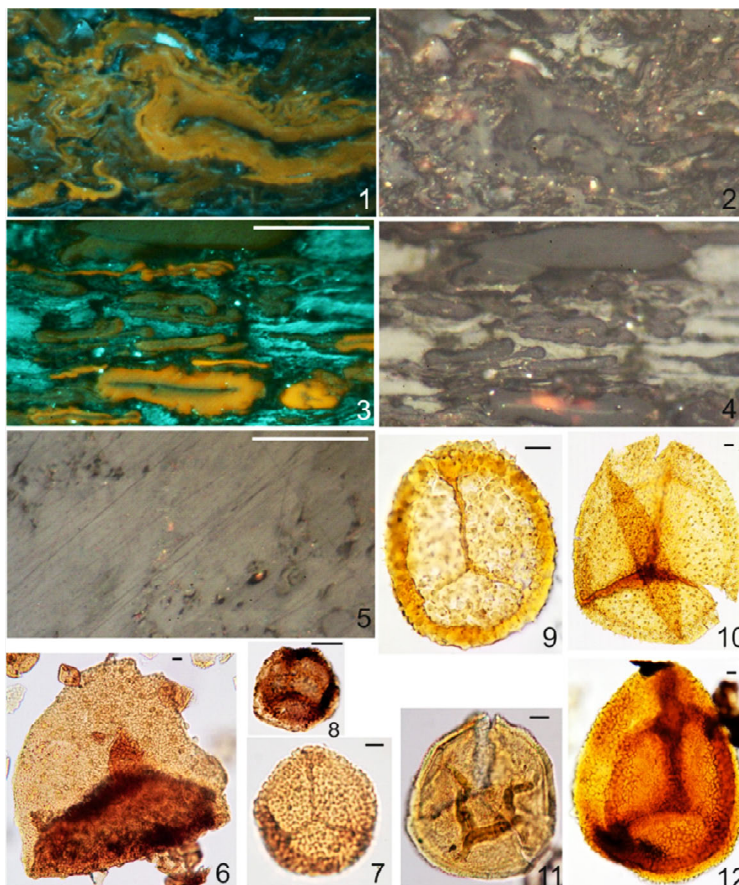
thick (~1 m) but somewhat tectonised and hence difficult to determine if rooted at its base. Spore analysis [6, 7] shows there to be a variety of spores present but importantly there is a significant component 15–16 % [7] from *Archaeopteris* as represented by *Geminospora svalbardiae*. In contrast *Cymbosporites magnificus* is rare and only reaches a maximum of 2.5 % in a single coal sample. Reflected light petrography of the coal shows a dominance of spores and hence this was a spore coal formed from the accumulation of plant debris rather than plant debris anaerobically degrading to vitrinite.

Arctic Canada (Nunavut) is particularly important for palaeoequatorial Devonian coals as these occurred within a contiguous sequence of Eifelian to Famennian age. In addition, they have been systematically reviewed as regards petrography and palaeoenvironment [9]. This shows them to be a mixture of humic and cannel coals. It was from a sub-set of these humic coals (i.e. vitrinite rich) that spores were isolated. These analyses show all the coals are dominated by *Cymbosporites* together with its associated megaspore *Verrucisporites*. *Geminospora* is effectively absent. This demonstrates that all these coals were deposited in wetlands with a vegetation of lycopod trees allied to *Protolpidodendropsis*. This is informative as there are a number of publications on the Devonian spores from Arctic Canada [19] that enable us to link together the inception of *Geminospora* spp followed 300 m higher by *Cymbosporites*. The inception of *Geminospora* is used to pick the base of the Givetian stage [19] although with very little independent age evidence. These occurrences are substantiated by the inceptions of their megaspores [20] in the same sections.

The abundance of vitrinite together with the dominant *Cymbosporites* shows that these coals formed in an anaerobic peat deposited from a lycopod forest. This was to the exclusion of *Archaeopteris* that is regarded as the more advanced plant with deeper more extensive root systems, secondary growth and more extensive photosynthetic surfaces. *Archaeopteris* was clearly locally abundant from its presence in the dispersed spore record in the same sections but unable to compete within the wetland environment. A key to understanding this exclusion was that the lycopods would have been able to dominate [20] as they were shallowly rooted and hence above the anaerobic layer. It can now be hypothesised that it was not that lycopods were able to adapt to this wetland environment but rather that they instigated it in the Mid and Late Devonian. Lycopods would have grown in wet climates with a high P/E ratio and their remains would have accumulated to create anaerobic conditions within a water saturated peat. This would have then excluded any plant that was more deeply rooted and created a distinctive wetland ecosystem within Mid Devonian equatorial environments. This lycopod dominance in wetlands continually evolved to reach its apogee in the Late Carboniferous with the sophisticated stigmarian [21] root systems.

A similar dominance of *Cymbosporites* also occurs in China [8] where there are palaeoequatorial coals of Givetian and Frasnian age in the isolated Altaid volcanic arc terrane of Junggar in Xinjiang. Here a number of coal seams occur and are dominated by vitrinite to the exclusion of other coal macerals particularly sporinite. However, both lycopods, *Cymbosporites* and *Verrucisporites* are present throughout the enclosing clastic sequence.

Palaeoequatorial coals of Famennian age are generally rare but occur on Bjørnøy (Bear Island) in the Svalbard archipelago. These coals are mid Famennian in age, pre-dating the occurrence of *Retispora lepidophyta* that occurs higher in the succession. Palaeobotanically the coals are associated with numerous



1 & 2. Pair of incident UV fluorescence and white light images of Givetian cannel coal from Mimerdalen, Spitsbergen. The UV fluorescence image shows mostly yellow spores with very little non-fluorescent vitrinite present. Scale bar 50 μ m.

3 & 4. Pair of incident UV fluorescence and white light images of Givetian coal from Arctic Canada. Yellow-orange fluorescent spores are abundant but significant areas of made up of non-fluorescent medium grey coloured vitrinite (4). Scale bar 50 μ m.

5. Givetian humic coal from Arctic Canada composed entirely of vitrinite. Scale bar 50 μ m.

6. *Verrucisporites* sp, a lycopod megaspore from a Givetian coal in Arctic Canada. In Mimerdalen this genus can be confidently associated with *Protolpidodendropsis*. Scale bar 10 μ m.

7. *Cymbosporites magnificus*, a lycopod microspore from a Givetian coal in Arctic Canada. In Mimerdalen this spore can be confidently associated with *Protolpidodendropsis*. Scale bar 10 μ m.

8. The most abundant spore from the mid Famennian sequence with *Cyclostigma* coals in Bjørnøy. This has been attributed to *Hymenozonotriletes luteolus* [11] and is the potential spore of *Cyclostigma*. Scale bar 10 μ m.

9. *Cymbosporites magnificus*, a lycopod microspore from the Givetian coal in Mimerdalen that can be confidently associated with *Protolpidodendropsis*. Scale bar 10 μ m.

10. *Verrucisporites submamillarius*, a lycopod megaspore from the Givetian coal in Mimerdalen that can be confidently associated with *Protolpidodendropsis*. Scale bar 10 μ m.

11. *Geminospore lemurata*, the *in situ* microspore of *Archaeopteris* from Mimerdalen, Spitsbergen. Scale bar 10 μ m.

12. *Contagisporites optivus*, the *in situ* megaspore of *Archaeopteris* from Mimerdalen, Spitsbergen. Scale bar 10 μ m.

1 и 2. Пара изображений живетского кеннельского угля в УФ-лучах и отраженном белом свете, Мимердален, Шпицберген. В УФ-лучах множество спор флюоресцирует в желтом цвете, незначительные включения витринита серые, не флюоресцируют. Масштабная линейка 50 мкм.

3 и 4. Пара изображений угля в УФ-лучах и отраженном белом свете из живетских обнажений Арктической Канады. В УФ-лучах множество спор флюоресцирует в желтом цвете, незначительные включения витринита серые, не флюоресцируют (4). Масштабная линейка 50 мкм.

5. Живетский гуминовый уголь из Арктической Канады полностью состоит из витринита. Масштабная линейка 50 мкм.

6. *Verrucisporites* sp, мегаспора плауновидного из живетского угля Арктической Канады. В обнажениях Мимердалена этот род спор может быть уверенно связан с *Protolpidodendropsis*. Масштабная линейка 10 мкм.

7. *Cymbosporites magnificus*, микроспора плауновидного из живетского угля Арктической Канады. В обнажениях Мимердалена этот род спор может быть уверенно связан с *Protolpidodendropsis*. Масштабная линейка 10 мкм.

8. Наиболее распространенная спора из среднефамениских углей с *Cyclostigma* в Медвежьем. Этот вид спор относился к *Hymenozonotriletes luteolus* [11], потенциальными продуцентами которых предполагались *Cyclostigma*. Масштабная линейка 10 мкм.

9. *Cymbosporites magnificus*, микроспора плауновидных из живетского угля в Мимердалене, которая может быть уверенно связана с *Protolpidodendropsis*. Масштабная линейка 10 мкм.

10. *Verrucisporites submamillarius*, мегаспора плауновидных из живетского угля в Мимердалене, которая может быть уверенно связана с *Protolpidodendropsis*. Масштабная линейка 10 мкм.

11. *Geminospore lemurata*, микроспора *in situ* *Archaeopteris* из Мимердалена, Шпицберген. Масштабная линейка 10 мкм.

12. *Contagisporites optivus*, мегаспора *in situ* *Archaeopteris* из Мимердалена, Шпицберген. Масштабная линейка 10 мкм.



occurrence of the lycopod *Cyclostigma kiltorkense* and are accepted as being formed from this plant. The dominant spore in the succession has been referred to *Hymenosporites luteolus* [10,11]. However, it would appear to be more similar to *Hymenozonotrites papulosus* or *Spelaotrites microgranulatus* Byvsheva var. *minor* Byvsheva, 1976. However, it is notable that the spore possesses an internal ring structure, a feature that is characteristic of the lepidodendroid lycopods such as *Lycospora*.

Tournaisian coals

Although the compilation of Boucot *et al.*, [3] lists a number of Tournaisian coal occurrence from Spitsbergen and Bjørnøy most of these are not supported by palynological assemblages. For example, the Spitsbergen coals in the Triungen section appear with the inception of *Lycospora pusilla* and are Viséan in age. Similarly, at Backlund Ridge and Rebild Bakker in East Greenland [14] the inception of coals is again coincident with *Lycospora pusilla*. On Bjørnøy there are no recorded coals [10] between the last occurrence of *Retispora lepidophyta* and the inception of *Lycospora pusilla*. Although more records have to be directly tested it appears there may be either a coal gap or general paucity of the coal environment in the Tournaisian. A future challenge is to build on the compilation of Boucot and others to produce a separate Tournaisian coal distribution map.

Conclusions

A time series of Devonian palaeoequatorial coals shows that their spores were dominated by the microspore *Cymbosporites* together with the megaspore *Verrucisporites*. Both of these spores can be confidently associated with the lycopod tree *Protolpidodendropsis*. The microspores and megaspores of the progymnosperm *Archaeopteris* are also abundant through these sequences but were absent from the coal swamp environment. A hypothesis is that the lycopods with their shallow root were preadapted for a wetland environment by being able to grow above the anaerobic layer. This prevented other, more deeply rooted plants such as progymnosperms from occupying the same environment. This explains the early (Mid Devonian) exclusivity of lycopods to the wetland coal swamps. Mid Famennian coals from Bjørnøy were again dominated by lycopods (*Cyclostigma*). Analysis of Tournaisian coals from our collections shows that these are not Tournaisian in age but rather Viséan. This hints there may be a Tournaisian coal gap.

Acknowledgements

This contribution has originated from a Science Café in Syktyvkar supported by the Russian Academy of Sciences and the British Consulate in Ekaterinburg through the office of Her Majesty's Consul, Mr Richard Dewell. Natural Resources, Canada (Keith Dewing) are thanked for supplying the Melville Island coal samples. Ed Fleming (CASP) provided the samples from Bjørnøy. Colleagues at NIGPAS (Nanjing) are thanked for the opportunity to work on Devonian coals in China.

References

1. Algeo, T. J. & Scheckler, S. E. Terrestrial-marine teleconnections in the Devonian: links between the evolution of land plants, weathering processes, and marine anoxic events. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1998, V. 353, pp. 113–130.
2. Algeo, T. J., Scheckler, S. E. & Maynard, J. B. Effects of the Middle to Late Devonian spread of vascular land plants on weathering regimes, marine biotas, and global climate. 2001, pp. 213–236. In Gensel, P. G. & Edwards, D. (eds.). *Plants*

Invade the Land: Evolutionary and Environmental Perspectives. Columbia University Press, New York.

3. Boucot, A.J., Xu Chen & Scotese, R.J. Phanerozoic paleoclimate: an atlas of lithologic indicators of climate. *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology*, 2013, No. 11, pp. 1–484 (digital CD version).
4. Yolkin, E. A., Bakharev, N. K., Izokh, N. G., Gratsianova, R. T., Kipriyanova, T. P. & Obut, O. T. Devonian sequences of Salair, Rudny & Gorny Altai. Field Excursion Guidebook. Novosibirsk Publishing House of SB RAS «Geo» Branch, 2005, 80 p.
5. Vogt, T. Geology of a Middle Devonian cannel coal from Spitsbergen. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 1941, V. 21, pp. 1–12.
6. Vigran, J. Spores from Devonian deposits, Mimerdalen, Spitsbergen. *Skrifter Norsk Polarinstitut*, 1964, 132, pp. 1–30.
7. Allen, K. C. Lower and Middle Devonian spores of North and Central Vestspitsbergen. *Palaeontology*, 1965, 8, pp. 687–748.
8. Xu, H.-H., Marshall, J. E. A., Berry, C. M., Zhu, H.-C., Wellman, C.H., Wang, Y. Mid Devonian megaspores from North Xinjiang and Yunnan, China: their palaeogeographical and palaeoenvironmental significances. *Palaeoworld*, 2012, 21, pp. 11–19.
9. Goodarzi, F. & Goodbody, Q. Nature and depositional environment of Devonian coals from western Melville Island, Arctic Canada. *International Journal of Coal Geology*, 1990, 14, pp. 175–196.
10. Kaiser, H. Die Oberdevon-Flora der Bäreninsel. 3. Mikroflora des Höheren Oberdevons und des Unterkarbons. *Palaeontographica*, 1970, Abt. B, 129, pp. 71–124.
11. Kaiser, H. Die Oberdevon-Flora der Bäreninsel. 4. Mikroflora des Misery-Serie und der flözleeren Sandstein-Serie. *Palaeontographica*, 1971, Abt. B, 135, pp. 127–164.
12. Lopes, G. & Mangerud, G. Estudio palinoestratigáfico do Devónico superior de Bjørnøy, Circo Polar Ártico. 351–355. In: N. Vaz y A. A. Sá (eds.). *Yacimientos paleontológicos excepcionales en la península Ibérica*. Cuadernos del Museo Geominero, 2018, No. 27. (Instituto Geológico y Minero de España, Madrid).
13. Playford, G. Lower Carboniferous floras of Spitsbergen. Parts 1 and 2. *Palaeontology*, 1962, No. 5, pp. 550–618, pp. 619–678.
14. Vigran, J. O., Stemmerik, L. & Piasecki, S. Stratigraphy and depositional evolution of the uppermost Devonian-Carboniferous (Tournaisian- Westphalian) non-marine deposits in North-East Greenland. *Palynology*, 1999, 23, pp. 115–152.
15. Volkova, I.B. Nature and Composition of the Devonian Coals of Russia. *Energy & Fuels*, 1994, 8, pp. 1489–1493.
16. Dai, S.-F., Han, D.-X., Chou, C.-L. Petrography and geochemistry of the Middle Devonian coal from Luquan, Yunnan Province, China. *Fuel*, 2006, 85, pp. 456–464.
17. Tel'nova, O.P. The spores and fertile parts of Devonian plants. *Nauka*, St. Petersburg, 2002, 1–78.
18. Berry, C.M. & Marshall, J.E.A. Lycopoid forests in the early Late Devonian paleoequatorial zone of Svalbard. *Geology*, 2015, 43, pp. 1043–1046.
19. McGregor, D.C. & Camfield, M. Middle Devonian miospores from the Cape de Bray, Weatherall and Hecla Bay Formations of northeastern Melville Island, Canadian Arctic. *Geological Survey of Canada Bulletin* 1982, 348, pp. 1–105.
20. Chi, B.I., Hills, L.V. Biostratigraphy and taxonomy of Devonian megaspores, Arctic Canada. *Bulletin Canadian Petroleum Geology*, 1976, 24, pp. 640–818.
21. Greb, S. F., DiMichele, W. A. & Gastaldo, R. A. Evolution and importance of wetlands in earth history. *Geological Society of America Special Paper*, 2006, 399, pp. 1–40.

United Kingdom – Russia scientific workshop «What does the Devonian of the Arctic tell us about the Earth System?»



УДК 551.734.5/735.1(470.13)

DOI: 10.19110/2221-1381-2019-10-16-22

DEVONIAN-CARBONIFEROUS BOUNDARY IN THE EAST OF THE PECHORA PLATE (KAMENKA RIVER AND VANGYR RIVER SECTIONS)

A. V. Zhuravlev, D. B. Sobolev

Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar; *micropalaeontology@gmail.com*

The representative sections outcropping shallow-water and deep-water Devonian/Carboniferous successions in the East of Pechora Plate (Kamenka River section and Vangyr River section) are considered in respect of facies, conodont, and ostracode changes. In the Kamenka River section the D/C boundary beds are composed of bioclastic limestones interbedded with dark-gray clays (lower part of the Edzhid Fm.). The deposits contain abundant and diverse benthic ostracodes of *Pseudoleperditia tuberculifera* — *Coryellina alba* — *Cribriconcha primaris* ostracode Zone, and diverse conodont associations of praesulcata and sulcata zones. The negative shifts in $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ in conodont organic matter accompanied by weak positive shift in $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ in bulk carbonates suggest eutrophic conditions in the lagoon environment and disbalancing of the trophic web at the terminal Famennian. D/C boundary beds in the Vangyr River section are represented by calciturbidites, pelagic carbonates, and shales (Izyayu Fm.). Transgressive phase of Hangenberg Event is marked by the black shale layers. The Upper Famennian conodont associations are dominated by *Palmatolepis gracilis* group; the ostracodes compose diverse associations of Turingian and slope ecotypes. The D/C boundary is marked by appearance of conodonts *Siphonodella sulcata* in associations with ostracodes *Armilla uralica*.

Keywords: Devonian-Carboniferous boundary, conodonts, ostracodes, biostratigraphy, Hangenberg Event, Pechora Plate.

ГРАНИЦА ДЕВОНА И КАРБОНА НА ВОСТОКЕ ПЕЧОРСКОЙ ПЛИТЫ (РАЗРЕЗЫ НА Р. КАМЕНКЕ И Р. ВАНГЫР)

А. В. Журавлев, Д. Б. Соболев

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

Представительные разрезы, вскрывающие мелководные и глубоководные девонско-каменноугольные отложения на востоке Печорской плиты (р. Каменка и р. Вангыр), рассматриваются в отношении изменений фаций, конодонтов и остракод. В разрезе на р. Каменке пограничные отложения девона и карбона представлены биокластическими известняками, переслаивающимися с темно-серыми глинами (нижняя часть ыджидской свиты). Отложения содержат многочисленные и разнообразные бентосные остракоды зоны *Pseudoleperditia tuberculifera* — *Coryellina alba* — *Cribriconcha primaris*, а также разнообразные конодонтовые ассоциации зон praesulcata и sulcata. Отрицательные сдвиги в $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ в органическом веществе конодонтов, сопровождающиеся слабым положительным сдвигом в $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ в карбонатах, указывают на эвтрофные лагунные условия и дисбаланс трофической сети в терминальном фамене. Пограничные слои в разрезе на р. Вангыр представлены кальцитурбидитами, пелагическими карбонатами и аргиллитами (изьяюская свита). Трансгрессивная фаза события Hangenberg маркируется прослоями «черных сланцев». В верхнефаменских ассоциациях конодонтов преобладает группа *Palmatolepis gracilis*; остракоды представлены разнообразными ассоциациями тюрингского и склонового экотипов. Граница девона и карбона отмечена появлением конодонтов *Siphonodella sulcata* в ассоциации с остракодами *Armilla uralica*.

Ключевые слова: граница девона и карбона, конодонты, остракоды, биостратиграфия, Хангенбергское событие, Печорская плита.

Introduction

Devonian-Carboniferous boundary interval corresponds to the dramatic extinction event in the middle Palaeozoic. The latest Famennian Hangenberg Event, associated with the global transgressive-regressive couplets, corresponds to *Siphonodella praesulcata* conodont Zone [1]. The event led to the

well-known mass extinction among most marine organisms [10]. The traces of the Hangenberg Event, elucidating D/C boundary beds, are detected globally, but described in details mainly in the tropical realm in southern hemisphere (e. g. [1]). The Pechora Plate corresponded to low-latitude realm of the Northern Hemisphere in the terminal Famennian-earliest Tournaisian time [8].



The key objective of this study is to evaluate conodont and ostracode changes in the D/C boundary interval in shallow-water and slope facies in the Pechora Plate in respect to Hangenberg event.

Material

About 14 sections cropping out the Devonian-Carboniferous boundary beds are known in the North of Urals and Pechora Plate regions [7]. The representative sections demonstrating shallow-water and deep-water successions in the regions are the Kamenka River section (the eastern part of the Pechora Plate) and the Vangyr River section (Chernyshev Uplift, Subpolar Cis-Uralian) (Fig. 1). The Kamenka River section is located at the town of Pechora area, in the southern part of the Pechora-Kozhva Uplift (N 65°04'227.4", E 56°42'50.9"). The Vangyr River section is located in the southern part of the Chernyshev Uplift (N 65° 7'33.05", E 58°43'21.25"). These sections demonstrate uninterrupted D/C boundary sequences without gaps and disconformities.

Methods

Conodonts and ostracodes were studied in the Devonian-Carboniferous boundary beds in the Kamenka River and Vangyr River sections. The processing of conodont and ostracode samples followed the standard procedure: dissolution of limestone in 10 % buffered acetic acid. Some ostracode samples were processed by hot acetolysis technique to disaggregate the dehydrated limestones and release the ostracod shells [5]. The residues were washed through a sieve of 70 µm, dried, and microfossils were picked out.

The microfauna were photographed using a scanning electron microscope Tescan Vega 3 LMH. Stereo pair of ostracode picture was made with a 5° inclination.

Carbon isotope values were analyzed with the DELTA V Advantage mass spectrometer equipped with the Thermo Electron Continuous Flow Interface (ConFlo III) and Element Analyzer (Flash EA 1112). The $\delta^{13}\text{C}$ values are reported relative to the PDB standard. The analytical reproducibility (1σ) for $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ value is $\pm 0.04\text{‰}$, and for $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ value is $\pm 0.15\text{‰}$.

Isotope analyzes were performed at the CKP Geonauka of the Institute of Geology Komi SC UB RAS (Syktyvkar, Russia).

Results and discussion

The Devonian-Carboniferous transition in the Kamenka River section comprises shallow-water alternation of clay and limestones. This section described in details earlier [9] demonstrates uninterrupted sequence from the upper part of *praesulcata* Zone through *sulcata* Zone composed of bioclastic limestones interbedded with thin layers of dark-gray clays and corresponding to the lower part of the Edzhid Formation (Fig. 1). Latest Famennian regression is marked by lagoon wavy laminated clayey wacke- and packstones containing rare brachiopods *Prospira* sp., abundant and diverse benthic ostracodes, and diverse conodont associations including *Siphonodella praesulcata* Sandberg, *Siphonodella bella* Kononova et Migdisova, *Siphonodella quasinuda* Gagiev, Kononova et Pazuhin, *Polygnathus parapetus* Druce, *Polygnathus communis communis* Branson et Mehl, *Hindeodus penescitulus* Rexroad et Collinson, *Pseudopolygnathus graulichii* Bouckaert et Groessens, *Ligonodina discreta* (Austin et Husri) (Fig. 2). The negative shifts in $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ in conodont organic matter among *Polygnathus communis* and *Polygnathus parapetus* accompanied by weak positive shift in $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ in bulk carbonates suggest eutrophic conditions in

the lagoon environment and disbalancing of the trophic web (Fig. 3).

The overlaying shoal and open marine wavy laminated clayey packstones contain early Tournaisian conodonts *Siphonodella bella*, *Siphonodella quasinuda*, *Siphonodella sulcata* (Huddle), *Siphonodella semichatovae* Kononova et Lipnjagov, *Patrognathus crassus* Kononova et Migdisova among others (Fig. 2). Both the latest Famennian and earliest Tournaisian are characterized by specific ostracode association of *Pseudoleperditia tuberculifera* — *Coryellina alba* — *Cribroconcha primaris* ostracode Zone of the South Urals [4] or *Shivaella microptalma* — *Ps. venulosa* Zone of the East European Platform [3] (Fig. 4). This association is known from the Middle *praesulcata* — Lower *duplicata* conodont zones of the East European Platform, Urals, and Franco-Belgian Basin [3, 4]. Most characteristic species of this interval are as follows: *Bairdia felimgibba* Becker, *B. zaninae* Posner, *B. extenuata* Nazarova, *Bairdianella cuspis* Buschmina, *Coryellina alba* Kotschekova, *Blessites feluyensis* Tschigova, and *Pseudoleperditia tuberculifera* Schneider. *Acratia* sp. A sensu Casier et Lethiers, 2001 occurring in the terminal Famennian in the section is known from the Middle — Upper *praesulcata* interval of the Montagnes Noire [2].

The earliest Tournaisian transgression is marked by decreasing clay content in the limestones (Fig. 1). The decreasing $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ value associated with positive shifts in $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ of conodont organic matter among *Polygnathus communis* and *Polygnathus parapetus* mark oligotrophic and trophically balanced conditions (Fig. 3). The Devonian-Carboniferous boundary interval is characterized by appearance of some species of shallow-water siphonodellids (*S. quasinuda*, *S. sulcata*, *S. semichatovae*) and *Patrognathus crassus* (Figs. 1, 2). It is notable that first appearance of *Siphonodella quasinuda* coincides with second transgression pulse of the Hangenberg Event (Fig. 1). Hence it can be roughly correlated with base of the Upper *Siphonodella praesulcata* conodont Zone [1] and with the FAD of *Protognathodus kockeli* proposing as a new level of the D/C boundary by the joint Devonian-Carboniferous Boundary GSSP Reappraisal Task Group.

Similar but poorer conodont associations of the D/C boundary interval are known in the Bolshaya Usa River section (Polar Urals), where the Late Famennian succession is composed of microbial wacke- and mudstones alternating with bioclastic packstones, and the lowermost Tournaisian comprises wavy laminated packstones with cherty concretions. The lowermost Tournaisian packstones contain conodonts *Patrognathus crassus* [11].

The Devonian-Carboniferous transition in the deep-water shelf facies has been studied in a number of Cis-Uralian sections. One of the most representative successions is outcropped in the Vangyr River section (Tchernyshev Uplift). The D/C boundary beds are represented by calciturbidites, pelagic carbonates, and shales of the Izyayu Formation.

The terminal Famennian (beds with *Palmatolepis gracilis* roughly correlated with *praesulcata* Zone) comprises fine-grained calciturbidites intercalating with layers of dark-gray limy shales and clayey limestones. The black shale layers mark transgression acmes probably corresponding to transgressive phases of the Hangenberg Event (Fig. 1). The abundance of calciturbidites increases upward that considered as sign of the latest Famennian regression. The conodont associations comprising subautochthonous and reworked conodont elements are mainly composed of representatives of *Palmatolepis gracilis* group. Presence of *Hindeodus penescitulus* Rexroad et Col-

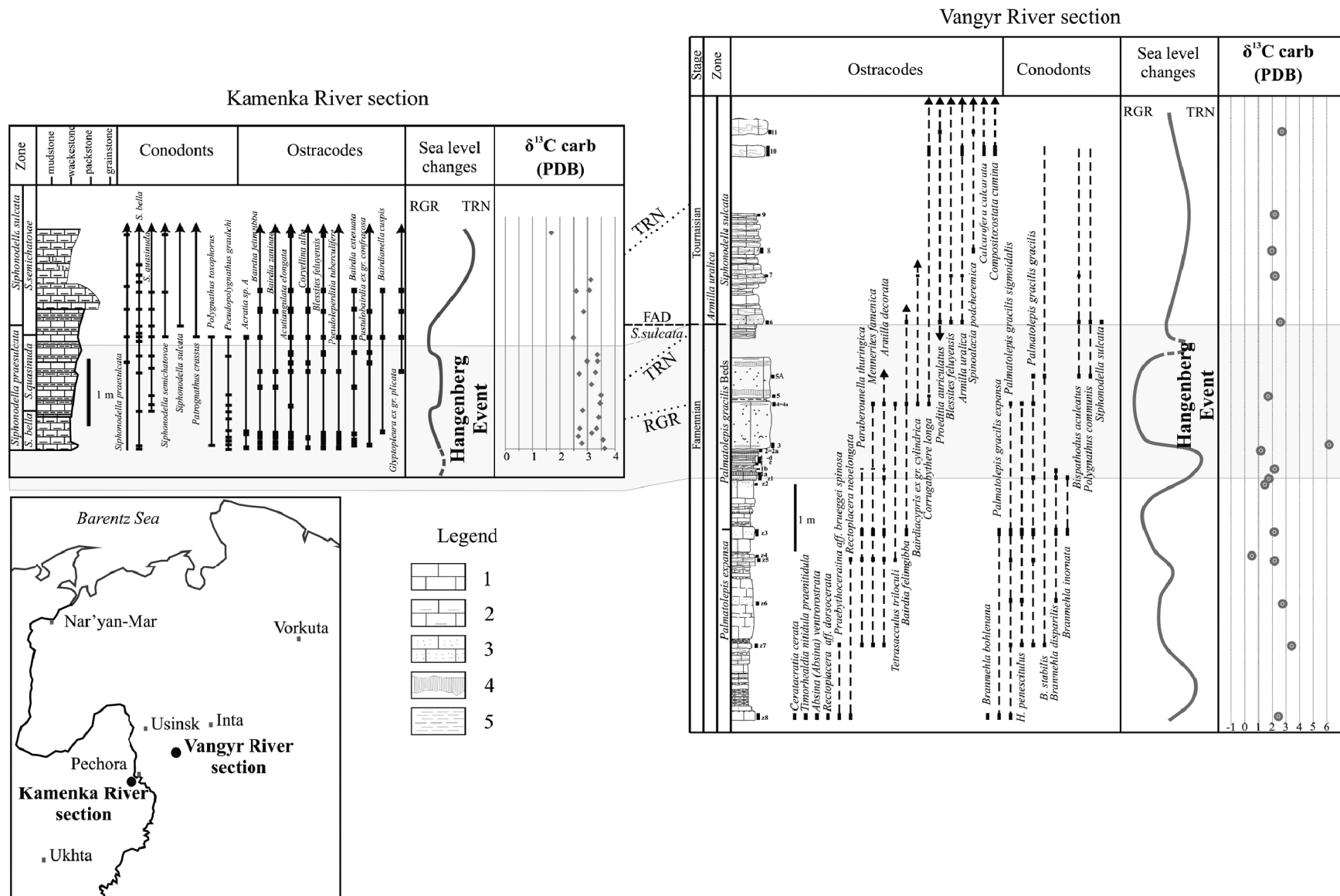


Fig. 1. Reference sections of the D/C boundary interval of the north of Urals. Legend: 1 — limestone, 2 — clayey limestone, 3 — calcarenite, 4 — chert, 5 — clay and argillite

Рис. 1. Опорные разрезы пограничного интервала девона и карбона на севере Урала. Условные обозначения: 1 — известняк, 2 — глинистый известняк, 3 — калькарениит, 4 — кремнь, 5 — глина и аргиллит

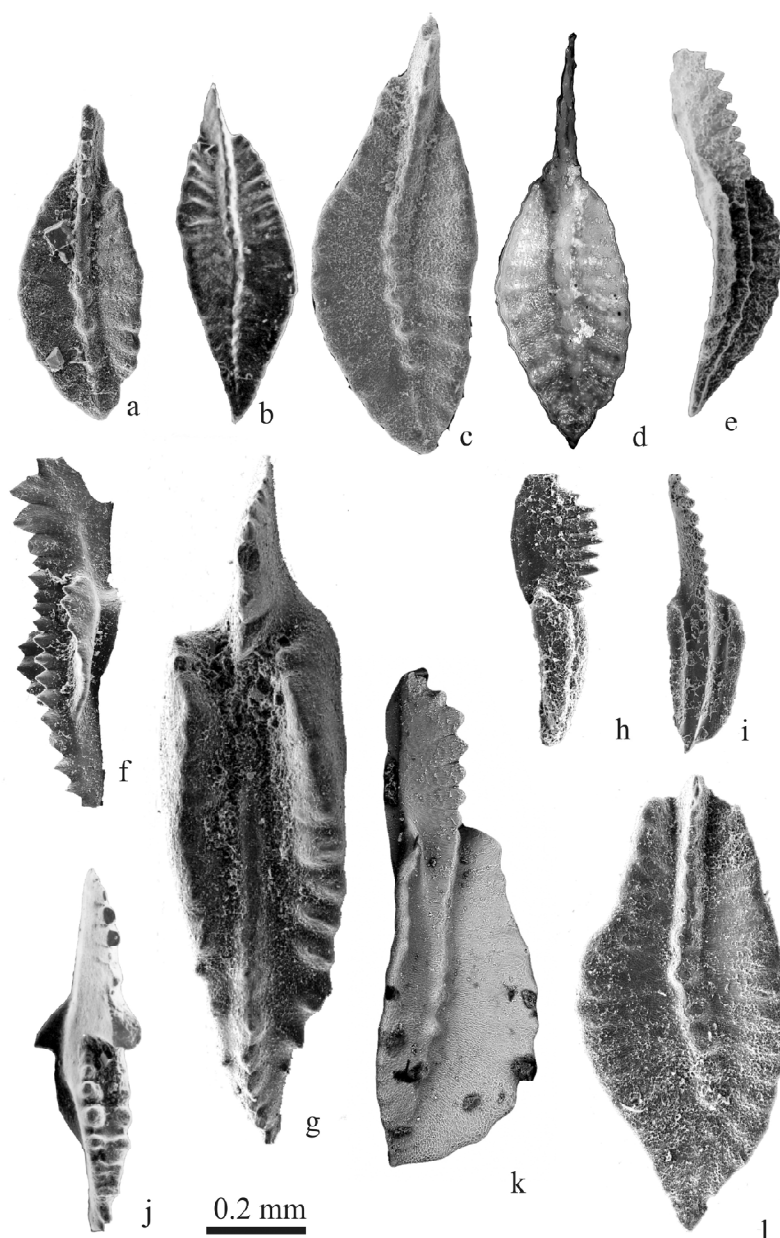


Fig. 2. Conodont associations of the Kamenka River section: **a** — *Siphonodella bella* Kononova et Migdisova, sample 121-8a/16; **b** — *Siphonodella bella* Kononova et Migdisova, sample 121-1-5/90; **c** — *Siphonodella praesulcata* *S. bella* transition form, sample 121-13/16; **d** — *Siphonodella sulcata* (Huddle), sample 121a-5/10; **e** — *Siphonodella praesulcata* Sandberg, sample 121-1/96; **f** — *Polygnathus taxophorus* Cooper, sample 121-2/16; **g** — *Pseudopolygnathus graulichii* Bouckaert et Groessens, sample 121-4/16; **h, i** — *Polygnathus communis communis* Branson et Mehl., sample 121-10/16; **j** — *Patrognathus crassus* Kononova et Migdisova, sample 121-1/96; **k** — *Siphonodella semichatovae* Kononova et Lipnjagov, early form, sample 121-19b/16; **l** — *Siphonodella semichatovae* Kononova et Lipnjagov, sample 121-19/16

Рис. 2. Конодонтовые ассоциации разреза на р. Каменке: **a** — *Siphonodella bella* Kononova et Migdisova, обр. 121-8a/16; **b** — *Siphonodella bella* Kononova et Migdisova, обр. 121-1-5/90; **c** — переходная форма *Siphonodella praesulcata* — *S. bella*, обр. 121-13/16; **d** — *Siphonodella sulcata* (Huddle), обр. 121a-5/10; **e** — *Siphonodella praesulcata* Sandberg, обр. 121-1/96; **f** — *Polygnathus taxophorus* Cooper, обр. 121-2/16; **g** — *Pseudopolygnathus graulichii* Bouckaert et Groessens, обр. 121-4/16; **h, i** — *Polygnathus communis communis* Branson et Mehl., обр. 121-10/16; **j** — *Patrognathus crassus* Kononova et Migdisova, обр. 121-1/96; **k** — *Siphonodella semichatovae* Kononova et Lipnjagov, ранняя форма, обр. 121-19b/16; **l** — *Siphonodella semichatovae* Kononova et Lipnjagov, обр. 121-19/16

linson in association with *Palmatolepis gracilis* Branson et Mehl suggests correlation with *Siphonodella praesulcata* Zone, however numerous conodonts were probably reworked from *Palmatolepis gracilis expansa* Zone (*Branmehla disparilis* (Branson et Mehl) and *Palmatolepis gracilis expansa* Sandberg et Ziegler among others). The terminal Famennian ostracodes compose diverse associations of the Turingian and slope ecotypes (Fig. 5). The lowermost Tournaisian part of the suc-

cession comprises clayey fine-grained calciturbidites, which contain *Siphonodella sulcata* in associations with the reworked late Famennian conodonts. Mixed ostracode association occurs as well (Fig. 5). Appearance of *Armillia uralica* Sobolev marks the D/C boundary. The diversity of ostracodes decreased at the earliest Tournaisian.

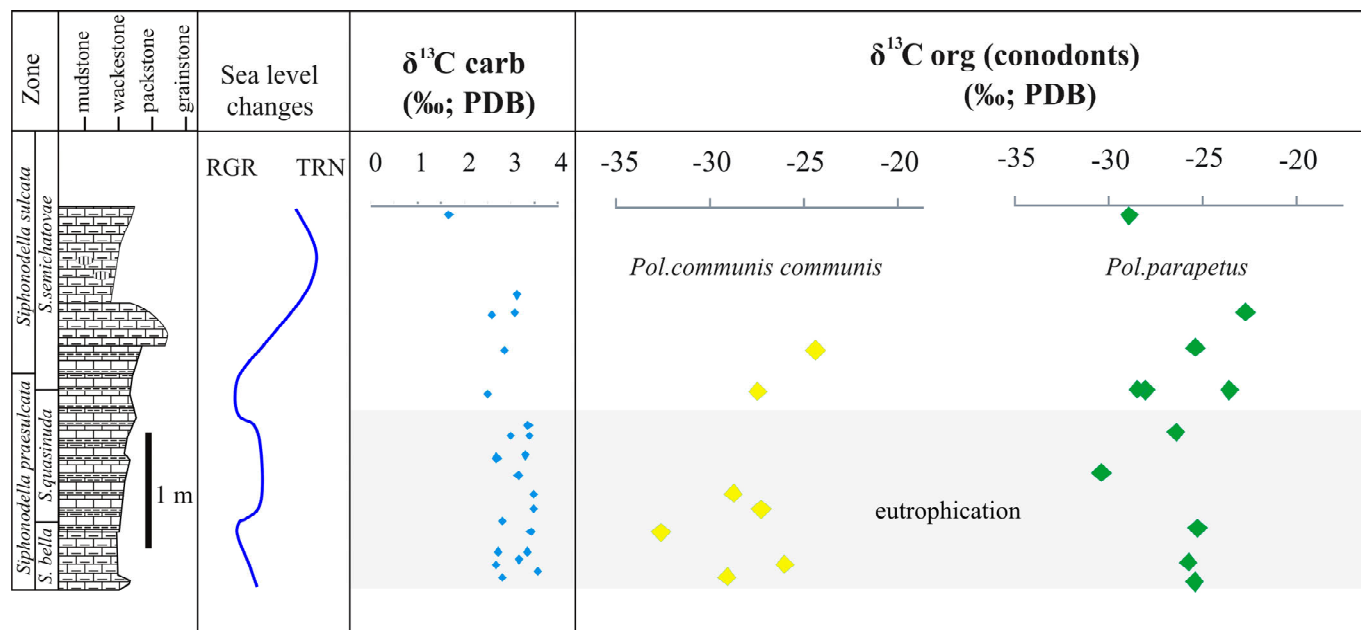


Fig. 3. Variations of the carbon isotope composition of bulk carbonates and organic matter of conodont elements in the Devonian/Carboniferous boundary beds, Kamenka River section

Рис. 3. Вариации в изотопном составе углерода карбонатов и органического вещества конодонтовых элементов в пограничных слоях девона и карбона, разрез на р. Каменке

Conclusions

The Hangenberg black-shale event corresponding to the transgression pulses at the *Siphonodella praesulcata* Zone are known just in the deep-water shelf facies. The traces of transgression-regression couplets in the carbonate platform and epicratonic facies mark the event interval. The regressions at the latest Famennian and earliest Tournaisian caused erosion and forming of discontinuity in some shallow-water sequences. These regressions led to developing of calciturbidites in the deep-water shelf and bathyal environments as well. *Siphonodella sulcata* and *Armilla uralica* in the deep-water facies are documented just from the calciturbidites, so the D/C boundary can't be precisely biostratigraphically determined. Pelagic deposits in the boundary interval are barren as a rule [6, 7]. Exceptional preservation of the D/C boundary interval in the Kamenka River section (eastern Pechora Plate) demonstrates very gradual changes in conodonts and ostracodes in the shallow-water environment.

Acknowledgements. The authors are appreciated to S. Shuyskiy and I. Smoleva for assistance in SEM and isotope studies. Also the authors would like to thank the referees for their constructive reviews.

References

1. Becker R. T., Kaiser S. I., Aretz M. Review of chrono-, litho- and biostratigraphy across the global Hangenberg Crisis and Devonian–Carboniferous Boundary. Geological Society, 2016, No. 423, pp. 355–386.
2. Casier J.-G., Lethiers F. & Preat A. Ostracods and rock facies associated with the Devonian–Carboniferous boundary series in the Puech de la Suque section, Montagne Noire, France. Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique. Sciences de la Terre, 2001, 71, pp. 31–52.
3. Chizhova V. A. Stratigrafiya i korrelyatsiya neftegazonosnykh otlozheniy devona i karbona yevropeyskoy chasti SSSR i

zarubezhnykh stran (Stratigraphy and correlation of oil and gas deposits of the Devonian and Carboniferous in the European part of the USSR and foreign countries). Moscow: Nedra, 1977, 263 p.

4. Fauna i biostratigrafiya pograniichnykh otlozheniy devona i karbona Berchogura (Mugodzhary) (Fauna and biostratigraphy of the boundary deposits of the Devonian and Carboniferous Bercogur (Mugodzhary)). Moscow: Nauka, 1987, 120 p.

5. Lethiers F., Crasquin-Soleau S. Commeat extaire les microfossiles a tests calcitiques des roches calcaires dures. Rev. micropaleontol., 1988, V. 31, No. 1, pp. 56–61.

6. Ovnatanova N. S., Kononova L. I., Kolesnik L. S., Gatovsky Yu. A. Upper Devonian conodonts of Northeastern European Russia. Paleontological Journal, 2017, 51(10), pp. 973–1165.

7. Plotitsyn A. N., Zhuravlev A. V., Sobolev D. B., Vevl Ya. A., Gruzdev D. A. Granitsa devona i karbona na zapadnom sklone severa Urala i Priuralya (The Devonian – Carboniferous boundary in the Western slope of the North Urals and the Cis-Urals). Proceedings of Paleontological Society, V. 1, Ed. S. V. Rozhnov, Moscow: PIN RAS, 2018, pp. 90–107.

8. Scotese C. R. PALEOMAP PaleoAtlas for GPlates and the PaleoData Plotter Program. PALEOMAP Project, 2016. <http://www.earthbyte.org/paleomappaleoatlas-for-gplates/>

9. Vevl Y. A., Zhuravlev A. V. & Popov V. V. Pograniichnye otlozheniya devonskoi i kamennougolnoi sistem v razreze na r. Kamenka (Pechoro-Kozhvisinskii megaval, Timano-Pechorskaya provintsiiya) (Deposits of the Devonian and Carboniferous boundary in the Kamenka River section (Pechora-Kozhvisky megaswell, Timan-Pechora province)). Oil and gas geology. Theory and practice, 2012, 7(1), available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/6_2012.pdf

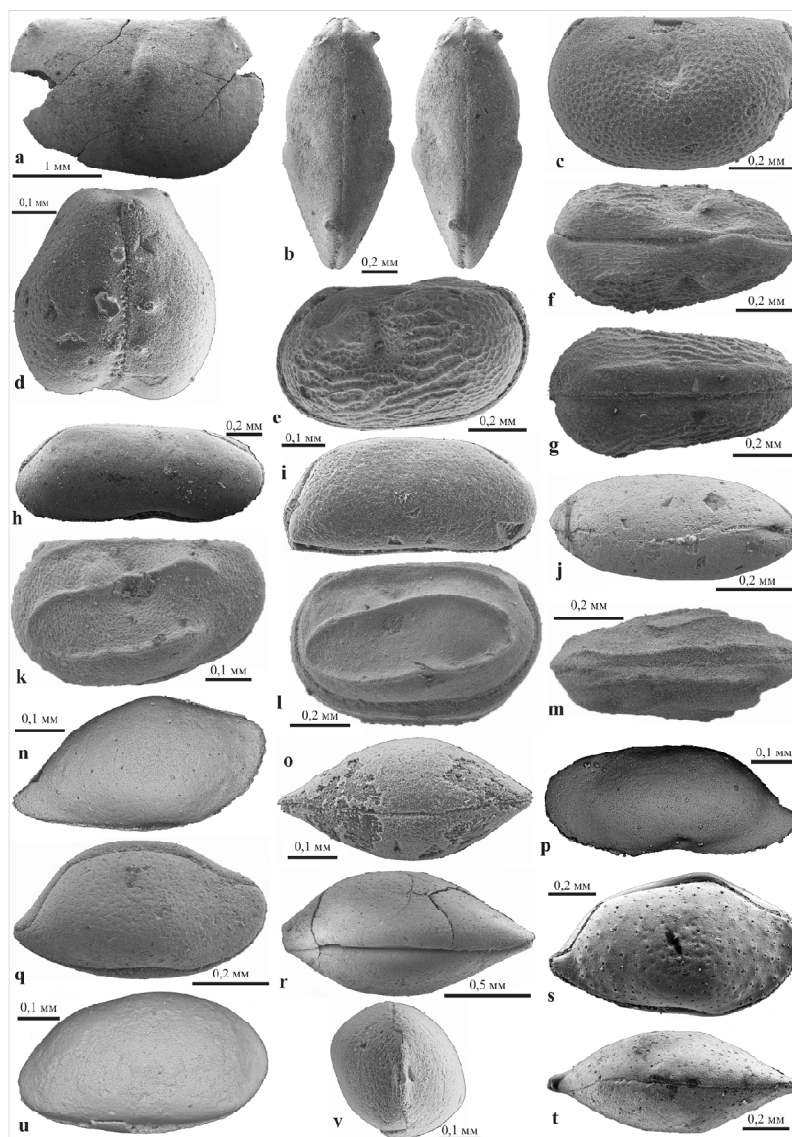


Fig. 4. Ostracode associations of the Kamenka River section: **a, b** — *Pseudoleperditia tuberculifera* Schneider, 1956, sample 121-1/16: **a** — №333/37-51, lateral view of right valve; **b** — №333/34-28, stereo-pair of carapace in dorsal view; **c, d** — *Coryellina alba* Kotschekova, 1987, sample 121-18A/16: **c** — №333/39-19, carapace in left lateral view; **d** — №333/39-18, carapace in posterior view; **e–g** — *Blessites feluyensis* Tschigova, 1977: **e** — №333/37-44, carapace in left lateral view, sample 121-1/16; **f** — №333/37-45, carapace in dorsal view, sample 121-1/16; **g** — №337/6-21, carapace in ventral view, sample 121-1-10; **h** — *Bairdiacypris* ex gr. *cylindrica* (Samoylova et Smirnova, 1960), №333/39-26, carapace in right lateral view, sample 121-19A/16; **i, j** — *Bairdianella cuspis* Buschmina, 1970: **i** — №333/39-16, carapace in right lateral view, sample 121-17/16; **j** — №333/38-39, carapace in dorsal view, sample 121-6/16; **k–m** — *Glyptopleura* ex gr. *plicata* (J. et K., 1867), sample 121-1-10: **k** — №333/35-18, juvenile left valve in lateral view; **l** — №333/35-21, carapace in left lateral view; **m** — №333/35-20, juvenile in dorsal view; **n, o** — *Bairdia extenuata* Nazarova, 1951: **n** — №333/36-13, carapace in right lateral view, sample 121-5/16; **o** — №333/39-4, carapace in dorsal view, sample 121-16/16; **p** — *Bairdia felimgibba* Becker, 1982, №333/36-12, carapace in left lateral view, sample 121-2/16; **q, r** — *Bairdia zaninae* Posner, 1979: **q** — №333/38-31, carapace in right lateral view, sample 121-6/16; **r** — №333/38-32, carapace in dorsal view, sample 121-6/16; **s, t** — *Pustulobairdia* ex gr. *confragosa* (Samoilova & Smirnova 1960), sample 121-1-10: **s** — №335/7-11, carapace in right lateral view; **t** — №335/7-12, carapace in dorsal view; **u, v** — *Acratia* sp. A sensu Casier & Lethiers, 2001: **u** — №333/36-14, carapace in right lateral view, sample 121-5/16; **v** — №333/39-12, carapace in anterior view, sample 121-17/16

Рис. 4. Остракодовые ассоциации разреза на р. Каменке: **a, b** — *Pseudoleperditia tuberculifera* Schneider, 1956, обр. 121-1/16: **a** — №333/37-51, вид сбоку правой створки; **b** — №333/34-28, стереопара раковины, вид сверху; **c, d** — *Coryellina alba* Kotschekova, 1987, обр. 121-18A/16: **c** — №333/39-19, вид раковины слева сбоку; **d** — №333/39-18, вид раковины сзади; **e–g** — *Blessites feluyensis* Tschigova, 1977: **e** — №333/37-44, вид раковины слева сбоку, обр. 121-1/16; **f** — №333/37-45, раковина, вид сверху, обр. 121-1/16; **g** — №337/6-21, раковина, вид снизу, обр. 121-1-10; **h** — *Bairdiacypris* ex gr. *cylindrica* (Samoylova et Smirnova, 1960), №333/39-26, вид раковины справа сбоку, обр. 121-19A/16; **i, j** — *Bairdianella cuspis* Buschmina, 1970: **i** — №333/39-16, вид раковины справа сбоку, обр. 121-17/16; **j** — №333/38-39, вид раковины сверху, обр. 121-6/16; **k–m** — *Glyptopleura* ex gr. *plicata* (J. et K., 1867), обр. 121-1-10: **k** — №333/35-18, ювенильная левая створка, вид сбоку; **l** — №333/35-21, вид раковины слева сбоку; **m** — №333/35-20, ювенильная форма, вид сверху; **n, o** — *Bairdia extenuata* Nazarova, 1951: **n** — №333/36-13, вид раковины справа сбоку, обр. 121-5/16; **o** — №333/39-4, вид раковины сверху, обр. 121-16/16; **p** — *Bairdia felimgibba* Becker, 1982, №333/36-12, вид раковины слева сбоку, обр. 121-2/16; **q, r** — *Bairdia zaninae* Posner, 1979: **q** — №333/38-31, вид раковины справа сбоку, обр. 121-6/16; **r** — №333/38-32, вид раковины сверху, обр. 121-6/16; **s, t** — *Pustulobairdia* ex gr. *confragosa* (Samoilova & Smirnova 1960), обр. 121-1-10: **s** — №335/7-11, вид раковины справа сбоку; **t** — №335/7-12, вид раковины сверху; **u, v** — *Acratia* sp. A sensu Casier & Lethiers, 2001: **u** — №333/36-14, вид раковины справа сбоку, обр. 121-5/16; **v** — №333/39-12, вид раковины спереди, обр. 121-17/16

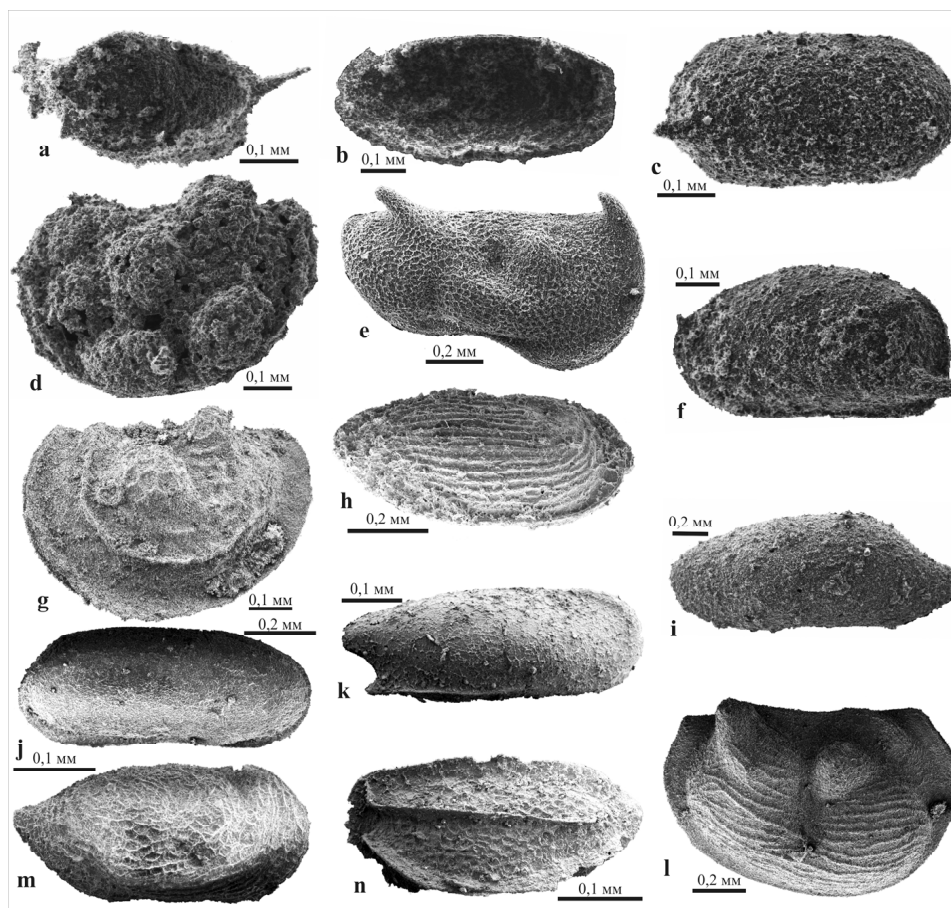


Fig. 5. Ostracode associations of the Vangyr River section; Upper Famennian (a–e), Famennian-Tournaisian (f–j), Tournaisian (k–n): **a** — *Ceratacratia cerata* Blumenstengel, 1965, № 333/20-5, internal view of right valve, sample w22-z8; **b** — *Absina (Absina) ventrorostrata* Grundel, 1962, № 333/20-6, internal view of right valve, sample w22-z8; **c** — *Rectoplocera neolongatata* Blumenstengel, 1979, № 333/20-3, lateral view of right valve, sample w22-z8; **d** — *Cornigella ? verrucosus* Sobolev, 2014, № 333/20-40, lateral view of left valve, sample w22-z3; **e** — *Mennerites famenica* Sobolev, 2014, № 333/50-5, lateral view of right valve, sample w22-4; **f** — *Timorhealdia nitidula praenitidula* (Blumenstengel, 1979), № 333/20-2, lateral view of left valve, sample w22-z8; **g** — *Armilla decorata* Sobolev, 1997, № 333/21-10, lateral view of left valve, sample w22-z1; **h** — *Corrugobythere longa* Sobolev, 1998, № 333/21-65, lateral view of right valve, sample w22-5; **i** — *Bairdia felingibba* Becker, 1982, № 333/20-46, lateral view of left valve, sample w22-z3; **j** — *Bairdiacypris* ex gr. *cylindrica* (Samoylova et Smirnova, 1960), № 333/21-39, carapace in right lateral view, sample w22-4; **k** — *Calcarofera calcarata* Schornikov, 1993, № 333/21-112, lateral view of right valve, sample w22-10; **l** — *Armilla uralica* Sobolev, 1994, № 333/21-67, lateral view of right valve, sample w22-6; **m** — *Strumibythere simplex* Sobolev, 2017, № 333/21-117, lateral view of right valve, sample w22-10; **n** — *Compositocostata cumina* Sobolev, 2017, № 333/21-113, lateral view of left valve, sample w22-10

Рис. 5. Остракодовые ассоциации разреза на р. Вангыр; верхний фамен (a–e), фамен-турне (f–j), турне (k–n): **a** — *Ceratacratia cerata* Blumenstengel, 1965, № 333/20-5, внутренний вид правой створки, обр. w22-z8; **b** — *Absina (Absina) ventrorostrata* Grundel, 1962, № 333/20-6, внутренний вид правой створки, обр. w22-z8; **c** — *Rectoplocera neolongatata* Blumenstengel, 1979, № 333/20-3, вид сбоку правой створки, обр. w22-z8; **d** — *Cornigella ? verrucosus* Sobolev, 2014, № 333/20-40, вид сбоку левой створки, обр. w22-z3; **e** — *Mennerites famenica* Sobolev, 2014, № 333/50-5, вид сбоку правой створки, обр. w22-4; **f** — *Timorhealdia nitidula praenitidula* (Blumenstengel, 1979), № 333/20-2, вид сбоку левой створки, обр. w22-z8; **g** — *Armilla decorata* Sobolev, 1997, № 333/21-10, вид сбоку левой створки, обр. w22-z1; **h** — *Corrugobythere longa* Sobolev, 1998, № 333/21-65, вид сбоку правой створки, обр. w22-5; **i** — *Bairdia felingibba* Becker, 1982, № 333/20-46, вид сбоку левой створки, обр. w22-z3; **j** — *Bairdiacypris* ex gr. *cylindrica* (Samoylova et Smirnova, 1960), № 333/21-39, вид раковины справа сбоку, обр. w22-4; **k** — *Calcarofera calcarata* Schornikov, 1993, № 333/21-112, вид сбоку правой створки, обр. w22-10; **l** — *Armilla uralica* Sobolev, 1994, № 333/21-67, вид сбоку правой створки, обр. w22-6; **m** — *Strumibythere simplex* Sobolev, 2017, № 333/21-117, вид сбоку правой створки, обр. w22-10; **n** — *Compositocostata cumina* Sobolev, 2017, № 333/21-113, вид сбоку левой створки, обр. w22-10

10. 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.

11. Zhuravlev A. V., Plotitsyn A. N., Vevel Y. A., Erofeevskiy A. V. *Pogranichnye otlozheniya devona i karbona na*

Vorkutinskom poperechnom podnyatii (r. Bol'shaya Usa) (Devonian-Carboniferous boundary beds in the Vorkuta transverse uplift (Bolshaya Usa River)). *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki* (Proceedings of Kazan University. Natural Sciences, 2018, V. 160, No. 3, pp. 467–483.



United Kingdom – Russia scientific workshop «What does the Devonian of the Arctic tell us about the Earth System?»



УДК 561: 581.332: 552.52/.57: 551.734(234.83)

DOI: 10.19110/2221-1381-2019-10-23-27

PALYNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GIVETIAN-FRASNIAN STRATIGRAPHIC INTERVAL ON THE SOUTHERN AND MIDDLE TIMAN

O. P. Tel'nova, I. Kh. Shumilov

Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

telnova@geo.komisc.ru, shumilov@geo.komisc.ru

The relevance of detailed studying Givetian-Frasnian sedimentation is defined by a proceeding discussion about a level of the lower Frasnian Stage bound (according to border of Middle and Upper Devonian) in the Eastern European platform. New results of investigation in a boundary between Middle and Late Devonian within the Southern and Middle Timan presented. There are a correlation between even-aged palynocomplexes in adjacent territories; determination of the new palynozone, which details Lower Frasnian sedimentation; establishment of higher plants spores associations features formed in continental, coastal and sea facies.

Keywords: biostratigraphy, higher plants spores, the Southern and Middle Timan, boundary sediments of Upper and Middle Devonian.

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИВЕТСКО-ФРАНСКОГО СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРВАЛА НА ЮЖНОМ И СРЕДНЕМ ТИМАНЕ

О. П. Тельнова, И. Х. Шумилов

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

Актуальность детального изучения живетско-франского осадконакопления определяется продолжением дискуссии об уровне нижней границы франского яруса (соответственно границы среднего и верхнего девона) на территории Восточно-Европейской платформы. Представлены новые результаты изучения пограничного среднепозднедевонского временного интервала в пределах Южного и Среднего Тимана: скоррелированы одновозрастные палинокомплексы смежных территорий, установлена новая палинозона, детализирующая раннефранский этап осадконакопления; установлены особенности ассоциаций спор высших растений, формировавшихся в континентальных и прибрежно-морских фациях.

Ключевые слова: биостратиграфия, высшие растительные споры, Южный и Средний Тиман, пограничные отложения верхнего и среднего девона.

Introduction

According to the recommendation of the International Commission on stratigraphy (Subcommission on Devonian stratigraphy) the boundary of Middle and Upper Devonian is drawn in the Lower subzone of the Mesotaxis falsiovalis conodont zone [11, 12]. This level is significantly above a traditional border on the Russian Platform. The Givetian Stage corresponds to the Starooskol substage (Vorobiev, Ardatov and Mullin horizons) on the unified stratigraphic scheme of the Russian Platform. Following the modern trends, the Pashiy Horizon was included in Givetian Stage in the interregional stratigraphy scheme of the Devonian deposits of Russia [11]. However, boundary positions of regional divisions are not defined precisely.

The higher plants spores regional scheme developed [6] within a uniform standard for micro- and macrofossils (by the first appearance of a taxon in a geological section) in the Timan — Northern Urals region. Previously [1] palynozones were allocated on different signs, generally on the maximum quantity of a taxon in palynocomplex (acme zone).

The presence of the same species-indices characterizing different age palynozones (*Acanthotriletes bucerus* Tchib., *Archaeoperisaccus ovalis* Naumova, *Tholisporites variabilis* (Naumova) Oshurk. var. *insignis* Sennova, *Calypptosporites bellus* (Naumova) Oshurk.) in both schemes is explained by the difference in the methodical approach of palynozone isolation. The allocation of palynozones by the maximum development of a taxon or its disappearance in the palynocomplex (PC) does not reflect evolutionary trends in the plant biocomplex development. It only fixes adaptation of plants to the certain facies-climatic conditions.

The analysis of even-aged palynocomplexes structure of different facies in the Southern and Middle Timan sediments illustrates facial confinedness of some spore taxons sets (tab. 1). However, implementation of the different methodological techniques (correlations between the palynological zones of coastal and sea facies and paleontological ones, the analysis of the complete taxonomical palynospectrum (PS), percentage of taxons, etc.) allowed to detail the stratigraphical partition of geological sections,



Table 1. Stratigraphic ranking of the most important spores taxa studied in the Givetian-Frasnian sediments of the Middle and Southern Timan

Таблица 1. Стратиграфическое ранжирование наиболее важных таксонов спор, изученных в живетско-франских отложениях на Среднем и Южном Тимане

Formations		Spore taxa																																		
Middle Timan	Southern Timan	Geminospora micromanifesta	G. micromanifesta var. collatatus	Geminospora rugosa	Geminospora notata	Contagiosporites optivus	Ancyrospora incisa	Acanthoriletes uncata	Archaeozonotriletes variabilis	A. variabilis var. insignis	Acanthotriletes dentatus	Acanthotriletes bucerus	Acanthotriletes similis	Ancyrospora furcula	Ancyrospora involucri	Calyptosporites krestovnikovii	Archaeozonotriletes accretus	Calyptosporites bellus	Archaeoperisaccus verrucosus	Calyptosporites domanicus	Samarisporites costatus	Densosporites meyeriae	Geminospora plicata	Densosporites sorokinii	Ancyrospora laciniata	Cristatisporites timanica	Ancyrospora melvillensis	Ancyrospora ampulla	Cristatisporites pseudodeliquescentis	Archaeoperisaccus ovalis	Hymenozonotriletes argutus	Cristatisporites deliquescentis	Cristatisporites dentata	Diducites radianus		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
Kraipol'e	Domanik																																			
Ust-Yarega	Ust-Yarega																																			
Ust-Chirka	Timan	Upper																																		
Tsil'ma			Lower																																	
Valsa	South-Timan																																			

— Middle Timan
— Southern Timan

to allocate a new palynozone and to carry out regional and inter-regional correlations. It established that the bottom of Ust-Yarega Formation is characterized by a palynozone of *Cristatisporites pseudodeliquescentis*-*Archaeoperisaccus ovalis*, and the top — by *Cristatisporites deliquescentis* (tab. 2).

Taking into account the new data about the higher plant spores in the Northern Timan Urals region, authors explore variants of phytostatigraphic boundary level that would be the closest to the modern level of the discussed border.

The history of studies of the regional stratigraphic boundary is not covered in this article as it already has been repeatedly described in other publications [2, 3, 6, 8].

Palynostratigraphy and paleoreconstructions

Russian palynologists traditionally correlated Pashiy-Sargaevo stratigraphic interval with *optivuskrestovnikovii* palynozone (tab. 2) [1]. Its lower bound approximately corresponds to the base of the *hermanni-cristatus* conodont zone.

In the Timan — Northern Urals region the *optivus-krestovnikovii* zone expands on the Yaransk, Dzher, Timan, Sargaevo horizons [2]. O. P. Telnova [6] allocated regional palynozone in the stratigraphic volume of this zone on the Southern Timan and called with names of the first time encountered spores (tab. 2). This scheme has been corrected and expanded

with analysis results of the PS from the Middle Timan geological sections [7].

The Middle Timan PC correlate well with ones in stratotype sections in the Southern Timan (stratotypes of Timan and Ust-Yarega Formations), in the Pechora Sineclise (the Dzher Horizon), in more remote sections on the Chernyshev's Ridge and in the Main Devonian Field.

The general trend in a change of taxonomical structure of PS is observed in the Givetian-Frasnian stratigraphic interval in the compared territories. Spores of a genus *Geminospora* dominate in all PS (producers — *Archeopteris* plants, *Archeopteridales* order). In the Devonian time only *Archeopteris* got a wooden habitus. Well-developed root system allowed them to grow on high landscape sites, all other plants tied to water basins. Thus, *Archeopteris* avoided fierce competition and quickly created a dominating group of plants in the Middle and Upper Devonian floristic communities. Cosmopolitan distribution and wide age range make spores of these plants inert for the stratigraphic constructions. Therefore, the emphasis is placed on spores of subdominant groups in the analysis of PS.

Five PC were established in Valsa, Tsilma, Ust-Chirka, Ust-Yarega and Kraipole Formations on the Middle Timan (tab. 2). On the Southern Timan in Valsa PSs as well as in the Upper

Table 2. The chart of comparison palinozone *optivus-krestovnikovii* of the East-European PlatformТаблица 2. Схема сопоставления палинозоны *optivus-krestovnikovii* на Восточно-Европейской платформе

East European Platform (after Avkhimovitch et al., 1993)		Southern Timan		Middle Timan
Subzone	Zone	Palynozone	Formation	Formation
S. bellus	A. ovalis – V. grumosus	Dominant phytoplankton	Domanik	Kraipol'e
G. semilucensis – P. donensis		G. semilucensis – P. donensis		
A. bucerus – A. variabilis insignis	C. optivus – S. krestovnikovii	C. deliqucsens	Ust'-Yarega	Ust'-Yarega
		C. pseudodeliqucsens – A. ovalis		
		D. sorokinii	Timan	Ust'-Chirka
		P. vermiculatus – C. domanicus		Tsil'ma
A. incise – G. micromanifesta		C. bellus – D. meyeriae	Southern Timan	Valsa
		A. bucerus – A. variabilis insignis		
		A. accretes		

Chibj Formation small (20–40 μ) spores with small-spicular sculpture of exine (*Acanthotriletes bucerus*, *A. eximius* Naumova, *A. similis* Naumova et al.) formed the subdominant group. The spores and pollen size reduction and the small-spicular sculpture of the recent spores connected with deterioration in facies-climatic conditions of their producers growth [4]. It is possible to assume by analogy that increase in quantity and variety of spores of the *Acanthotriletes* group could indicate some aridization and, perhaps, a small cold snap in this period. In this time tectonic and volcanic activity increased in the all Timan territory.

The increase in numbers (up to 25 %) and diversity of spores in PCs of Tsilma, Ust-Yarega, Krypole Formations on the Middle Timan and Timan, Ust-Yarega Formations on the South Timan with a wide thin zone (*Calypsopterites*, *Densosporites*, *Hymenozonotriletes*, etc.) may indicate a climatic trend towards humidity. Producers of the spores were ferric and placid plants [6]. It correlates with the regional manifestation of the Frasnian event (global transgression) recorded in many regions of the world.

Taxonomic composition of PC from sections of the Middle Timan differs from such on the Southern Timan by percentage content, absence of some taxa, including index species (*Perotriletes vermiculatus* Med.) and by different stratigraphic range in rare cases. For example, spores *Archaeozonotriletes variabilis*, *A. variabilis* var. *insignis* were listed as dominant and guiding species for the Sargaev Horizon for the long time [1, 2]. Later, different compositions of PC were established in different areas of the Timan in deposits of Sargaev age [2, 6]. These forms are rare and sometimes absent in the Ust-Yarega Formation of the Sargaev Horizon in the Tsilma River basin.

Minor differences in taxonomic composition of PCs from single-age deposits of the Middle and the Southern Timan are explained by landscape-facial conditions of their producers growth. The constant lowering of the Southern Timan territory was the cause of constant watercourses and various water areas facies of warm humid climate. The Middle Timan slow dive and some elevation of this territory led to the spread of

periodically changing facies from drier to wetter and vice versa. The lithological analysis results show a high sedimental variability of most formations on the Middle Timan both in section and in extension, which is typical of alluvial coastal plains.

For the first time the appearance of taxa spores *Cristatisporites pseudodeliquescens* Telnova et Marshall, *Archaeoperisaccus ovalis* Naumova was traced in the sections of the Ust-Yarega Formation of the Southern Timan. The palynozone *Cristatisporites pseudodeliquescens* [6] was established here. Later, the simultaneous appearance of these taxa was traced at the single-age stratigraphic level in outcrops of the Darshor Creek on the Chernyshev Ridge on the Middle Timan [5, 7]. This allows adding the binary name of palynozone *C. pseudodeliquescens* – *A. ovalis* to the regional spore scheme (tab. 2).

Stratigraphic sequence of appearance of taxa *Cristatisporites pseudodeliquescens* and *Cristatisporites deliquescens* (Naumova) Arkh. is traced in the sections of Ust-Yarega Formation on the Middle Timan. The *C. deliquescens* spores in stratigraphically complete and more shallow-water sections on the Middle Timan are highlighted as index species of miosporous sub-complex B of the *Cristatisporites pseudodeliquescens* zone [7].

In addition, a simultaneous appearance of spores *Cristatisporites deliquescens* and conodonts *Ancyrodella rotundiloba soluta* Sandb. Ziegl. et Bult recorded in section of shallow water-shelf facies in outcrops of the Shera Creek on the Jemparma Plato of the Southern Timan (Telnova, Soboleva, Sobolev, in print). The same association of miospores and conodonts was explored in the upper part of the Kedzydshor Formation in outcrops of the Derzhor Creek (Chernyshev Ridge) [5, 10].

Conclusion

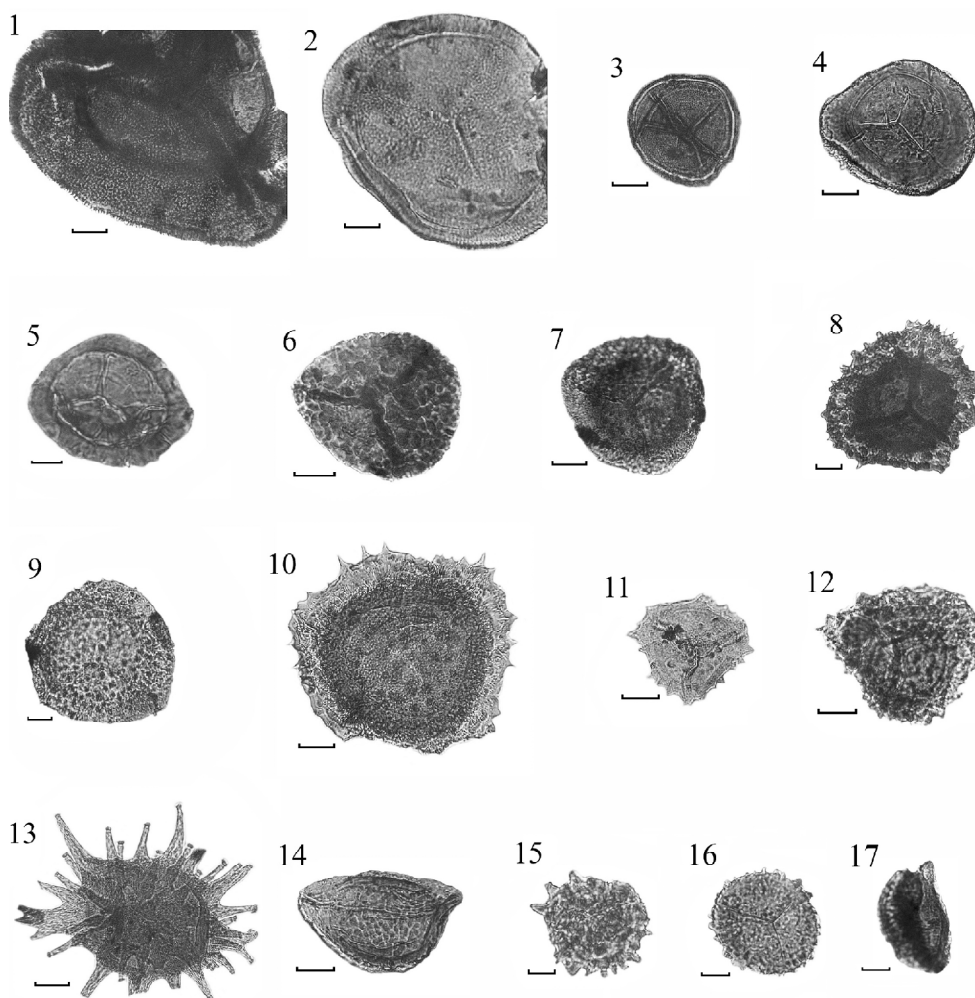
Thus, the stratigraphic sequence of appearance of taxa *Cristatisporites pseudodeliquescens* and *Cristatisporites deliquescens* and an association of conodonts *Ancyrodella rotundiloba soluta* and the spore *Cristatisporites deliquescens* found in different areas of the Timan-North Ural region. It allows to identify a new regional spore zone *Cristatisporites deliquescens* (tab. 2). In the

regional Devonian palynostratigraphic zonation scheme [6] the new zone occupies a level between the palynozones *C. pseudodeliquescentis* and *G. semilucensis* — *P. donensis*.

By the present moment, only one stratigraphic level has been correlated on spores and conodonts (orthostratigraphic group of fauna) and it is much higher than the modern boundary of the Middle — Late Devonian. Because of this only phytostratigraphic boundaries can be characterized with spores.

Analysis of taxonomic composition of PCs from border deposits shows that the most significant changes occur in the third PC (palynozone *Densosporites sorokinii*) of the Timan Formation on the Southern Timan and in the Ust-Chirka Formation on Middle Timan [7]. In these PCs the taxonomic composition updates on the species and generic levels. Spores of *Archeopteris* plants (*Contagisporites optivus*, *Geminospora rugosa*, *G. notata*, *G. micromanifesta*, etc.) are the main

(up to 50 %) dominant group still. Spores with film perispores (*Calyptosporites*, *Cristatisporites*, *Hymenozonotriletes*, *Densosporites*, etc.) becomes a subdominant group (up to 16 %), which are among the dominant genera higher in section. This level can be considered as a phytostratigraphic frontier. It is a bit lower than Givetian — Frasnian boundary marked by conodonts. Apparently, the trigger for significant changes in both plant and marine communities was the eustatic Frasnian event. This event is characterized by the beginning of global transgression and is timed to the foundation of the *Early falsiovalis* conodont zone [13]. Regional responses of continental and marine biota components to environmental changes may occur at different rates. Plant biota proved to be more sensitive and responded to climate change almost immediately. In this case, the biotic event almost coincides with the abiotic event.



The most important taxa of spores studied in the Givetian-Frasnian sediments of the Middle and Southern Timan

Наиболее важные таксоны спор из гиветско-франских отложений на Среднем и Южном Тимане

1 — *Contagisporites optivus* (Tchib.) Owens, sample 305-1; 2 — *Geminospora micromanifesta* (Naumova) Owens, sample 317-1; 3 — *Geminospora notata* (Naumova) Obukh., sample 150-1; 4 — *Tholisporites variabilis* (Naumova) Oshurk., sample 193-2; 5 — *Tholisporites variabilis* (Naumova) Oshurk. var. *insignis* Sen., sample 150-2; 6 — *Archaeozonotriletes accretus* Tchib., sample P2-3; 7 — *Calyptosporites bellus* (Naumova) Oshurk., sample 417-2; 8 — *Calyptosporites domanicus* (Naumova) Oshurk., sample p2-1; 9 — *Calyptosporites krestovnikovii* (Naumova) Oshurk., sample 193-1; 10 — *Densosporites sorokinii* Obukh., sample 127-1; 11 — *Cristatisporites pseudodeliquescentis* Telnova et Marshall, sample 127-1; 12 — *Cristatisporites deliquescentis* (Naumova) Arkh., sample 127-1; 13 — *Ancyrospora furcula* Owens, sample 127-2; 14 — *Archaeoperisaccus verrucosus* Pashk., sample 317-1; 15 — *Acanthotriletes bucerus* Tchib., sample 193-1; 16 — *Acanthotriletes eximius* Naumova, sample 315-1; 17 — *Archaeoperisaccus ovalis* Naumova, sample 315-1.

The numbers of spore preparations correspond to the numbers of the samples [8]. Scale bar 10 µm

Номера палинологических препаратов соответствуют номерам образцов [8]. Длина масштабной линейки 10 µm



References

1. Avkhimovich, V. I., Tchibrikova, E. V., Obukhovskaya, T. G., et al. Middle and Upper Devonian miospore zonation of Eastern Europe. *Bull. Cent. Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, 1993, V. 17, No. 1, pp. 79–147.
2. Menner, V. V., Larionova, Z. V., Araslanova, R. M., and Tsaplin A. E. *Novye regional'nye gorizonty nizhnefranskogo pod'yarusa v Timano-Pechorskoj provintsii* (New regional horizons of the Lower Frasnian substage in the Timan-Pechora Province), in *Palinologicheskii metod v prakticheskoi stratigrafii* (Palynology in Practical Stratigraphy), Moscow: Inst. Geol. Razrab. Goryuch. Iskop., 1989, pp. 4–14.
3. Ovnatanova, N. S. and Kononova, L. I. Frasnian conodonts from the Eastern Russian Platform, *Paleontol. J.*, 2008, vol. 42, No. 10, pp. 997–1166.
4. Sladkov, A. N. *Vvedenie v sporovo-pyltsevoi analiz* (Introduction into Spore-Pollen Analysis), Moscow: Nauka, 1967, 234 pp.
5. Telnova, O. P. *Palinologicheskaya harakteristika franskiy otlozhenii na ruch'e Dershor (gryada Chernysheva)* (Palynological characteristics of Frasnian deposits on the Dershor Creek (Chernyshev Ridge)). *Syktyvkar paleontological miscellany 4. (Tr. IG Komi SC UrO RAN 102)*, Syktyvkar, 2000, pp. 63–68.
6. Telnova, O. P. *Miospory iz sredne-verkhnedevonskikh otlozhenii Timano-Pechorskoj provintsii* (Miospores from Middle-Upper Devonian Deposits of the Timan-Pechora Province). UB RAS, Ekaterinburg, 2007, 133 pp.
7. Telnova, O. P., Shumilov, I. Kh. Middle-Upper Devonian Terrigenous Rocks of the Tsilma River Basin and Their Palynological Characteristics. *Stratigraphy and Geological Correlation* 27 (1), 2019, pp. 27–50.
8. Fortunatova, N.K., Zaitseva, E.L., and Kartseva, O. A. Structure of Devonian terrigenous complex and position of Middle and Upper Devonian boundary in western Tatarstan, *Byull. MOIP. Otd. Geol.*, 2013, V. 88, No. 2, pp. 22–49.
9. *Zonalnaya stratigrafiya fanerozoia Rossii* (Zonal Stratigraphy of the Phanerozoic of Russia), Koren, T. N., Ed., St. Petersburg: Vseross. Nauchno-Issled. Geol. Inst., 2006, 234 pp.
10. Yudina, A. B. *Konodonty francheskogo yarusa severnoy chasti gryady Chernysheva. Ekostratigrafiya i iskopayemyye soobshchestva paleozoya i mezozoya yevropeyskogo Severo-Vostoka* (Conodonts of Frasnian stage of the northern part of the Chernyshev Ridge. Ecostratigraphy and fossil communities of the Paleozoic and Mesozoic of the European Northeast). (Proceedings of UB RAS, 86), Syktyvkar, 1995, pp. 31–40.
11. Aboussalam, Z. S., Becker, R. T. New upper Givetian to basal Frasnian conodont faunas from the Tafilalt (Anti-Atlas, Southern Morocco). *Geological Quarterly* 51, 2007, pp. 345–374.
12. Becker, R. T., Königshof, P., Brett, C. E. Devonian climate, sea level and evolutionary events-an introduction. In: Becker, R.T., Königshof, P., Brett, C.E. (Eds.) *Devonian climate, sea-level and evolutionary events*. Geological Society London, Special Publication 423, 2016, pp. 1–10.
13. Walliser O. H. *Global events in the Devonian and Carboniferous. Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic*. Springer, Berlin, 1996, pp. 225–250.

United Kingdom – Russia scientific workshop «What does the Devonian of the Arctic tell us about the Earth System?»



УДК 551.734.470.13

DOI: 10.19110/2221-1381-2019-10-28-38

CONODONTS AND OSTRACODES FROM THE GIVETIAN-FRASNIAN SHALLOW-WATER DEPOSITS OF THE SOUTHERN TIMAN

M. A. Soboleva, D. B. Sobolev

Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

matusha.888@mail.ru, dbsobolev@rambler.ru

Conodont and ostracode distribution in the Timan (Middle — Upper Devonian, Upper Givetian — Lower Frasnian), Ust'-Yarega (Upper Devonian, Lower Frasnian) and Yba (Middle? — Upper Devonian, Upper Givetian? — Lower Frasnian) formations of Southern Timan was analyzed. The regional and interregional correlation of the established associations was conducted. The significant changes in conodont and ostracode associations are observed almost at the base of the Ust'-Yarega Formation, and they are associated with a gradual increase in the depth of the paleobasin. The conodonts of *Ancyrodella rugosa* and *Mesotaxis asymmetricus* appearing at this level characterize the *Ancyrodella rugosa* conodont Zone. The ostracodes of the Ust'-Yarega Formation are represented by the assemblage of the *Cavellina chvorostanensis* — *Entomozoe* (R.) *scabrosa* Zone. The significant changes in the conodont associations of the Yba Formation reflect an important sequence of appearance of the index-species: *Mesotaxis falsiovalis*, *Ancyrodella rotundiloba soluta*, *Ancyrodella rotundiloba rotundiloba*. The *Ancyrodella soluta* conodont Zone provide a reliable correlation of the sections of the Timan-North Urals Region and are essential for resolving the issue of the lower boundary of the Frasnian stage of the Upper Devonian in the East European Platform.

Keywords: conodonts, ostracodes, biostratigraphy, correlation, Southern Timan, Givetian-Frasnian boundary interval.

КОНОДОНТЫ И ОСТРАКОДЫ ИЗ МЕЛКОВОДНЫХ ЖИВЕТСКО-ФРАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОГО ТИМАНА

М. А. Соболева, Д. Б. Соболев

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

Проведен анализ распространения конодонтов и остракод в разрезах тиманской (средний — верхний девон, верхний живет — нижний фран), усть-ярегской (верхний девон, нижний фран) и ыбской (средний? — верхний девон, верхний живет? — нижний фран) свит Южного Тимана. Осуществлены региональная и межрегиональная корреляции установленных комплексов. Заметные изменения в конодонтовых и остракодовых комплексах отмечаются практически с основания усть-ярегской свиты и связаны с постепенным увеличением глубины морского бассейна. На этом уровне появляются конодонты *Ancyrodella rugosa* и *Mesotaxis asymmetricus*, которые характеризуют зону *Ancyrodella rugosa*. Остракоды усть-ярегской свиты представлены комплексом зоны *Cavellina chvorostanensis* — *Entomozoe* (R.) *scabrosa*. В то же время заметные изменения в конодонтовых комплексах ыбской свиты отражают важную последовательность появления зональных видов: *Mesotaxis falsiovalis*, *Ancyrodella rotundiloba soluta*, *Ancyrodella rotundiloba rotundiloba*. Конодонтовая зона *Ancyrodella soluta* обеспечивает надежную корреляцию разрезов Тимано-Североуральского региона и имеет существенное значение для разрешения вопроса о нижней границе франского яруса верхнего девона на территории Восточно-Европейской платформы.

Ключевые слова: конодонты, остракоды, биостратиграфия, корреляция, Южный Тиман, живетско-франский пограничный интервал.

The problem of biostratigraphic subdivision and correlation of the Givetian and Frasnian stages (i. e. the Middle and Upper Devonian) in the north-east of European Russia has been considered in many publications. Despite repeated discussion of this problem [7, 9, 17, 25], it remains unresolved and relevant. There are different points of view regarding the position of the lower boundary of the Frasnian Stage in various regions. Several authors proposed to draw this boundary in the Timan-North Urals Region [8—9, 11, 17, 25]. The lowest position of the boundary roughly coincides with the base of the Pashy For-

mation, and the highest position coincides with the base of the Ust'-Yarega Formation or the upper part of the Kedzydshor Formation [2, 25], characterized by the late forms of the conodonts *Ancyrodella rotundiloba* (Bryant). In addition, in sections of the Timan-Pechora Province (TPP), it is proposed to draw the boundary at the base or inside the Timan Formation [8—9, 11, 17], which is approximately correlated with the Kedzydshor Formation of the western slope of the Urals and the Chernyshev Ridge. The options proposed by different authors for the regional level of the base of the Frasnian Stage do not



meet the recommendations of the International Subcommission on the Devonian Stratigraphy System (SDS) [27].

In accordance with the decision of SDS and the International Stratigraphic Commission, the position of the boundary between the Middle and Upper Devonian is assumed to be at the base of the lower subzone of the *Polygnathus asymmetricus* conodont Zone by the first appearance of the late forms of *Ancyrodella rotundiloba* [27]. This is very important level in the evolution of conodonts. Here, for the first time, most species of the genus *Ancyrodella* and *Mesotaxis*, which are widespread in the Lower Frasnian of Upper Devonian, appear.

In the modern conodont zonation (Fig. 1), the boundary between the Givetian and Frasnian stages is drawn inside the lower subzone of the *Mesotaxis falsiovalis* conodont Zone marked by the first appearance of *Ancyrodella rotundiloba* [20, 28]. This early form stands out as a separate subspecies — *Ancyrodella rotundiloba pristina* Khalymbadzha et Chernysheva, which is zonal taxon in the Tafilalt (Southern Morocco) conodont zonation [1] and in the new scheme of the conodont zonation [3].

In addition to biostratigraphic markers of the boundary between the Givetian and Frasnian stages, there are lithological markers, reflecting eustatic fluctuations. As a result of a significant sea level rise (the Frasnian Event), fundamental changes in the composition of the marine biota occurred. Perhaps the Frasnian Event occurred in several stages [26]. O. Wallizer [26] considered that the main biological event coincides with the geological event, i.e. the level of the lower subzone of *Mesotaxis*

is *falsiovalis* conodont Zone (below the base of the Frasnian stage) is correlated with the beginning of transgression of the marine basin.

Conodont zonation is widely used for biostratigraphic subdivision and correlation of the Givetian and Frasnian deposits. However, the absence of zonal taxa of conodonts in many areas of the Timan-North Urals Region because of their facies dependence complicates biostratigraphy. Therefore, we analyzed the distribution of conodonts and ostracodes in the Givetian-Frasnian shallow-water deposits of the Southern Timan. Here are the stratotype sections of the Timan and Ust'-Yarega formations, where the lower boundary of the Frasnian stage of the Upper Devonian was traditionally considered. The section of the Yba Formation is lithologically the closest to the predominantly carbonate stratotype Col du Puech de la Suque section in Montagne Noir (Southern France) [27]. This section, in our opinion, is the most promising to confirm the level of the poorly defined boundary between the Givetian and Frasnian stages in the East European Platform.

Material and methods

We analyze the distribution of conodonts and ostracodes in the Givetian-Frasnian shallow-water deposits of the Southern Timan (Fig. 2, A), as in this region there are stratotypes of a number of local and regional subdivisions of the Middle and Upper Devonian. A significant part of the sections is located in the Ukhta Region of the Komi Republic. This region is related to the north-

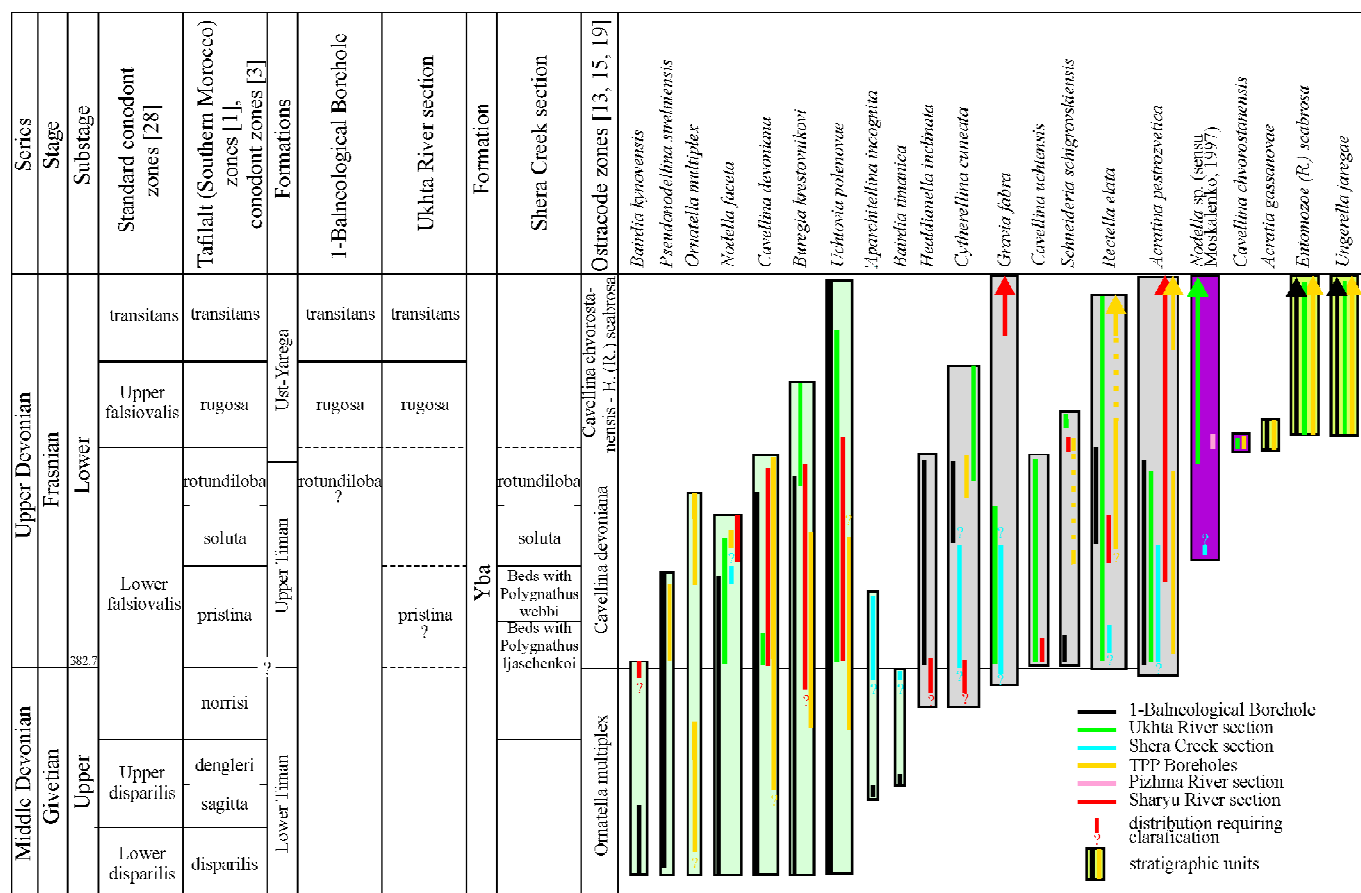


Fig. 1. Middle to Upper Devonian correlation of conodont and ostracode zones compared to the distribution of the ostracodes, which are widespread in the Timan-North Urals Region, according to our data and literature data

Рис. 1. Корреляция конодонтовых и остракодовых зон среднего и верхнего девона с распределением остракод, широко распространенных в Тимано-Североуральском регионе (наши и литературные данные)

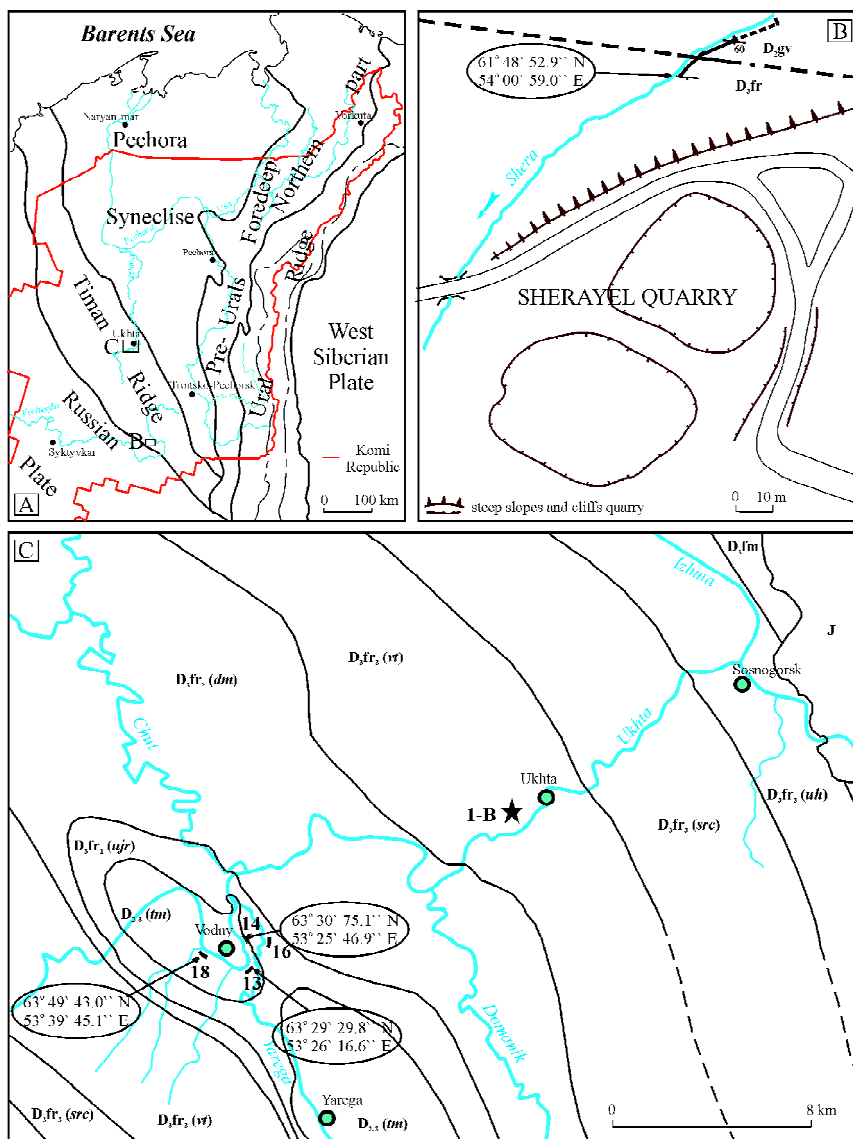


Fig. 2. A — location of the studied area on the tectonic scheme of the Timan-Pechora Province (after [4] with simplifications); B — locality map of the Givetian-Frasnian SHERA Creek section; C — locality map of the Givetian-Frasnian Ukhta River section (outcrops 18, 13, 14, 16) and 1-Balneariological Borehole (1-B)

Рис. 2. А — место района исследований на тектонической схеме Тимано-Печорской провинции (по [4] с упрощениями); В — расположение живетско-франских отложений на руч. Шера; С — расположение живетско-франских отложений на р. Ухте (обнажения 18, 13, 14, 16) и скв. 1-Бальнеологической (1-Б)

eastern limb of the Ukhta anticline located in the north of the Ukhta-Izhma Uplift. The Ukhta River (the tributary of the Izhma River) section and 1-Balneariological Borehole demonstrate fairly complete stratigraphic sequence. They are represented by shallow-water clayey and clay-carbonate deposits of the Timan and Ust'-Yarega formations. The 1-Balneariological Borehole was drilled in south-western outskirts of the Ukhta City (Fig. 2, C). The predominantly carbonate Yba Formation of the SHERA Creek Section is located to the south of the Ukhta Region sections. This section was cropped out on the left bank of the SHERA Creek, upstream of the SHERAEL' Quarry located in the Ust-Kulom Region of the Komi Republic (Fig. 2, B). The research area is related to the Djeimparma Uplift located in the south-south-western part of the Timan Ridge, practically in the zone of junction of the Mezen Syncline and the Timan Ridge. The level of knowledge on the biostratigraphy of these regions varies significantly. While the scheme of conodont and ostracode zonations has been de-

veloped for the Ukhta Region sections of the Southern Timan, it remains to be done for sections in the Ust'-Kulom Region.

Biostratigraphic data on conodonts and ostracodes were used to subdivide the Timan and Ust'-Yarega formations [6, 8–9, 13–15]. The most detailed materials on the biostratigraphy of the 1-Balneariological Borehole are contained in the geological report [6].

Biostratigraphic subdivision of the Yba Formation was carried out by the authors based on the appearance of zonal taxa of conodonts and ostracodes. Microfauna was isolated from carbonate rocks by dissolving in 10 % acetic acid with the addition of a buffer solution. Clay rocks were soaked in water and washed through a 0.05–0.1 mm sieve. Some clayey and porous limestones were dissolved in glacial acetic acid for obtaining the ostracodes. We processed 95 samples of 0.2 to 5 kg in weight. The conodonts were photographed using a Tescan Vega 3 LMH scanning electron microscope.



Results and discussion

The territory of Southern Timan was the object of close study by geologists of various kinds. The stratotypes of many local units (formations) of the Middle and Upper Devonian are here. Most of the formations were established by N. N. Tikhonovich in 1930, A. I. Lyashenko in 1956, Z. V. Larionova in 1987, and others. The Givetian-Frasnian boundary interval comprises sequence of the Timan and Ust'-Yarega formations in the Ukhta Region. In the Ust'-Kulom Region, this interval is represented by the Yba Formation.

The Timan Formation was established by A. I. Lyashenko in 1956 in the volume of the variegated horizon of the Oil-bearing Formation identified by N. N. Tikhonovich. This formation is divided into two subformations. The stratotype of the Lower Timan Subformation is a section of 1-Balneological

Borehole (depth interval of 239.5–307 m). The section in the borehole is represented by sandy-clay rocks and tuffites, alternating above with variegated clays and siltstones with interlayers of marls and limestones. The stratotype of the Upper Timan Subformation is the Ukhta River section. This section mainly consists of three outcrops 18, 13, 14 (Fig. 2, C). The section consists of chocolate-brown and greenish-gray clays with layers of siltstones, sandstones and limestones. The boundary between the subformations is placed at top of a sandy limestone bed (Bed A) in the 1-Balneological Borehole (Fig. 3).

The Ust'-Yarega Formation was established by A. I. Lyashenko in 1956 to include the cuboid horizon of the Oil-bearing Formation identified by N. N. Tikhonovich. The stratotype is the Yarega River section (Outcrop 16). The lower part of the formation is represented by sandstones, siltstones, and clays with arenaceous limestone interbeds. The upper part of the Forma-

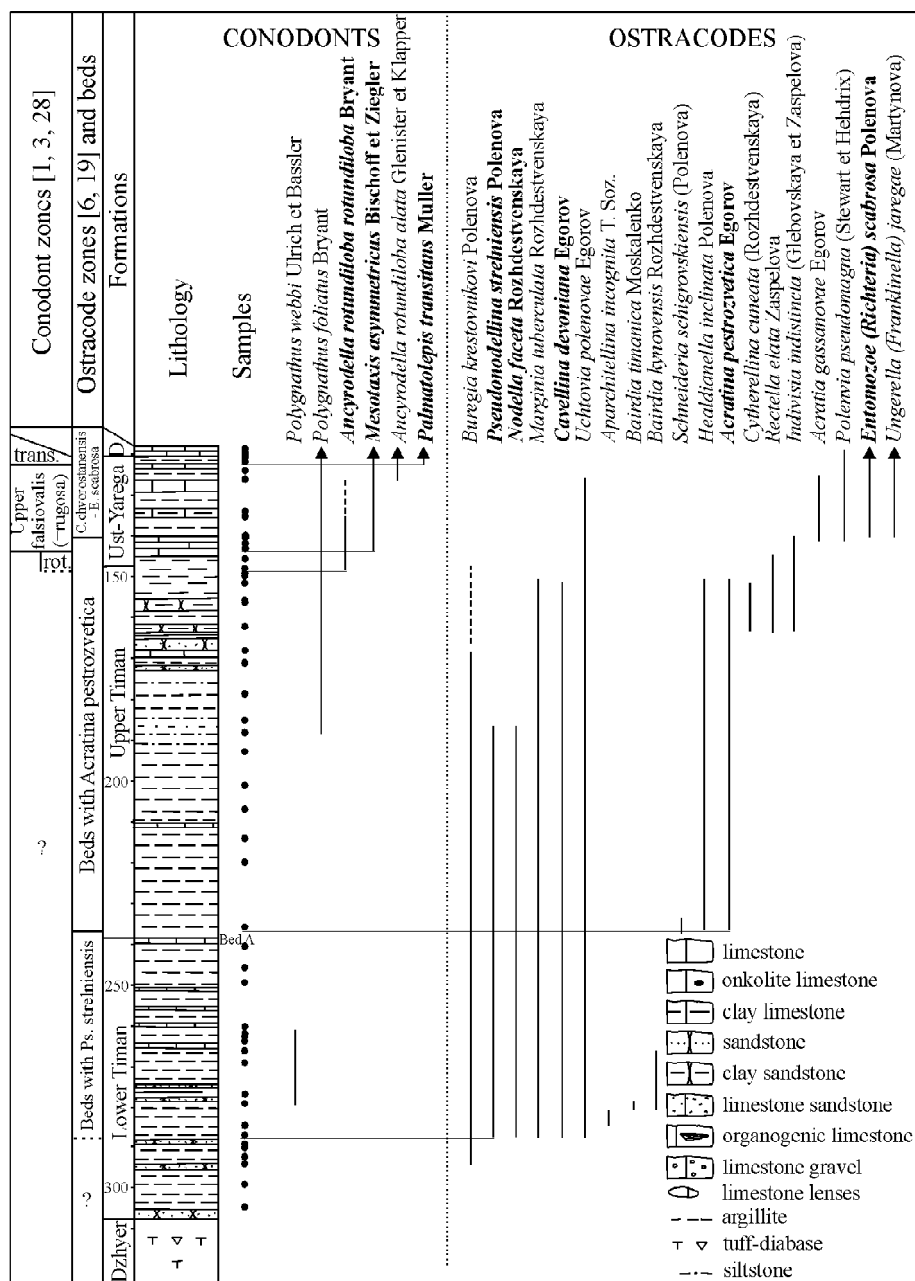


Fig. 3. Log of the 1-Balneological Borehole with conodont and ostracode distribution after [6, 13]

Рис. 3. Литостратиграфическая колонка разреза скв. 1-Бальнеологической с распределением конодонтов и остракод по данным [6, 13]

tion is represented by bluish-gray clays with beds of marl and clay limestone.

The boundary between the Timan and Ust'-Yarega formations is drawn in different ways by different researchers. A. I. Lyashenko [10] did not indicate the exact position of the boundary between the formations. He noted only the gradual nature of the transition and insufficient palaeontological information. Currently, there are two main options for interpreting the base of the Ust'-Yarega Formation in the Ukhta Region. Yu. A. Yudin and M. N. Moskalenko [13] draw it in the upper part of the Outcrop 14 on the Ukhta River (base of Bed 7) based on a change in the brachiopod associations. In some papers [9, 17–18], the boundary of the formations is accepted in the lower part of Outcrop 14 (base of Bed 2). A change in the fish assemblage is indicated here [9]. However, there are no convincing lithological criteria for placing the base of the Ust'-Yarega Formation here. This interpretation inevitably leads to errors in the correlation of the already adopted unified biostratigraphic subdivisions [19] with local stratigraphic units.

In our opinion, the boundary between the Timan and Ust'-Yarega formations should be drawn in the upper part of Outcrop 14 by the appearance of the first layer of pure mudstones,

without admixture of quartz material and mica (inside of Bed 7, Fig. 4). This bed fixes the first transgression maximum and is clearly recognizable in the field.

Above, there are two more clay layers separated by bioclastic detrital limestone, overlain by a 40 cm bed of bioclastic micritic limestone. Above, there are two more clay interbeds separated by bioclastic detrital limestone, overlain by a 40 cm bed of bioclastic detrital micritic limestone. This transgression seems to be a regional manifestation of the global Frasnian Event. A synchronous level of the onset of such a transgressive cycle is reported by S. V. Tikhomirov [24] as the Novospassky Horizon, allocated in the central regions of the East European Platform (P. 90, after [24]). In the lithological characteristic of these deposits, substantial reduction of coarse terrigenous material, or its absence, is particularly emphasized. Areas of paleo-uplifts are an exception, where the synchronous deposits lie over an erosional surface, and contain reworked material (Djejjimparma and Ochpharma uplifts).

The Givetian-Frasnian boundary interval in the Ust'-Kulom Region is represented by deposits of the Yba Formation. The stratotype is a section of a borehole located in the headwaters of the Yba River [16]. The Yba Formation is represented by

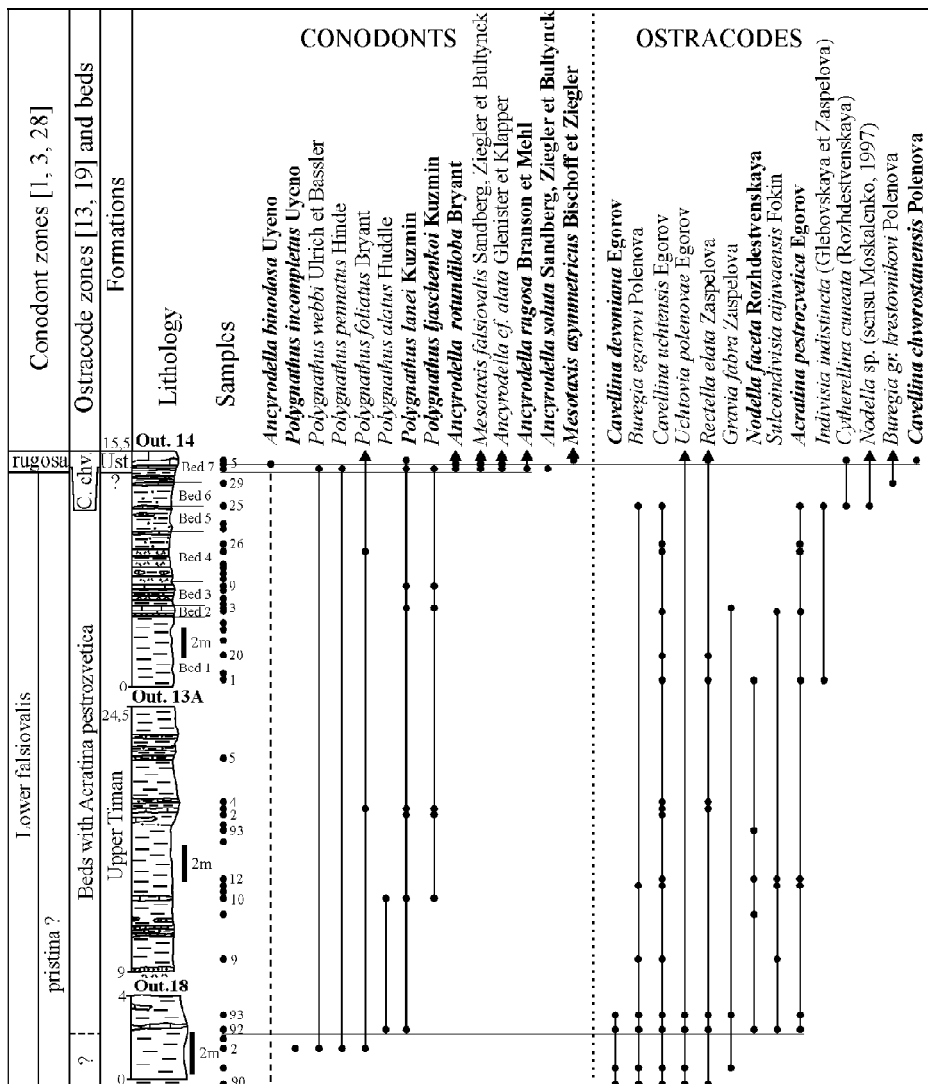


Fig. 4. Log of the Ukhta River section with conodont and ostracode distribution after [8–9, 13] (see Fig. 3 for legend)

Рис. 4. Литостратиграфическая колонка разреза р. Ухты с распределением конодонтов и остракод по данным [8–9, 13] (обозначения см. на рис. 3)



limestone and clay. Together with the underlying Izyayol' Formation, it composes the northern limbs of the Djejm and Asyvozh structures.

Biostratigraphy of the Givetian-Frasnian deposits

Biostratigraphic studies of the Devonian deposits of Southern Timan have a history of more than 50 years. The conodonts of the Upper Timan and Ust'-Yarega formations in the territory under consideration were studied by V. G. Khalymbadzha, Yu. V. Deulin, L. I. Melnikova, A. V. Kuzmin, L. I. Kononova, N. S. Ovnatanova, et al. The ostracodes were studied by G. P. Martynova, E. N. Polenova, V. G. Egorov, N. A. Fokin, M. N. Moskalenko, A. N. Orlov, etc. This paper [13] provides a biostratigraphic scheme of the Frasnian deposits of the Ukhta Region. A conodont zonation was developed by V. G. Khalymbadzha and A. V. Kuzmin. An ostracode zonation was proposed by M. N. Moskalenko. Later, a local conodont zonation was established based on a sequence of conodont associations (TP associations) using the sections of boreholes and outcrops of Southern Timan [17–18]. The local ostracode zonation of Southern Timan is traced in the Chernyshev Ridge sections [15], despite the significant differentiation of the shallow paleobasin during the Givetian-Frasnian time. In the Fig. 1 shows the distribution of the ostracodes that are widespread in the Givetian-Frasnian deposits of the Timan-North Urals Region according to our data and data from literature.

We analyze the distribution of conodonts and ostracodes in the sections of the Timan, Ust'-Yarega and Yba formations of Southern Timan. The standard [28] and new [3] conodont zonations, the Tafilalt (Southern Morocco) conodont zonation [1], and the TPP ostracode zonation [6, 12, 15, 19] were used as a biostratigraphic framework.

1-Balneological Borehole (Fig. 3). Here, the Lower Timan Subformation (depth of 307–239.5 m), the Upper Timan Subformation (depth of 239.5–147.5 m) and the Ust'-Yarega Formation (depth of 147.5–121 m) stand out [12].

We analyzed the conodont and ostracode associations in unpublished geological report [6], and in some publications [13]. The unpublished materials show the distribution of conodonts and ostracodes and their correlation with ostracode zonation TPP and regional stratigraphic subdivisions (horizons). Conodont zones are not recognized. The conodonts were identified by V. G. Khalymbadzha. The ostracodes were identified by N. A. Fokin and M. N. Moskalenko. The distribution of zonal and characteristic conodonts and ostracodes is shown in Fig. 3.

Conodonts. The Lower Timan Subformation is characterized by a conodont association with the following taxonomic composition: *Icriodus nodosus* Branson et Mehl, *Polygnathus normalis* Mehl et Youngquist, *Polygnathus decorosus* Stauffer, *Polygnathus webbi* Stauffer, *Polygnathus varcus* Stauffer, *Polygnathus* cf. *brevilaminus* Branson et Mehl [6, 13]. The species *Polygnathus varcus* characterizes the Givetian varcus — hermanicristatus conodont zones. In the section of 1-Balneological Borehole it continues up to the base of the Domanik Formation, which causes great doubts. In the Upper Timan Subformation, in addition to the above-mentioned species, the appearance of *Polygnathus foliatus* Bryant is recorded, which is also traced higher in the deposits of the Frasnian stage. It should be noted that the conodont association presented is of an unremarkable composition and is widely distributed in the Upper Givetian and Lower Frasnian deposits. A more substantial renewal of conodonts is noted almost from the base of the Ust'-

Yarega Formation. First, *Ancyrodella rotundiloba rotundiloba* Bryant, probably characterizing the *Ancyrodella rotundiloba* conodont Zone [3], then *Mesotaxis asymmetricus* Bischoff et Ziegler, *Klapperina ovalis* Ziegler et Klapper and *Icriodus symmetricus* Branson et Mehl appear. A conodont association with the index-species *Mesotaxis asymmetricus* characterizes the upper subzone of the *Mesotaxis falsovalis* conodont Zone of the Frasnian [28]. This part of the zone is equivalent to the *Ancyrodella rugosa* Zone [3]. *Ancyrodella rotundiloba alata* Glenister et Klapper appears at the top of the formation. *Palmatolepis transitans* Muller noted above, characterizing the *transitans* conodont Zone of the Lower Frasnian.

Ostracodes. The Lower Timan Subformation in the 1-Balneological Borehole contains an ostracode association of the following taxonomic composition: *Pseudonodellina strelniensis* Polenova, *Cavellina devoniana* Egorov, *Nodella faceta* Rozhdestvenskaya, *Buregia krestovnikovi* Polenova, *Uchtovia polenovae* Egorov, *Bairdia kynovensensis* Rozhdestvenskaya et al [6, 13]. Since the index-species *Ornatella multiplex* Rozhdestvenskaya is absent here, we have identified the Beds with *Pseudonodellina strelniensis*, conventionally compared with the *Ornatella multiplex* ostracode Zone.

In the regional stratigraphic scheme [19], the Upper Timan Subformation corresponds to the *Cavellina devoniana* ostracode Zone. However, the index-species of this zone appears much earlier and is included in the association characterizing of the underlying *Ornatella multiplex* ostracode Zone. Therefore, in our opinion, one should choose a zonal species of wide geographic distribution, which would appear at this stratigraphic level. As a zonal species, we propose the most common *Acratina pestrozvetica* Egorov and recognize the Beds with *Acratina pestrozvetica* by its first appearance. The Beds with *Acratina pestrozvetica* contain, in addition to the taxa *Cytherellina cuneate* (Rozhdestvenskaya), *Healdianella inclinata* Polenova, *Schneideria schigrovskiensis* (Polenova), and *Rectella elata* Zaspelova. Almost from the base of the Ust'-Yarega Formation there is a significant changes of the ostracode association. *Acratia gassanovae* Egorov, *Entomozoe* (R.) *scabrosa* Polenova, *Ungerella* (F.) *jaregae* (Martynova) and others appear here. The ostracode association with the index-species *Entomozoe* (R.) *scabrosa* characterizes the *Cavellina chvorostanensis* - *Entomozoe* (R.) *scabrosa* ostracode Zone [13, 19].

Ukhta River section (Fig. 4). Here, the Upper Timan Subformation (outcrops 18, 13, 14) and the Ust'-Yarega Formation (upper part of outcrops 14 and 16) stand out [12–13]. The boundary between the formations was adopted by the authors in the upper part of Outcrop 14 by the appearance of the first layer of pure mudstones (inside of Bed 7, Fig. 4), fixing a transgression maximum.

The biostratigraphy of this section based on conodonts is covered in a number of publications [8–9, 12–13, 17–18, etc.]. We analyzed the conodont and ostracode associations given in [8–9, 13]. The definitions of conodonts made by L. I. Melnikova, A. V. Kuzmin and V. G. Khalymbadzha are given in [13]. The definitions of ostracodes were made M. N. Moskalenko. The distribution of zonal and characteristic conodonts and ostracodes is shown in Fig. 4.

Conodonts. The Upper Timan Subformation (Outcrop 18) is characterized by a conodont association of the following taxonomic composition: *Polygnathus normalis*, *Polygnathus decorosus*, *Polygnathus incompletes* Uyeno, *Polygnathus brevilaminus*, *Polygnathus pennatus* Hinde, *Polygnathus foliatus*, *Icriodus expansus* Branson et Mehl (definitions of L. I. Melnikova). A

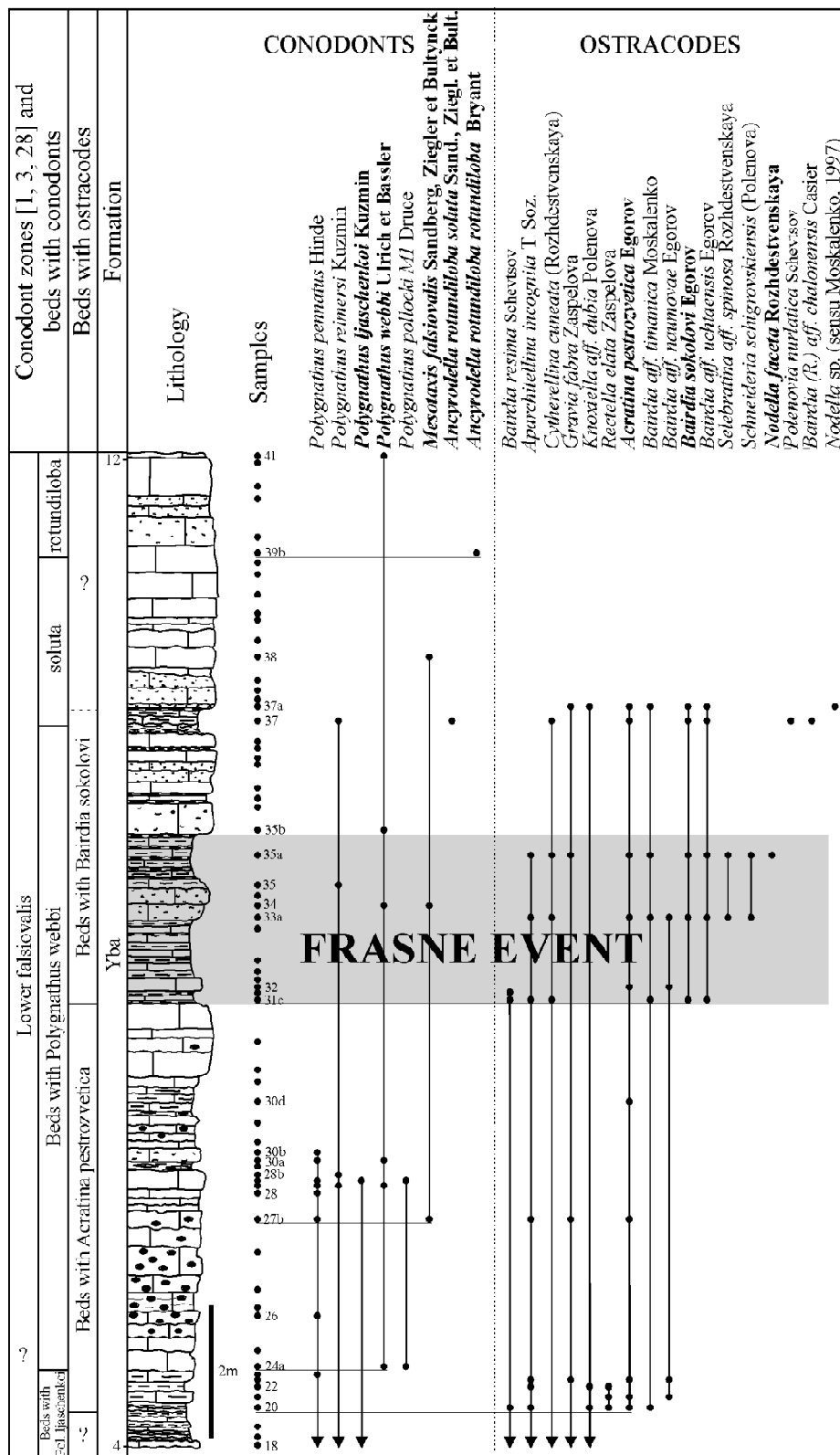


Fig. 5. Detailed log of the Shera Creek section with conodont and ostracode distribution at the level of the supposed transgressive Frasnian Event (see Fig. 3 for legend)

Рис. 5. Детальная литостратиграфическая колонка разреза руч. Шера с распределением конодонтов и остракод на уровне предполагаемого трансгрессивного события Frasnian (обозначения см. на рис. 3)



somewhat different complex was determined by A. V. Kuzmin [9]. He established an association of the following taxonomic composition: *Icriodus expansus*, *Polygnathus alatus* Huddle, *Polygnathus pennatus*, *Polygnathus webbi*, *Polygnathus lanei* Kuzmin. According to A. V. Kuzmin, the appearance of the species *Polygnathus lanei* fixes the Givetian-Frasnian boundary within the Timan Formation. The paper [9] also gives the corrected results of the definitions of L. I. Melnikova, where *Polygnathus brevilaminus* (= *Polygnathus lanei*), *Polygnathus normalis* (= *Polygnathus webbi*).

V. G. Khalymbadza [8] established in Outcrop 18 a conodont association of the following taxonomic composition: *Ancyrodella binodosa* Uyeno, *Icriodus expansus*, *Icriodus nodosus*, *Polygnathus brevilaminus*, *Polygnathus varcus*, *Polygnathus foliatus*. Unfortunately, in the paper [8] summarized lists of conodont associations are indicated, which makes biostratigraphic reconstructions difficult. Also important is the lower limit of distribution of *Ancyrodella binodosa*. Most of these species in Outcrop 18 are of undistinctive composition and of wide stratigraphic distribution. However, the conodonts *Ancyrodella binodosa*, *Polygnathus lanei* and *Polygnathus incompletus* established by L. I. Melnikova, A. V. Kuzmin and V. G. Khalymbadza suggest Frasnian age of these deposits. These species are additional markers of the lower boundary of the Frasnian stage of the Upper Devonian [1] and characterize the lower subzone of the Mesotaxis falsiovalis conodont Zone [28]. This lower subzone is equivalent to the Moroccan *Ancyrodella rotundiloba* pristina Zone [1, 3]. An index-species for the lower boundary of the Frasnian stage — *Ancyrodella rotundiloba pristina* in the Ukhta River section has not established.

The Upper Timan Subformation in outcrops 18 and 14 is characterized by a conodont association of similar taxonomic composition. The difference is in the appearance of the species *Polygnathus posterus* Kuzmin and *Polygnathus ljaschenkoi* Kuzmin, which are widely distributed in the Lower Frasnian of the Upper Devonian. The interval of the Upper Timan Subformation considered above characterizes the local *Ancyrodella binodosa* Zone [8, 13].

A more significant renewal of conodonts is noted in the upper part of the Outcrop 14 almost from the base of the Ust'-Yarega Formation. A. V. Kuzmin [9, 13] established a conodont association of the following taxonomic composition: *Ancyrodella rotundiloba*, *Ancyrodella alata*, *Ancyrodella rugosa* Branson et Mehl, *Ancyrodella mouraviffi* Garcia-Lopez, *Ancyrodella soluta* Sandberg, Ziegler et Bultynck, *Ancyrodella binodosa*, *Mesotaxis falsiovalis* Sandberg, Ziegler et Bultynck, *Mesotaxis asymmetricus*, *Polygnathus posterus*, *Polygnathus ljaschenkoi*, *Polygnathus pennatus*, *Polygnathus webbi*, *Polygnathus lanei*, *Polygnathus spatulatus* Youngquist et al. Of these, the conodonts *Ancyrodella rugosa* and *Mesotaxis asymmetricus* are index-species of the upper subzone of the Mesotaxis falsiovalis conodont Zone [28] and *Ancyrodella rugosa* conodont Zone [3] of the Frasnian stage. It is necessary to note the absence of the *Ancyrodella rotundiloba soluta* and *Ancyrodella rotundiloba rotundiloba* conodont zones, which form the basis of the conodont zonation just above the boundary of the Givetian and Frasnian stages [3]. Apparently, part of the Upper Timan deposits was eroded in the Early Frasnian time. This is indirectly indicated by the presence of poorly rounded fragments (gravel) of quartz sandstones with carbonate cement in the upper part of the Upper Timan Subformation (Fig. 4).

The main part of the Ust'-Yarega Formation is presented in Outcrop 16. In addition to the above conodont species, *Mesotaxis bogoslovskyi* Ovatanova et Kuzmin and *Palmatolepis transitans*

appear. The interval of the Ust'-Yarega Formation according to [8, 13] characterizes the local *Ancyrodella rotundiloba* Zone.

Ostracodes. The Upper Timan Subformation in the Ukhta River section contains an ostracode association widespread in the underlying deposits: *Cavellina devoniana*, *Nodella faceta*, *Buregia krestovnikovi*, *Uchtovia polenovae*. The appearance of the species *Cavellina uchensis* Egorov, *Rectella elata*, *Gravia fabra* Zaspelova, *Acratina pestrozvetica* is noted in the Outcrop 18. The Upper Timan Subformation is characterized by an ostracode association of similar taxonomic composition in outcrops 13 and 14.

Here we have identified Beds with *Acratina pestrozvetica*. Significant but gradual changes of the ostracode association are observed in the upper part of the Upper Timan Subformation (Outcrop 14, down 3.5 m from the top of Bed 7 after [13]). *Cytherellina cunaeta* and *Nodella* sp. (sensu Moskalenko, 1997) appear here. Similar ostracodes *Nodella* sp. with a characteristic posterior-abdominal spike were also noted by I. O. Evdokimova in the Ust'-Yarega Formation of Middle Timan [5].

Almost from the base of the Ust'-Yarega Formation, the renewal of the ostracode association continues. First, *Cavellina chvorostanensis* Polenova appear, then *Entomozoe* (R.) *scabrosa* and *Ungerella* (F.) *jaregae* appear, characterizing of the *Cavellina chvorostanensis* - *Entomozoe* (R.) *scabrosa* ostracode Zone [13, 19]. The last species are widely represented in Outcrop 16 of the Ust'-Yarega Formation.

Shera Creek section (Fig. 5). The Yba Formation stands out here [16]. Previously, the authors made a preliminary biostratigraphic subdivision of the Shera Creek section [21]. However, additional material has now appeared, clarifying the zonation of this section. The distribution of zonal and characteristic conodonts and ostracodes is shown in Figs. 5 and 6.

Conodonts. In the lower part of the section (samples 1a—24) we have established a conodont association of the following taxonomic composition: *Polygnathus pennatus*, *Polygnathus reimersi* Kuzmin, *Polygnathus ljaschenkoi*, *Mehlina gradata* Youngquist, *Polygnathus* aff. *foliatus*. Most species have a wide stratigraphic range. The conodont association of with *Polygnathus ljaschenkoi* compares well with the complex of Beds with *Polygnathus pollocki* — *Polygnathus ljaschenkoi*, identified in the Kosyu River section on the western slope of the Subpolar Urals [22]. The joint appearance of the conodonts *Polygnathus pollocki* M1 Druce and *Polygnathus ljaschenkoi* is noted significantly below the first appearance of *Ancyrodella soluta* [22]. The *Polygnathus pollocki* is also defined in the section of the Yba Formation, but above the first appearance of *Polygnathus ljaschenkoi*. Since the identification of conodont zones [1, 3, 28] is not possible in the Yba Formation, we have identified Beds with *Polygnathus ljaschenkoi*.

In the middle part of the section (samples 24a—36c), the following conodont association is established: *Mesotaxis falsiovalis*, *Mesotaxis falsiovalis* —> *Mesotaxis asymmetricus*, *Polygnathus webbi*, *Polygnathus pollocki* M1, *Polygnathus pennatus*, *Polygnathus reimersi*, *Polygnathus decorosus*, *Polygnathus ljaschenkoi*, *Polygnathus dengleri dengleri* Bischoff et Ziegler, *Polygnathus* cf. *alatus*, *Polygnathus dubius* Hinde, *Klapperina ovalis* et al. Most of the species are widespread in the Upper Givetian and Lower Frasnian deposits. *Mesotaxis falsiovalis* is an index-species of the lower subzone of the Mesotaxis falsiovalis conodont Zone [28]. Its appearance is recorded in sample 27b. This part of subzone is equivalent to the *Skeletognathus norrisi* conodont Zone characterizing the upper part of the Givetian stage [3]. However, the species *Mesotaxis falsiovalis* can be traced and higher in the de-

ZONAL AND CHARACTERISTIC CONODONTS OF THE SHERA CREEK SECTION

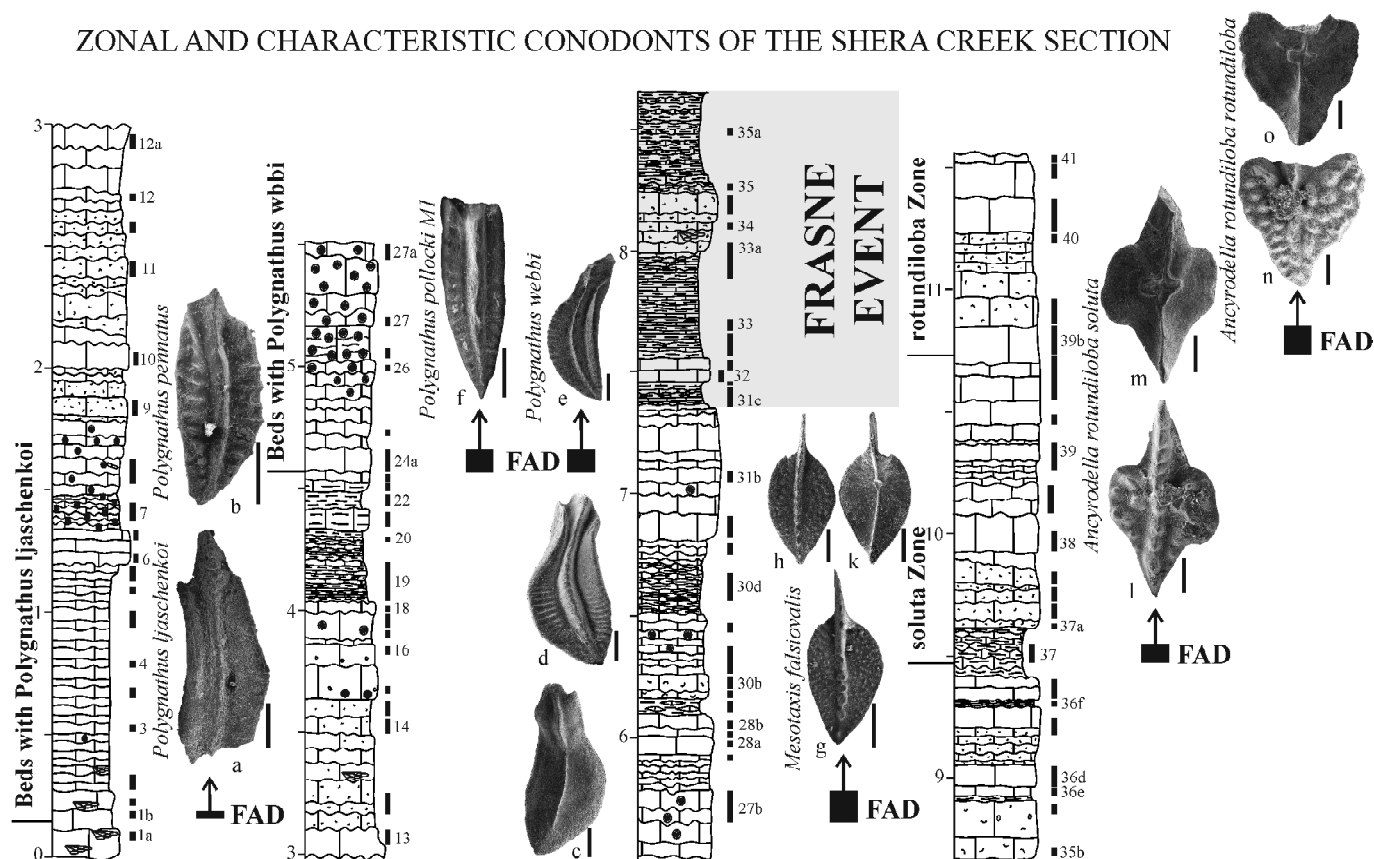


Fig. 6. Detailed log of the Shera Creek section with zonal and characteristic conodonts (see Fig. 3 for legend). a — *Polygnathus pennatus* Hinde, upper view of 492/17-1, sample 1b; b — *Polygnathus liaschenkoi* Kuzmin, upper view of 492/17-4, sample 1b; c, d — *Polygnathus webbi* Stauffer, lower and upper view of 492/18-3, sample 41; e — *Polygnathus webbi* Stauffer, upper view of 492/17-9, sample 24a; f — *Polygnathus pollocki* M1 Druce, upper view of 492/17-38, sample 24a; g — *Mesotaxis falsiovalis* Sandberg, Ziegler et Bultynck, upper view of 492/17-12, sample 27b; h, k — *Mesotaxis falsiovalis* Sandberg, Ziegler et Bultynck, upper and lower view of 492/18-2, sample 38; l, m — *Ancyrodella rotundiloba soluta* Sandberg, Ziegler et Bultynck, upper and lower view of 492/18-4, sample 37; n, o — *Ancyrodella rotundiloba rotundiloba* Bryant, upper and lower view of 492/18-1, sample 39b. Scale bar is 200 μ m

Рис. 6. Детальная литостратиграфическая колонка разреза руч. Шера с зональными и характерными конодонтами (обозначения см. на рис. 3). FAD — уровень первого появления. а — *Polygnathus pennatus* Hinde, вид сверху, № 492/17-1, обр. 1b; б — *Polygnathus liaschenkoi* Kuzmin, вид сверху, № 492/17-4, обр. 1b; в, г — *Polygnathus webbi* Stauffer, вид снизу и сверху, № 492/18-3, обр. 41; е — *Polygnathus webbi* Stauffer, вид сверху, № 492/17-9, обр. 24а; ф — *Polygnathus pollocki* M1 Druce, вид сверху, № 492/17-38, обр. 24а; г — *Mesotaxis falsiovalis* Sandberg, Ziegler et Bultynck, вид сверху, № 492/17-12, обр. 27б; з, и — *Mesotaxis falsiovalis* Sandberg, Ziegler et Bultynck, вид сверху и снизу, № 492/18-2, обр. 38; л, м — *Ancyrodella rotundiloba soluta* Sandberg, Ziegler et Bultynck, вид сверху и снизу, № 492/18-4, обр. 37; н, о — *Ancyrodella rotundiloba rotundiloba* Bryant, вид сверху и снизу, № 492/18-1, обр. 39б. Масштабная линейка 200 мкм

posits of the Frasnian stage, therefore it is more useful to distinguish the Beds with *Polygnathus webbi*. The conodonts *Polygnathus webbi* are the most abundant in this interval.

The overlying interval of the Yba Formation (samples 37—41) characterizes the *Ancyrodella rotundiloba soluta* and *Ancyrodella rotundiloba rotundiloba* zones of the Frasnian stage [3]. Here is established a conodont association of the following taxonomic composition: *Mesotaxis falsiovalis*, *Ancyrodella rotundiloba soluta*, *Ancyrodella rotundiloba rotundiloba*, *Polygnathus webbi*, *Polygnathus* cf. *reimersi*. The first *Ancyrodella rotundiloba soluta* appears in sample 37, and then *Ancyrodella rotundiloba rotundiloba* appears in sample 39b. Such a sequence reflects their appearance in the new scheme of the conodont zonation [1, 3]. The first appearance of the conodonts *Ancyrodella rotundiloba soluta* established by the authors in the sections of the western slope of the Subpolar Urals (Kozhym River and Kosyu River sections) in the interval of the upper subformation of the Kedzydshor Formation [22—23].

Future research will focus on detailed biostratigraphic study of the sections, especially below the level of the first appearance of the conodonts *Ancyrodella rotundiloba soluta*.

Ostracodes. In the lower part of the section (sample 7) we have established an ostracode association with the following taxonomic composition: *Bairdia resima* Schevtsov, *Gravia fabra*, *Cytherellina cuneata*, *Aparchitellina incognita* T. Soz. and *Bairdia timanica* Moskalenko. The last two species appear in Early Timan time. Ostracodes *Gravia fabra* and *Cytherellina cuneata* are predominantly distributed in Upper Timan Subformation. So, this interval of the Yba Formation we compare with the Upper Timan Subformation. At the same time, we do not exclude its comparison with the deposits of the Lower Timan Subformation.

In the overlying interval of the Yba Formation (samples 20—31b), a significant renewal of the ostracode association is observed. *Acrotina pestrozyetika*, *Rectella elata*, *Bairdia* aff. *nau-movae* Egorov and many other species appear. Based on the first



appearance of *Acratina pestrozhvetica*, we have established ostracode beds that correspond to the Cavellina devoniana ostracode Zone. The Beds with *Acratina pestrozhvetica* are widespread and provide a reliable correlation of the sections of the Timan-North Urals Region.

In the middle part of the section (samples 31c–37a), the following significant renewal occurs in the ostracode associations. *Bairdia sokolovi* Egorov, *Bairdia* aff. *uchtaensis* Egorov, *Polenovia nurlatica* Schevtsov, *Bairdia* (*Rectobairdia*) aff. *chalonensis* Casier, *Nodella* sp. (sensu Moskalenko, 1997), *Nodella faceta* and *Schneideria schigrovskiensis* appears. All of these species, except for the last two, are characteristic of the Denisov Beds of the northeast of the East European Platform and the Ust'-Yarega Formation of Southern Timan. At this interval, we identified Beds with *Bairdia sokolovi*, which probably correspond to the beginning of changes in the ostracode association before the appearance of the Cavellina chvorostanensis - Entomozoe (R.) scabrosa ostracode Zone.

Conclusions

According to the conodont zonation, the boundary between the Givetian and Frasnian stages is drawn inside the lower subzone of the Mesotaxis falsiovalis conodont Zone by the appearance of *Ancyrodella rotundiloba pristina*. The index-species of the lower boundary of the Frasnian stage is not established in the Southern Timan. Additional markers of the boundary are conodonts *Ancyrodella binodosa*, *Polygnathus lanei* and *Polygnathus incompletus*, which are found in the Upper Timan Subformation of the Southern Timan sequences. However, the lower limit of their distribution in the Timan Formation is currently unknown.

The significant changes in conodont and ostracode associations are observed almost from the base of the Ust'-Yarega Formation and are associated with a gradual increase in the depth of the sea basin. Conodonts *Ancyrodella rugosa* and *Mesotaxis asymmetricus* appear on this level, which characterize the *Ancyrodella rugosa* conodont Zone. The ostracodes of the Ust'-Yarega Formation are represented by the assemblage of the Cavellina chvorostanensis — Entomozoe (R.) scabrosa Zone.

The significant changes in the ostracode associations of the Yba Formation make it possible to compare its middle part with the Upper Timan Subformation. The ostracode Beds with *Acratina pestrozhvetica* identified at this level correspond to the Cavellina devoniana ostracode Zone and provide a reliable correlation of the sections of the Timan-North Ural Region. Changes in the conodont associations of the Yba Formation reflect an important sequence of appearance of the index-species *Mesotaxis falsiovalis*, *Ancyrodella rotundiloba soluta*, *Ancyrodella rotundiloba rotundiloba*. Based on conodonts, the *Ancyrodella rotundiloba soluta* and *Ancyrodella rotundiloba rotundiloba* section intervals can be correlated with the *Ancyrodella rotundiloba soluta* and *Ancyrodella rotundiloba rotundiloba* zones established in the Tafilalt section and in the new scheme of the conodont zonation. The *Ancyrodella rotundiloba soluta* conodont Zone is well traced in the sections of the Yba and Kedzyschor formations. This level is certainly more reliable with respect to the validity of conodonts, although it characterizes the position of the old boundary in the Conodont Scale. The established conodont and ostracode sequence, as well as the expression of the global Frasnian Event in the Yba Formation, are essential for resolving the issue of the lower boundary of the Frasnian stage of the Upper Devonian in the East European Platform.

Acknowledgements

The authors are appreciated to A. V. Zhuravlev and L. I. Kononova for assistance in determining the conodonts of the Yba Formation and to S. V. Nikolaeva for assistance in writing the English text of the article. Also the authors would like to thank the referees for constructive remarks that substantially improved this article.

References

1. Aboussalam Z. S., Becker T. New upper Givetian to basal Frasnian conodont faunas from the Tafilalt (Anti-Atlas, Southern Morocco). *Geological Quarterly*, 2007, V. 51, No. 4, pp. 345–374.
2. Avkhimovich V. I., Tchibrikova E. V., Obukhovskaya T. G., Nazarenko A. M., Umnova V. T., Raskatova L. G., Manturova V. N., Loboziak S., Streel M. Middle and Upper Devonian miospore zonation of Eastern Europe. *Bull. Centres Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine. Boussens*, 1993, pp. 79–147.
3. Becker R. T., Königshof P., Brett C. E. Devonian climate, sea level and evolutionary events—an introduction. Becker R. T., Königshof P., Brett C. E. (Eds.). *Devonian climate, sea-level and evolutionary events*. Geological Society London, Special Publication 423, 2016, pp. 1–10.
4. Dedeyev V. A., Yudin V. V., Bogatskiy V. I., Shardanov A. N. *Tektonika Timano-Pechorskoy neftegazonosnoy provintsii (obyasnitel'naya zapiska k "Strukturno-tektonicheskoy karte Timano-Pechorskoy neftegazonosnoy provintsii", masshtaba 1:1000000)* (Tectonics of the Timan-Pechora oil and gas province (explanatory note to the "Structural-tectonic map of the Timan-Pechora oil and gas province", scale 1: 1,000,000). Komi Science Center UB RAS, 1989, 27 p.
5. Evdokimova I. O. New data on the Frasnian ostracods from the Middle Timan Region, Russia: taxonomy, biostratigraphy, palaeoecology. *STRATA, série 1: Communications*, 2015 (IGCP 596-SDS Symposium, Abstracts), V. 16, pp. 48–49.
6. Fokin N. A. *Otchet po teme «Stratigrafiya raznofazial'nykh otlozheniy franskogo yarusa Yuzhnogo i Severnogo Timana po ostrakodam i konodontam»* (Inv. № 9678, Gos. Reg. № 24-79-15/81) (Report on the topic "Stratigraphy of multifacial deposits of the French layer of the Southern and Northern Timan along ostracods and conodonts" (Inv. No. 9678, State Reg. No. 24-79-15 / 81). Ukhta: Komi ASSR, 1981.
7. Fortunatova N. K., Zaytseva Ye. L., Kartseva O. A. *Stroitelnyy devonskiy kompleks i polozheniye granitsy srednego i verkhnego devona na zapade Tatarstana* (The structure of the Devonian terrigenous complex and the boundary position of the Middle and Upper Devonian in the west of Tatarstan). *Bulletin of Moscow Nature Researchers. Geol.* 2013, V.88, 2, pp. 22–49.
8. Khalymbadzha V. G. *Kondonty verkhnego devona vostochno Russkoy platformy, Yuzhnogo Timana i ikh stratigraficheskoye znachenie* (Conodonts of the Upper Devonian of the east of the Russian Platform, South Timan, the Polar Urals and their stratigraphic significance). Kazan: Kazan University, 1981, 212 p.
9. Kuzmin A. V. *Nizhnaya granitsa franskogo yarusa na Russkoy platforme* (The lower boundary of Frasnian on the Russian platform). *Stratigraphy. Geol. Correlation*, 1995, V. 3, No. 3, pp. 111–120.
10. Lyashenko A. I. *Biostratigrafiya devonskikh otlozheniy Yuzhnogo Timana* (Biostratigraphy of the Devonian sediments of South Timan). *Voprosy stratigrafii, paleontol. i litol. paleozoya i mezozoya rayonov yevrop. chasti SSSR* (Stratigraphy, paleontology and lithology of Paleozoic and Mesozoic of European part of the USSR), 1956, 7, pp. 4–31.



11. Mel'nikova L. I., Yudina Yu. A., Moskalenko M. N., Popova Ye. V. *Novyye dannyye po timanskomu gorizontu (D3f1) Timano-Pechorskogo subregiona. Geologiya i mineralnyye resursy yevropeyskogo severo-vostoka Rossii* (New data on the Timan horizon (D3f1) of the Timan-Pechora subregion Geology and Mineral Resources of the European North-East of Russia). Proceedings. Syktyvkar: Geoprint, 2004, V. 3, pp. 265–268.
12. *Opornyye razrezy franskogo yarusa Yuzhnogo Timana (metodicheskiye rekomendatsii po provedeniyu krupnomasshtabnykh geologosyemochnykh rabot v Ukhtinskom rayone Komi ASSR)* (Reference sections of Frasnian South Timan (guidelines for large-scale geological surveys in the Ukhta region of the Komi ASSR). Yudina Yu. A., Moskalenko M. N. Ukhta: TPO VNI-GRI, 1988, 52 p.
13. *Opornyye razrezy franskogo yarusa Yuzhnogo Timana. Putevoditel polevoy ekskursii* (Reference sections of Frasnian stage of South Timan. Field excursion guide). Yudina Yu. A., Moskalenko M. N. St. Petersburg, 1997, 80 p.
14. Orlov A. N. *Biostratigrafiya verkhnego devona Timano-Pechorskoy provintsii po ostrakodam* (Biostratigraphy of the Upper Devonian of the Timan-Pechora province by ostracods). Ext. abstract of Cand Sci. dissertation. St. Petersburg, 1993, 16 p.
15. Orlov A. N., Fokin N. A. *Biostratigraficheskaya zonalnost po ostrakodam franskih otlozheniy Timano-Pechorskoy provintsii* (Biostratigraphic zoning of Frasnian of the Timan-Pechora province by ostracods). *Sovetskaya geologiya*, 1991, No. 5, pp. 25–30.
16. *Otchet «Gruppovaya geologicheskaya syemka m-ba 1:50000 na territorii listov R-40-73-V, G; R-40-74-V; R-40-85-B; R-40-86-A» po rabotam Dzhezhimparminskoy GSP v 1986–1991 gg.* (The report “Group geological survey of scale 1: 50,000 in the territory of sheets R-40-73-V, G; P-40-74-B; P-40-85-B; P-40-86-A” on the work of the Dzhezhimparminskaya GSP in 1986–1991). Tereshko V. V., Kirillin S. I. et al. Syktyvkar, 1991.
17. Ovnatanova N. S., Kononova L. I. Frasnian Conodonts from the Eastern Russian. *Paleontological Journal*, 2008, 42(10), pp. 997–1166.
18. Ovnatanova N. S., Kuzmin A. V., Menner V. V. The Succession of Frasnian Conodont Assemblages in the Type Sections of the Southern Timan-Pechora Province (Russia). *Boll. Soc. Paleontologica Italia. Modena*, 1999, V. 37, No. 2/3, pp. 349–360.
19. *Resheniye Mezhdedomstvennogo regionalnogo stratigraficheskogo soveshchaniya po srednemu i verkhnemu paleozoyu Russkoy platformy s regionalnymi stratigraficheskimi skhemami. Devonskaya sistema* (The decision of the Interdepartmental regional stratigraphic meeting on the Middle and Upper Paleozoic Russian platform with regional stratigraphic schemes. Devonian system). Eds. Rzhonsnitskaya M. A., Kulikova V. F., Leningrad: VSEGEI, 1990, 60 p.
20. Sandberg C. A., Ziegler W., Bultynck P. New Standard Conodont Zones and Early *Ancyrodella* Phylogeny across Middle-Upper Devonian Boundary. *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*. 1989, No. 110, pp. 195–230.
21. Soboleva M. A., Sobolev D. B. *Pervyye dannyye po konodontam ybskoy svity po ruch. Shera (vozvyshennost Dzhezhiparma)* (The first data on the conodonts of the Yb Formation, Shera stream (Jedzhimparma uplift)). *Struktura, veshchestvo, istoriya litosfery Timano-Severouralskogo segmenta* (Structure, substance, history of the lithosphere of the Timan-Northern Ural segment). Proceedings. Syktyvkar, 2017, pp. 289–293.
22. Soboleva M. A., Sobolev D. B., Matveeva N. A. Lithology and biostratigraphy of the Frasnian and border section on the Kosyu River (Subpolar Urals). *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, 2018, 13 (4). available at: <http://www.ngtp.ru/upload/iblock/6db/43%202018.pdf>
23. 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
24. Tikhomirov S. V. *Etapy osadkonakopleniya devona Russkoy platformy i obshchiye voprosy razvitiya i stroyeniya stratigrafii* (Stages of sedimentation of the Devonian of the Russian platform and general issues of development and structure of the stratosphere). Moscow: Nedra, 1995, 445 p.
25. Tsyganko, V. S. *Devon Timanskoy gryady: osnovnyye cherty stroitel'nogo i resursnogo potentsiala* (Devonian rocks of the Timan ridge: the main features of the structure and resource potential). *Problemy geologii i mineralogii* (Problems of geology and mineralogy). Syktyvkar: Geoprint, 2006, pp. 365–384.
26. 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.
27. Ziegler W., Klapper G. Stages of the Devonian system. *Episodes*, 1985, V. 8, No. 2, pp. 104–109.
28. Ziegler W., Sandberg C. The Late Devonian Standard Conodont Zonation. *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, 1990, No. 121, 115 p.



United Kingdom – Russia scientific workshop «What does the Devonian of the Arctic tell us about the Earth System?»



УДК: 552/576:547.992.3

DOI: 10.19110/2221-1381-2019-10-39-42

PHYSICAL AND CHEMICAL STUDIES OF THE ORGANIC MATTER OF UPPER DEVONIAN BROWN COALS

L. S. Kocheva¹, A.P. Karmanov², S.M. Snigirevsky^{3, 4}¹ Institute of Geology, Komi SC UB RAS, Syktyvkar; lskocheva@geo.komisc.ru² Institute of Biology, Komi SC UB RAS, Syktyvkar; apk0948@yandex.ru³ St. Petersburg State University, St. Petersburg; s.snigirevsky@spbu.ru⁴ Komarov Botanical Institute, St. Petersburg; s.snig@mail.ru

We presented results of comparative physical and chemical studies of the organic matter of Devonian brown coals and rocks with carbonized plant residues from Northern Timan. We used IR Fourier spectroscopy of diffuse reflection, ESR spectroscopy, quantitative chemical analysis, pyrolytic gas chromatography-mass spectrometry.

Keywords: brown coal, carbonized plant residues, Devonian, Northern Timan, physical-chemical research methods.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ВЕРХНЕДЕВОНСКИХ БУРЫХ УГЛЕЙ

Л. С. Кочева¹, А. П. Карманов², С. М. Снигиревский^{3, 4}¹Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар²Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург⁴Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

Приводятся результаты сравнительных физико-химических исследований органического вещества девонских бурых углей и пород с углефицированными растительными остатками Северного Тимана. Использованы методы: ИК-Фурье-спектроскопия диффузного отражения, ЭПР-спектроскопия, количественный химический анализ, пиролитическая газовая хромато-масс-спектрометрия.

Ключевые слова: бурый уголь, углефицированные растительные остатки, девон, Северный Тиман, физико-химические методы исследования.

Devonian brown coals of Northern Timan are traditionally considered unsuitable for development and industrial use because of their low quality, low power and low calorific value. However, recent finds of remains of primitive quadruped animals, including Devonian tetrapods [1, 6], in Famennian deposits on the Volonga River attracted a new scientific interest in Devonian coal deposits.

A distinctive feature of Devonian brown coals of Northern Timan is their low maturity and absence of significant catagenetic transformations of organic matter. Thus, the brown coals of Northern Timan present a source of valuable information about the nature and properties of various components of coal-forming plants. Researchers are primarily interested in lignin, which is one of the most chemically stable biopolymers of plant origin.

In [4, 5] it was noted the plant polymer of aromatic nature — lignin — played an important role in coal, peat and soil formation. The basis of the chemical structure of lignins is a phenylpropane unit. By composition, all known modern lignins are subdivided into coniferous or guaiacyl (G-type), deciduous or guaiacyl-syringyl (GS-type) and grassy or guaiacyl-syringyl-*p*-coumaric (GSH-type) (Fig. 1). Until now, the

first, the least evolutionarily advanced, G-type lignins (coniferous lignins) were considered [3].

Lignin is one of the most chemically resistant compounds of plant origin. It has been established that during the thermal treatment of plant material the natural lignin, as a result of destructive metamorphic transformations, can be basis for various compounds that preserve the aromatic nature. Analysis of destruction products allows to establish features of the chemical structure of the original substance.

In particular, vanillin, mellitic, and benzene pentacarboxylic acids were found in organic matter from the mineralized residues of *Lepidodendropsis* stems, at that a lower number of methoxy groups was noted compared to modern conifers [4]. In younger coals the oligolignols of aromatic nature and methylated phenylpropane compounds, related to G, S, and H-type structures were founded [7, 13].

The aim of the work: comparative physical and chemical characteristic of the organic matter of the brown coals of Northern Timan.

Objects and research methods

The objects of study (UD-1 — UD-9) were Upper Devonian brown coals and rocks with carbonized plant residues from

Famennian Pokayama Formation on the Volonga River (Northern Timan, Russia). Legend and descriptions of the studied samples are given in Table 1.

An exception is the concentration of free organic carbon radicals n_{org} (Table 2). Compared to modern lignins and UD-11 (Jurassic), Devonian coals samples have a very high con-

Table 1. Characteristic of the brown coals and carbonized plant residues from Northern Timan

Таблица 1. Характеристика девонских бурых углей и углефицированных растительных остатков Северного Тимана

Sample	Sample No.	Description
UD-1	16-12/1	Layer of coal with spherical pyrite nodules in the roof of a pack of clay
UD-2	3-VI-2016	Thin layer of paper-coal at the base of cross-stratified sandstones
UD-3	4-VIII-1-2016	Carbonized stem or root of <i>Callixylon</i> sp. plant
UD-4	4-XI-2a	Layer of coal in a siltstone lens with remains of <i>Phyllolepis</i> , representing an incision of bayou lake
UD-5	3-II-2016	Layer of coal from a paleoriver bed incision
UD-6	6-25a-2016	Carbonized layer in a pack of siltstones
UD-7	7-I-2016	Layer of coal in a pack of siltstones
UD-8	10-I-16-2016	Layer of coal in argillites
UD-9	11-8-пр. низ.	Layer of coal in a pack of sandstones, siltstones and clays

We used carbonized fragments of *Callixylon* tree trunks, from the Tsimla River, Middle Timan, Russia, outcrop № 44, Devonian, (sample UD-10) and ancient redeposited carbonized plant residues from modern alluvial river bed sediments of the Sysola River, Griva, Komi Republic, Russia, Jurassic (sample UD-11) [9]. We also used lignin preparations by Pepper's dioxane method [12] from modern plants: oats (DLO), larch (DLL), and poplar (DLP).

IR Fourier spectra of diffuse reflection were recorded by IR Prestige-21 Shimadzu spectrometer, Japan. KBr tablets (200 mg) were used to register the spectra (1 mg). The ESR spectra were obtained by SE/X-2547 RadioPAN radiospectrometer. As a standard for the concentration of paramagnetic centers, a certified DFGP 910-06/07 sample with the number of spins $1.96 \cdot 10^{17}$ was used. Quantitative chemical analysis was performed by gas chromatography (Elemental Analyzer EA 1110 (CHNS-O), Italy, CE Instruments). The samples were pyrolyzed with GCMS-QP2010 Plus gas chromatography-mass spectrometer with EGA/PY-3030D pyrolyzer (Frontier lab, Japan) under gradual heating from 100 to 900 °C at a rate of 50 °C/min.

Results and discussion

IR Fourier spectra of diffuse reflection of the studied samples (Fig. 2), in general, are a superposition of bands of aromatic fragments, a mineral component, aliphatic CH groups and water. On all spectrums there are bands at 1600, 1632, 1612, 1570, 1509 and 870 cm^{-1} . It should be noted the range of wave

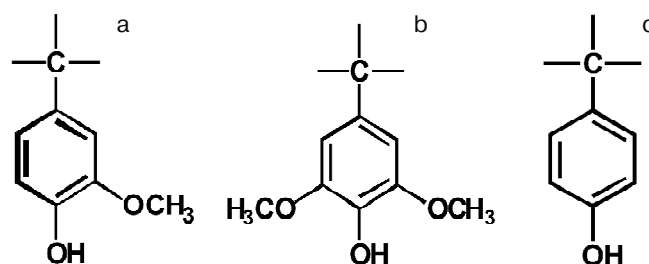


Fig. 1. Lignin structural units: a — guaiacyl (G); b — syringyl (S); c — *p*-coumaric (H)

Рис. 1. Структурные единицы лигнина: а — гваяцильная (G); б — сингильная (S); в — *п*-кумаровая (H)

numbers from 800 to 900 cm^{-1} , where CH bonds of aromatic rings are absorbed, as well as to the region of skeletal vibrations of the aromatic ring $\sim 1600 \text{ cm}^{-1}$.

The comparative analysis of the ESR spectra (Fig. 3) shows that by the main characteristics, the studied samples and comparison samples, including modern lignins, are close to each other (Table 2). Thus, the most intense signal in all ESR spectra is a narrow line with an electroscopic *g*-factor 2.003—2.004, which corresponds to a phenoxyl radical, existing in several mesomer forms. The shape of the line is Lorentzian with a slight asymmetry characteristic of aromatic structures. The line width at the extreme points (ΔB_{pp}) is 0.6—0.8 mT.

Table 2. Parameters of ESR-spectra of the studied samples

Таблица 2. Параметры ЭПР-спектров исследуемых образцов

Sample	Content C+N+H, %	<i>g</i> -factor	ΔB_{pp} , mT	Line shape	n_{org} , 10^{17} spin/g
UD-1	35.37	2.0036	0.74	~L, ass	150.0
UD-2	56.50	2.0036	0.75	-«-	400.0
UD-3	27.07	2.0036	0.70	-«-	190.0
UD-4	28.06	2.0036	0.77	-«-	100.0
UD-5	42.70	2.0036	0.71	-«-	150.0
UD-6	22.64	2.0036	0.72	-«-	190.0
UD-7	43.64	2.0036	0.78	-«-	870.0
UD-8	70.78	2.0035	0.74	-«-	1040.0
UD-9	17.88	2.0035	0.74	-«-	2440.0
UD-10	79.8	2.0031	0.64	-«-	350.0
UD-11	60.3	2.0039	0.77	-«-	13.0
DLO	65.1	2.0044	0.78	-«-	2.2
DLL	—	2.0041	0.72	-«-	0.04
DLP	—	2.0038	0.62	-«-	0.04

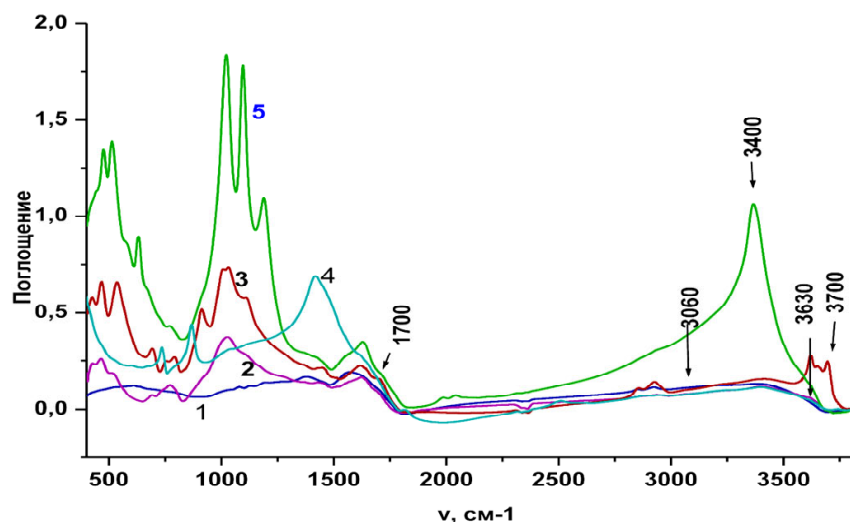


Fig. 2. IR Fourier spectra of diffuse reflection of Upper Devonian brown coals samples: 1 — UD-3; 2 — UD-7; 3 — UD-5; 4 — UD-9; 5 — UD-4

Рис. 2. ИК-Фурье-спектры диффузного отражения образцов верхнедевонских бурых углей: 1 — УД-3; 2 — УД-7; 3 — УД-5; 4 — УД-9; 5 — УД-4

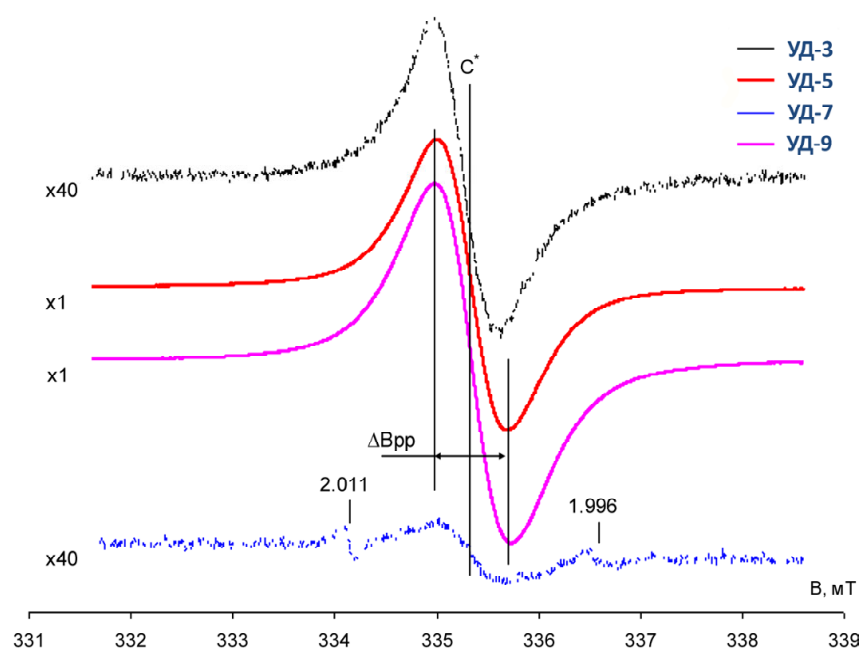


Fig. 3. Line of carbon radicals in ESR spectra of samples of Upper Devonian brown coals and carbonized plant residues

Рис. 3. Линия углеродных радикалов в ЭПР-спектрах образцов верхнедевонских бурых углей и углефицированных растительных остатков

centration of paramagnetic centers, reaching a maximum value for carbonaceous substances in sample UD-9 — 10^{20} spin/g. This is certainly related to peculiarities of the chemical structure of plant origin organic matter.

Phenols in the products of pyrolysis of the Upper Devonian organic matter (kerogen) of the Pechora Basin Sargaev sediments were first described in the work [2]. The analysis of results of a low molecular destruction products of the studied plant origin samples (Fig. 4) by pyrolytic gas chromatography-mass spectrometry shows that the main pyrolysis compounds are aromatic, including phenolic, compounds: benzene, toluene, *m*-xylene, phenol, *o*-cresol, *n*-cresol.

The quantitative analysis of phenolic products of pyrolysis by the peaks area of the gas chromatogram allowed to calculate the ratio of the main structural units H, G и S. According to the obtained data, the units H dominate in samples of Upper Devonian brown coals and rocks with carbonized plant residues. UD-10 sample (Middle Timan, Devonian) shows a similar result. Jurassic UD-11 sample presents a different ratio of structural units. The number of G units is 14.8 %. On the one hand, these results are consistent with the conclusion of the works [8, 10, 11], according to which the general order of lignins resistance is *p*-cou-

maryl (H). guaiacyl (G). syringyl (S). On the other hand, the obtained experimental data raise new questions about evolutionary transformations of lignin, since lignin performed the function of plant adaptation to changing environmental conditions.

Table 3. Ratio of structural units in the studied samples according to pyrolytic gas chromatography-mass spectrometry

Таблица 3. Соотношение структурных единиц в исследуемых образцах по данным пиролизической газовой хромато-масс-спектрометрии

Sample	Ratio H:G:S, %
UD-1	97.9:2.0:0.1
UD-2	99.4:0.4:0.2
UD-3	99.5:0.3:0.2
UD-4	97.1:1.8:1.1
UD-5	99.8:0.1:0.1
UD-6	98.4:0.7:0.9
UD-7	99.9:0.1:0
UD-8	99.9:0.1:0
UD-9	99.7:0.2:0.1
UD-10	99.5:0.5:0
UD-11	85.2:14.8:0

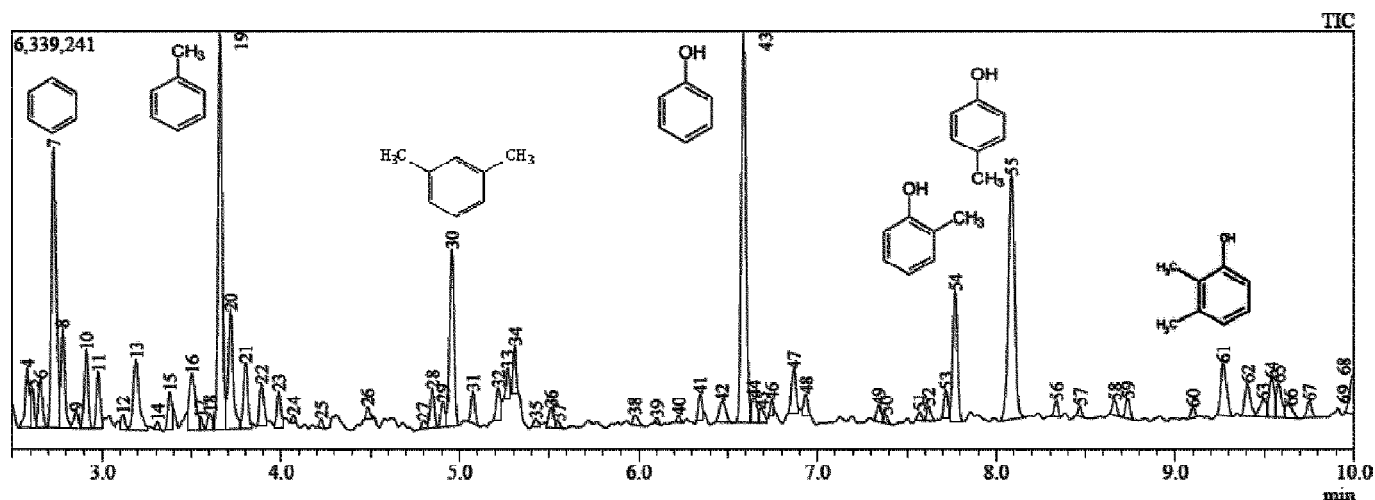


Fig. 4. Gas chromatogram of UD-5 (b) sample in the region of major low molecular pyrolysis components

Рис. 4. Газовая хроматограмма образца УД-5 (б) в области мажорных низкомолекулярных компонентов пиролиза

Conclusions

1) On the basis of the complex of physical-chemical methods, we studied the organic matter of Devonian brown coals and rocks with carbonized plant residues from the section of Famennian Pokayama Formation along the Volonga River (Northern Timan).

2) Studied samples are characterized by a very high concentration of paramagnetic centers, reaching a value close to the maximum value n_{org} for carbonaceous substances.

3) According to quantitative analysis of data on the products of thermal destruction we showed that *p*-coumaryl (H) units dominate in investigated samples.

The studies were carried out as part of the State Task (SRW) of the Institute of Geology, Komi SC UB RAS; work supported by SPbSU (project № 41129192). The authors are grateful to P. A. Beznosov (Syktyvkar), V. P. Lyutov (Syktyvkar), S. A. Pokryshkin (Arkhangelsk) and O.Yu. Derkacheva (St. Petersburg) for assistance in the researches.

References

1. Beznosov P. A., Snigirevsky S. M., Naugolnykh S. V., Lukshevich E. V. *Verhnedevonskij kompleks otlozhenij del'tovoj ravniny na Severnom Timane* (Upper Devonian complex of deltaic sediments in Northern Timan). *Vestnik IG Komi SC UB RAS*, 2018, No. 1 (277), pp. 25–44.
2. Bushnev D. A. *Osobennosti-sostava biomarkerov bitumoida i produktov piroliza kerogena otlozhenij verhnego devona Pechorskogo bassejna* (Features of the composition of biomarkers of bitumen and kerogen products pyrolysis of the Upper Devon Pechora basin deposits). *Neftechimiya*. 2002, V. 42, No. 5, pp. 325–339.
3. *Ligniny (struktura, svojstva i reakcii)* (Lignins (structure, features and reactions). Ed. K. Sarkanen, K. Lyudvig. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1975, 632 p.

4. Manskaya S. M., Kodina L. A. *Geohimiya lignina* (Lignin geochemistry). Moscow: Nauka, 1975, 232 p.
5. Peresypkin V. I., Romankevich E. A. *Biogeohimiya lignina* (Lignin biogeochemistry). Moscow: Geos, 2010, 340 p.
6. Ahlberg P. E., Beznosov P. En extremely primitive miniature tetrapod from the Late Devonian (Early Famennian) of North Timan, Russia. Abstracts of the 66th Symposium of Vertebrate Palaeontology and Comparative Anatomy and the 27th meeting of the Symposium of Palaeontological Preparation and Conservation. Manchester, 2018, pp. 29.
7. Dutta S., Bhattacharya S., Mallick M., Shukla A. C., Mann U. Preserved lignin structures in Early Eocene Surat lignites, Cambay Basin, Western India. *J. Geolog. Soc. India*. 2012, V. 79, No. 4, pp. 345–352.
8. Hedges J. I., Cowie G. L., Ertel J. R., Barbour R. J., Hatcher P. G. Degradation of carbohydrates and lignins in buried woods. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1985, V. 49, pp. 701–711.
9. Kocheva L. S., Karmanov A. P., Lutoev V. P., Shumilov I. Kh., Glukhov Yu. V., Pokryshkin S. A. Structural and Chemical Features of Organic Matter in Carbonized Wood of the Devonian and Jurassic Periods. *Doklady Earth Sciences*, 2019, V. 486, Part 2, pp. 634–637.
10. Logan K. J., Thomas B. A. Distribution of lignin derivatives in plants. *The New Phytologist*, 1985, V. 99, pp. 571–585.
11. Orem W. H., Neuzil S. G., Lerch H. E., Cecil C. B. Experimental early-stage coalification of a peat sample and a peatified wood sample from Indonesia. *Organic Geochemistry*, 1996, V. 24, pp. 111–125.
12. Pepper J. M., Baylis P. E., Adler E. The isolation and properties of lignin obtained by the acidolysis of spruce and aspen woods in dioxane-water. *Canad. J. Chem*, 1959, V. 37, No. 8, pp. 1241–1245.
13. Saikia B. K., Boruah R. K., Gogoi P. K. FT-IR and XRD analysis of coal from Makum coalfield of Assam. *J. Earth Syst. Sci*, 2007, V. 116, No. 6, pp. 575–579.



Хроника, события, факты • Chronicle, events, facts

United Kingdom – Russia scientific workshop «What does the Devonian of the Arctic tell us about the Earth System?»



ЧТО НАМ МОГУТ РАССКАЗАТЬ О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛИ ДЕВОНСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ АРКТИКИ
(9-е научное кафе, Сыктывкар, 13–14 мая 2019 г.)

WHAT DOES THE DEVONIAN OF THE ARCTIC TELL US ABOUT THE EARTH SYSTEM
(The 9th Science Café, Syktyvkar, May 13–14, 2019)

The ninth Science Café was held at the Institute of Geology of Komi SC UB RAS on the topic «What does the Devonian of the Arctic tell us about the Earth System?» together with the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences with the participation of scientists from the Universities of Southampton and Cardiff, UK.

This issue of Vestnik journal reflects the program of the Science Café, held on May 13–14, 2019 in Syktyvkar as part of international scientific relations with leading researchers from major universities and research centers in the UK. Events in the format of Science Café in various areas of research are regularly held (starting from 2012) by the British Embassy in Moscow, the Consulate General of Great Britain in Yekaterinburg together with the Federal State Budget Institution «Ural Branch of the Russian Academy of Sciences» (UB RAS).

Содержание журнала *Вестник* № 10 отражает программу научного кафе, которое состоялось в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН в рамках развития международных научных связей с ведущими учеными Саутгемптонского и Кардиффского университетов — крупнейших научно-исследовательских центров Великобритании. Мероприятия в формате научного кафе по разным направлениям исследований регулярно проводятся с 2012 года британским посольством в Москве, Генеральным консульством Великобритании в Екатеринбурге совместно с ФИЦ УрО РАН.

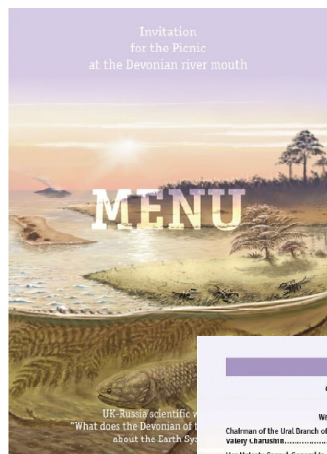
Тема «Что нам могут рассказать о закономерностях развития Земли девонские отложения Арктики» обусловлена тем, что в последние десятилетия внимание научного мира сосредоточено на изучении глобальных изменений климата в истории Земли. Согласно современным представлениям, биосфера Земли является системой, роль центра которой играет живое вещество. С XX века окружающая человека среда — важнейший элемент биосферы — испытывает на себе отрицательное влияние его же бурно расширяющейся производственной деятельности. В связи с этим важное значение имеют точные знания о функционировании биосферы в качестве глобальной экологической системы, о пределах ее устойчивости. Поэтому необходимо изучение эволюции биосферы, этапов ее развития. Источник фундаментальных знаний об эволюции биосферы Земли — информация, базирующаяся в первую очередь на данных палеонтологии, палеоэкологии и ряда других наук. В соответствии с тенденциями, сложившимися в современной науке, в программе научного кафе было запланировано обсуждение комплексных и разноплановых исследований российских и британских ученых, проводимых в арктической части северо-востока европейской части России, Арктической Канады, Гренландии, Шпицбергена.

В качестве экспертов были приглашены ученые из Великобритании.

Профессор *Джон Маршалл* (*J. E. A. Marshall*) — признанный в научном мире в области наук о Земле ученый (стратиграфия и палинология девона и карбона, палеоклиматические и палеогеографические реконструкции, эволюция биосферы). Д. Маршалла хорошо знают в России, он участвовал в научных конференциях в Сыктывкаре (2002), Новосибирске (2014), Санкт-Петербурге (2017), в полевых экспедиционных работах на девонских разрезах Полярного Урала (2002), Южного Тимана (2006–2013), Салаира и Кузбасса (2011). Д. Маршалл был организатором бурения научной скважины на Южном Тимане с целью изучения наиболее стратиграфически полного франско-фаменского разреза (2009 г.). Длительное время (с 2005 г.) совместно с российским ученым О. П. Тельновой проводит изучение девонской микрофлоры из разрезов Гренландии, Шпицбергена, Южного Тимана и других территорий. Он является прекрасным организатором международных научных мероприятий (конференций, геологических экскурсий) и руководителем научных международных проектов.

Кристофер Берри (*Chris Berry*) работает старшим преподавателем палеоботаники в Кардиффском университете. Он обладает огромным опытом (~ 30 лет) в изучении девонских флор: изучил основные палеоботанические музейные коллекции и является ветераном обширных полевых кампаний в Венесуэле, Колумбии, Аргентине, Сибири, Южном и Северо-Западном Китае, Европе, США, Шпицбергене и Гренландии. Акцент в исследованиях К. Берри делает на тех растениях, которые достигли древесного габитуса в среднем девоне и поэтому сформировали первые леса в истории Земли. Широко известны его работы о девонских лесах «Gilboa» и «Svalbard».

С российской стороны в научном кафе участвовали научные сотрудники лабораторий стратиграфии, палеонтологии, литологии, геохимии ИГ Коми НЦ УрО РАН, а также научные сотрудники и преподаватели Санкт-Петербургского государственного университета (с привлечени-



May, 13	
Conference hall, 218	
APERTIVE	
Welcome speeches from	
Chairman of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences Academician Vasily Lashin	10:00
Hon. Majesty Consul-General in Ekaterinburg Mr Richard Dowell	10:20
Director FRC Komi SC UB RAS Prof. V. Volodin	10:50
CONTRIBUTION OF THE KOMI SCIENTIFIC CENTER OF THE UB RAS TO THE STUDY AND DEVELOPMENT OF THE ARCTIC TERRITORY OF THE NORTH-EAST OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA	10:50
Director IG Komi SC UB RAS I. Burcev	11:30
COULOUSSON TO THE A. A. CHERNOV GEOLOGICAL MUSEUM	11:50
LUNCH	
Conference hall, 220	
SALADS	
Prof. J. Marshall MASS EXTINCTIONS AND THE DEVONIAN EARTH SYSTEM	12:30
Dr. L. BERTY DEVONIAN FORESTS	14:30
RECEPTION: DRINKS AND INFORMAL DISCUSSIONS	15:30
May, 14	
Conference hall, 218	
BAKING	
Prof. J. Marshall, DEVONIAN COALS: PALEONTOLOGY	10:40
Prof. L. Koshova, Prof. A. Kabanov, DEVONIAN QUESTIONS AND ANSWERS OF EVOLUTION	10:40
Prof. D. Baskarev, HYDROCARBONS BIOMARKERS: THE ECONOMIC COMPOSITION CONDITIONS FOR THE ACCUMULATION AND TRANSFORMATION OF FOSSIL ORGANIC MATTER	11:00
Dr. D. Vasyura, HYDROCARBON BIOMARKERS AS A TOOL FOR THE GEOCHEMICAL STUDIES	11:00
MEAT DISH	
P. BODINSKY, LATE DEVONIAN FOREST ECOSYSTEMS OF THE NORTH TITAN AS A VARIANT OF THE EARLIEST TERRESTRIAL TERRESTRIAL	11:20
LUNCH	
SEAFOOD	
Prof. O. Tolstova, Dr. I. Shumilov, Dr. D. Sobolev, Dr. M. Soboleva THE RUSSIA-UKRAINIAN DEVONIAN BOUNDARY IN THE EUROPEAN NORTHEAST OF RUSSIA	13:00
Dr. M. Soboleva, Dr. D. Sobolev THE PROTOGINE RHEINIAN BOUNDARY IN THE WESTERN SLOPE OF SIBIRIAN URALS	13:20
Prof. J. Marshall THE DEVONIAN AND CARBONIFEROUS BOUNDARY	13:40
Dr. A. Zhuravlev, Dr. D. Sobolev THE DEVONIAN-CARBONIFEROUS BOUNDARY IN THE NORTH OF URALS	14:00
COFFEE	14:20
DIGESTIVE	
Concluding remarks and future perspectives	14:40
Review of paleontological and paleogeographical collection	15:00
The picnic will be continued at the St. Petersburg University (May, 15–16)	



Встреча британских гостей с директорами институтов Коми НЦ и ректорами вузов Республики Коми

Meeting of British guests with directors of institutes of Komi Science Center and rectors of universities of Komi Republic



Сообщение председателя УрО РАН академика В. Н. Чарушина о традициях научного кафе в УрО РАН

Message from the Chairman of UB RAS Academician V. N. Charushin about traditions of Science Café in UB RAS

Программа научного кафе Science Café Program

ем студентов), Санкт-Петербургского горного университета, ВСЕГЕИ, Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН.

На открытии научного кафе с приветствием участников мероприятия и представлением британской делегации выступили председатель УрО РАН академик В. Н. Чарушин и генеральный консул Великобритании в Екатеринбурге Ричард Дьюэлл. О научном вкладе Коми НЦ УрО РАН в изучение и освоение арктической территории северо-востока европейской части России рассказал врио директора ФИЦ Коми НЦ УрО РАН д. б. н. профессор В. В. Володин. Для гостей мероприятия врио директора ИГ Коми НЦ УрО РАН И. Н. Бурцев провел обзорную экскурсию в Геологическом музее имени А. А. Чернова. Затем общение участников научного кафе продолжилось на неформальном уровне в соответствии с «меню». В нем были вегетарианские салаты, в том числе из палеоботанической и палинологической коллекций Геологического музея имени А. А. Чернова. Для тех, кто не особо заботится о своей фигуре — мясные и рыбные блюда. На десерт были поданы «коми шаньги» (тарелка с девонскими спорами).



Организаторы и участники научного кафе
Organizers and participants of Science Café

15—16 мая 2019 работа научного кафе была продолжена в Санкт-Петербурге (модератор С. М. Снугиревский — доцент кафедры осадочной геологии Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, к. г.-м. н., действительный член Палеонтологического общества при РАН и Русского географического общества).

Поскольку в научном разделе данного номера достаточно полно изложено содержание докладов, представленных на научном кафе в Сыктывкаре, здесь, в разделе «Хроника, события, факты», более полно отражено содержание второй части этого мероприятия.



Приветствие Генерального консула Великобритании в Екатеринбурге Ричарда Дьюэлла участникам научного кафе (переводчик — сотрудник Генерального консульства Великобритании в Екатеринбурге Е. Чеснокова)

Greeting from the Consul General of Great Britain in Yekaterinburg Richard Dewell to the participants of Science Café (interpreter — assistant of the Consul General of Great Britain in Yekaterinburg — E. Chesnokova)

В Санкт-Петербурге британские коллеги ознакомились с материалами коллекций Палеонтологического музея СПбГУ и Музея природы и человека (палеоботанической коллекцией, переданной из Ханты-Мансийска), посетили также ЦНИГР-музей во ВСЕГЕИ (региональный отдел Главного зала) и изучили материалы в палеозойском зале монографического отдела ЦНИГР-музея. Здесь можно было увидеть экспонаты двух коллекций М. Д. Залесского с Северного Урала (бассейн р. Северной Сосьвы) с типовым материалом видов *Moresnetia zaleskyi* и *Nyaissia plumata*. Кроме того, большую заинтересованность у К. Бэрри вызвала типовая коллекция вида *Callixylon trifilievii*. Особой оценки Д. Маршалла удостоились коллек-



Профессор Джон Маршалл (Саутгемптонский университет) и врио директора ИГ Коми НЦ И.Н. Бурцев

Professor John Marshall (University of Southampton) and Acting Director of Institute of Geology Komi SC UB RAS I. N. Burtsev

ции плауновидных и членистостебельных растений из этрельских отложений по берегам рек Манья и Няйс (бассейн р. Северной Сосьвы), а также куполовидных образований с семенами. Фрагмент древнего растения с двумя фертильными зонами на голом стебле вызвал удивление и был отмечен как наиболее интересный для совместного изучения. В процессе общения О. П. Тельнова, Д. Маршалл, С. М. Снегиревский обсудили также другие возможные направления совместных исследований.

Одновременно Кристофер Бэрри ознакомился с коллекциями по нижнему-среднему девону Шпицбергена и Северной Норвегии (район Хюэн-фьорда), собранными в 2001 и 2007 гг. С. М. Снегиревским. Также привлекли внимание образцы из коллекций Северного Тимана (верхний девон), собранные Л. С. Коссовым (1959—1969 гг.) и С. М. Снегиревским (1993, 2016—2017 гг. — совместно с А. П. Сивковой). Большой интерес у К. Бэрри вызвала древесина *Callixylon sp.* из местонахождения на р. Сясь (верхний девон). Помощь в ознакомлении с материалами оказывали студентки 4 курса СПбГУ Анна Сивкова и Мария Бобылёва.

Британские ученые посетили также Ботанический музей (Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН), где внимательно изучили древесины вида *Callixylon trifilievii* из типового местонахождения Донбасса (верхний девон).



Доктор К. Берри (Кардиффский университет), врио директора ИГ Коми НЦ И.Н. Бурцев, Генеральный консул Великобритании в Екатеринбурге Ричард Дьюэлл

Dr. C. Berry (Cardiff University), Acting Director of Institute of Geology Komi SC UB RAS I. N. Burtsev, Consul General of Great Britain in Yekaterinburg, Richard Dewell

Здесь же состоялась встреча Джона Маршалла с сотрудником Горного института д. г.-м. н. Е. Д. Михайловой и ее молодыми коллегами. Кристофер Бэрри осмотрел коллекции древесин из Донецкого бассейна, собранные в 1979—1981 гг. Н. С. Снегиревской при участии С. М. Снегиревского, в том числе известный вид *Cladoxylon tanaiticum*, представляющий собой самую древнюю форму лианы. Ряд оттисков русскоязычных работ Н. С. Снегиревской Кристофер Бэрри получил в подарок. Интенсивная работа с коллекциями была завершена прогулкой по парку Ботанического сада.

«St. Petersburg was excellent. Sergei looked after us very well. Chris was very impressed with the collections and the city. He will be back». Британские коллеги обещали вернуться, и мы будем рады продолжить сотрудничество с ними. Эти встречи способствуют продуктивному изучению Арктики как одного из важнейших элементов палеореконструкций (климатических, географических и др.).

Хочется искренне поблагодарить инициаторов этого очень нужного для международного сотрудничества мероприятия: академика В. Н. Чарушина, Генерального консула Великобритании в Екатеринбурге Ричарда Дьюэлла, сотрудника консульства Елену Чеснокову и основных организаторов сыктывкарского научного кафе — И. Н. Бурцева, И. В. Козыреву, а также всех екатеринбургских и сыктывкарских участников этого события.

Д. г.-м. н. О. Тельнова

United Kingdom – Russia scientific workshop «What does the Devonian of the Arctic tell us about the Earth System?»



ORGANIZING AND EVALUATING SCIENTIFIC AND ACADEMIC WORK AT THE UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON

ОРГАНИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА НАУЧНОЙ И УЧЕБНОЙ РАБОТЫ В САУТГЕМПТОНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

BASED ON A REPORT BY PROFESSOR J. MARSHALL • Из доклада профессора Д. Маршалла

In recent years, in connection with the reorganization of the Russian Academy of Sciences, attempts have been made to restructure the style of work of Russian researchers according to global standards. The criteria for evaluating the work of scientists are discussed as the basis for developing a decision on financing a scientific project. In this regard, the experience of cooperation with the National Center for Oceanography and the University of Southampton may be interesting. In 2017, Professor John Marshall, the Head of the Geology Degrees in the Department of Earth Sciences at the School of Ocean and Earth Research (Southampton



University, National Oceanographic Center) visited the Institute of geology of the Komi Scientific Center. Professor John Marshall made a presentation on “Organization and Evaluation of Scientific and Academic Work at the University of Southampton” for employees of the Institute of Geology and teachers of the Department of Geology at the Syktyvkar University.

The University of Southampton is a fairly large university with 16,200 undergraduate students and 6,900 graduate students. Among them 7,700 students came from outside the UK from 143 countries. The training process is led by 6,000 employees working in 6 campuses — four in Southampton, one in Winchester and one international branch in Malaysia. The university has 8 faculties and within Ocean and Earth Science there are 6 research groups (marine biogeochemistry, paleo-oceanography and paleoclimate, marine biology and ecology, physical oceanography, geochemistry, geology and geophysics).

In the UK, and more correctly in England, universities are a business. Education is involved in market relations. It is a specific product and should be «measured». Therefore, rating tables have been developed for research (Research Excellence Framework (REF)) and teaching (Teaching Excellence Framework (TEF)).

Every 5—7 years, the national committee evaluates the results of the scientific activities of each scientist. Based on this

В последние годы в связи с реорганизацией РАН предпринимаются попытки перестроить стиль работы российских ученых в соответствии с общемировыми стандартами. Обсуждаются критерии оценки работы ученых как основы для выработки решения о финансировании научного проекта. В этом плане может быть интересен опыт Школы изучения океана и Земли (Саутгемптонский университет, Национальный океанографический центр). В 2017 году с научным визитом Институт геологии Коми НЦ посетил профессор Джон Маршалл, руководитель департамента геологии Школы изучения океана и Земли. Для сотрудников института и преподавателей кафедры геологии Сыктывкарского университета он сделал доклад на тему «Организация и оценка научной и учебной работы в Саутгемптонском университете».

Это достаточно крупный университет. В нем обучаются 16 200 студентов бакалавриата и 6900 аспирантов. В их числе 7700 студентов из 143 стран. Процессом обучения руководят 6000 сотрудников, работающих в шести кампусах, четыре из них — в Саутгемптоне, один — в Винчестере и один международный филиал — в Малайзии. В университете 8 факультетов и 6 исследовательских групп (морская биогеохимия, палеоокеанография и палеоклимат, морская биология и экология, физическая океанография, геохимия, геология и геофизика).

В Великобритании, а точнее в Англии, университеты — это бизнес. Образование участвует в рыночных отношениях. Оно является определенным продуктом и должно быть «измерено». Поэтому разработаны рейтинговые таблицы для исследований (Research Excellence Framework (REF)) и преподавания (Teaching Excellence Framework (TEF)).

Каждые 5—7 лет национальный комитет оценивает результаты научной деятельности каждого ученого. На основе этой оценки институту присваивается рейтинг. Учитывается количество статей (4 статьи), доход от грантов, число аспирантов. Третья часть оценки учитывает научно-популярные статьи, влияние на широкий круг общественности, информирование общественности об исследованиях, участие в разработках приоритетных тем, например нового инструмента оценки радиоактивных отходов для атомного сектора, стратегии исследования осадочных бассейнов, оценки углеводородных коллекторов подводного слоя с помощью морской электромагнитной геофизической съемки, повышения осведомленности о быстрой изменении уровня моря и климата в прошлой истории Земли и помощи директивным органам в планировании.

Баллы суммируются, а затем делятся на количество сотрудников, чтобы получить финансирование на следующий период REF. Таким образом, при увеличении количества сотрудников уменьшается финансирование.



rating, the institute is assigned a rating. The number of articles (4 articles), income from grants, and the number of graduate students are taken into account. The third part of the assessment takes into account popular science articles, the impact on the general public, informing the public about researches, participating in the development of priority topics, for example: a new tool for assessing radioactive waste for the nuclear sector, research strategies for sedimentary basins, and assessing hydrocarbon reservoirs of the underwater layer using the marine electromagnetic geophysical surveys, raising awareness of the rate of change of sea level and climate in the past history of the Earth and help policy makers in planning.

The points are added up and then multiplied by the number of employees to receive funding for the next REF period. Thus, with an increase in the number of research active employees, funding is increased. Therefore, it is assumed that laboratory work (primary processing of material) is carried out by graduate students. English professors, like scientists, must increase university income by recruiting graduate students and winning research grants.

In the UK, the main grant provider is NERC (National Environmental Research Council). Grants range from 25,000 to 800,000 pounds, which are sent to organize laboratories, support technical staff, attend conferences. NERC grants cover high overhead costs. In 2009, NERC allocated a grant of £ 70,000 to drill the Sosnovka-1 borehole in South Timan. However, the grant holder received only £ 25,000 for drilling.

Grants from the Royal Society, the National Geographic Society, and other societies do not have overhead costs. Therefore, they are «not liked» by the leadership of the university and are assessed low during the assessment of a scientist.

Every university professor should be an active researcher. Researchers are in great competition for a grant. For example, Professor John Marshall, who focused researches in the field of palynology, has received 3 NERC grants in palynology and 2 grants from EPSRC (Engineering and Physical Scientific Research Council) for processing of geological wastes and organic substances since 2009. To maintain the technical staff, you have to use every opportunity and cooperate with specialists of various profiles. Funds also come from oil and gas companies for consultations and targeted training of graduate students and from grants from the European Community, together with geologists from other universities.

However, professors receive their main income from teaching. Each student pays the university £ 9,000 a year, regardless of specialty. The government gives students a loan for education and accommodation (another 3,000 pounds). The university takes about 30 % to support the administration, library, student premises (gym, etc.), the rest is paid to teachers. Students start paying a loan (9 % of their income) after graduation for 30 years, if they earn more than 25,000 pounds a year.

Less than half of the loans are usually returned, so the government is looking to transfer loans to a private bank. The total student loan debt in the country reaches £ 100 billion and is growing!

Apparently, it can be assumed that education in England did not become a full-fledged market. And fierce competition for grants, without guaranteed support for scientific research, compels many universities to be engaged only in teaching. Such universities teach most UK students!

Head of Geology Degrees, *jeam@soton.ac.uk*

The text of the report (fragment) was translated and prepared for publication by
D. Sc. O. Tel'nova, K. Ordin

Поэтому предполагается, что лаборантская работа (первичная обработка материала) проводится аспирантами. Английские профессора как ученые должны повышать доход университета, нанимая аспирантов и выигрывая исследовательские гранты.

В Великобритании главный поставщик грантов - NERC (Совет по исследованию окружающей среды). Размер грантов составляет от 25 тыс. до 600 тыс. фунтов стерлингов, которые направляются на организацию лабораторий, поддержку технического персонала, посещение конференций. Гранты NERC покрывают высокие накладные расходы. В 2009 году NERC выделил грант в размере 70 тыс. фунтов стерлингов на бурение скважины Со-сновка-1 на Южном Тимане. Однако на организацию бурения грантодержатель получил только 25 тыс. фунтов стерлингов.

Гранты Королевского общества (Royal Society), Национального географического общества (National Geographic Society) и других обществ не имеют накладных расходов, поэтому они «не нравятся» руководству университета и при аттестации ученого оцениваются низко.

Каждый преподаватель университета должен быть активным исследователем. Исследователи находятся в конкурентной борьбе за получение гранта. Например, профессор Джон Маршалл (основная сфера научной деятельности — палинология) с 2009 года получил 3 гранта NERC по палинологии и 2 гранта EPSRC (Совет по инженерным и физическим научным исследованиям) по переработке геологических отходов и органических веществ. Для финансовой поддержки технического персонала приходится со специалистами разного профиля. Деньги также поступают от нефтегазовых компаний за консультации и целевую подготовку аспирантов и по грантам Европейского сообщества.

Основной доход профессора получают от преподавательской работы. Каждый студент платит университету 9 тыс. фунтов стерлингов в год, независимо от специальности. Правительство дает студентам кредит на образование и проживание (еще 3 тыс. фунтов стерлингов). Университет берет примерно 30 % на поддержку администрации, библиотеки, студенческих помещений (спортивного зала и др.), остальную сумму выплачивает преподавателям. Студенты начинают возвращать кредит (9 % от своего дохода) после окончания вуза в течение 30 лет, если зарабатывают более 25 тыс. фунтов стерлингов в год.

Обычно возвращается менее половины кредитов, поэтому правительство ищет возможность передать кредиты частному банку. Общая задолженность по студенческой ссуде в стране достигает 100 миллиардов фунтов стерлингов и продолжает расти!

По-видимому, образование в Англии не стало полноценным рынком. А жесткая конкуренция за получение грантов без гарантированной поддержки научных исследований заставляет многие университеты заниматься только преподаванием. И в таких университетах учится большинство студентов Великобритании.

Текст доклада (фрагмент) перевели
и подготовили к публикации
Д. г.-м. н. О. Тельнова, К. Ордин



The All-Russian Conference «Geochemistry of oil and gas, source rocks, coal and oil shale» was held in October 14–16, 2019 on the platform of the Institute of Geology named after Academician N. P. Yushkin together with the Scientific Council of RAS on the problems of the geology and development of oil, gas and coal deposits.

The conference addressed a wide range of issues on the evolution of formation of organic matter of oil source rocks, oil shales and coals, as well as the study of molecular composition of oils and structural features of various biomarker hydrocarbons.

14–16 октября 2019 года в Сыктывкаре впервые прошла Всероссийская научная конференция «Геохимия нефти и газа, нефтематеринских пород, угля и горючих сланцев», где приняли участие более 150 научных работников, представителей производственных организаций, аспирантов и студентов из Москвы, Владивостока, Новосибирска, Томска, Перми, Кызыла, Ухты, Сыктывкара, Кемерово и Санкт-Петербурга. Основной целью конференции являлось представление и анализ последних научных достижений в области геохимии ископаемого органического вещества, нефти, газа, угля и горючих сланцев.

Организаторы конференции — Институт геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН и Научный совет РАН по проблемам геологии и разработки месторождений нефти, газа и угля. Представительный состав оргкомитета под председательством академика Алексея Эмильевича Конторовича (ИНГГ СО РАН, Новосибирск) включал широко известных специалистов в области нефтяной, угольной геохимии и наук о Земле: члена-корр. РАН В. А. Каширцева (ИНГГ СО РАН, Новосибирск), д. г.-м. н. Д. А. Бушневца (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар), академика А. М. Асхабова (ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар), д. г.-м. н. С. И. Арбузова (ТПУ, Томск), д. г.-м. н. Т. К. Баженову (ВНИГРИ, Санкт-Петербург), к. г.-м. н. И. Н. Бурцева (ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар), д. х. н. А. К. Головки (ИХН СО РАН, Томск), д. г.-м. н. И. В. Гончарова (ТомскНИПИ-нефть, Томск), д. г.-м. н. Г. Н. Гордадзе (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Москва), д. г.-м. н. М. В. Дахнову (ВНИГНИ, Москва), д. г.-м. н. Г. А. Калмыкова (МГУ, Москва), д. х. н. А. Л. Максимова (ИНХС РАН, Москва), д. х. н. Ю. Ф. Патракова (ИУ СО РАН, Кемерово), д. х. н. М. Б. Смирнова (ИНХС РАН, Москва), д. г.-м. н. Я. Э. Юдовича (ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар), к. г.-м. н. Н. В. Пронину (МГУ, Москва).

Работа конференции освещалась в СМИ: <https://www.bnkom.ru/data/news/101416>.

Порядка 42 крупных научно-исследовательских и производственных организаций, а также высших учебных заведений России и ближнего зарубежья участвовало в работе конференции. Материалы конференции были опубликованы в виде сборника, включающего более 70 тезисов докладов объёмом 152 страницы. Электронный вариант сборника в настоящее время доступен на сайте Института геологии (<https://www.geo.komisc.ru>).

На открытии конференции к участникам с приветственными словами обратились врио директора Института геологии к. г.-м. н. И. Н. Бурцев, а также от имени академика РАН А. Э. Конторовича член-корреспондент РАН В. А. Каширцев. Они пожелали интересных докладов, плодотворной работы и успехов всем участникам конференции.

За три дня работы конференции были заслушаны пленарные и устные доклады, сопровождавшиеся демонстрационной графикой и бурным обсуждением, также были рассмотрены стендовые доклады.

В рамках конференции состоялось знакомство участников конференции с лабораторной базой и специалистами Института геологии, а также была проведена экскурсия в Геологическом музее им. А. А. Чернова.

На конференции был затронут широкий круг вопросов, посвящённых эволюции формирования состава органического вещества нефтематеринских пород, горючих сланцев и углей, а также изучению молекулярного состава нефтей и особенностям строения разнообразных углеводородов-биомаркеров. Целый блок работ был посвящён моделированию процессов нефтегазообразования. Большое количество докладов было представлено по фракционированию стабильных изотопов углерода ископаемого органического вещества и нефтей. Угольная тематика включала исследования микроэлементного состава и особенности петрографического строения углей, органическую геохимию углей, в том числе Печорского угольного бассейна, и возможностей получения на их основе беззольных видов твёрдого топлива. Представленные доклады показали вы-



сокий уровень исследований по органической геохимии и новый выход на современные методы исследования, включающие двумерную газовую хромато-масс-спектрометрию, двумерную ^{13}C ЯМР-спектроскопию, масс-спектрометрию изотопных отношений для индивидуальных углеводов.

Открыл пленарное заседание д. г.-м. н. Д. А. Бушнев (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар). Его доклад был посвящён изотопии углерода индивидуальных соединений в исследованиях нефти и органического вещества нефтематеринских пород. Далее были заслушаны доклады: д. г.-м. н. Е. А. Голубева (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар) — о развитии идей академика Н. П. Юшкина о надмолекулярном структурировании в твердых битумах,



Пленарный доклад чл.-корр. РАН В. А. Каширцева (ИНГГ СО РАН, Новосибирск)

Plenary report by RAS Corr. Member V. A. Kashirtsev (IPGG SB RAS, Novosibirsk)

д. г.-м. н. Г. Н. Гордадзе (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Москва) — о значении прокариотических организмов в образовании углеводов нефти, д. х. н. М. Б. Смирнова (ИНХС им. А. В. Топчиева РАН, Москва) — о проблемах при изучении состава нефтей и рассеянного органического вещества. Доклад члена-корр. В. А. Каширцева (ИНГГ СО РАН, Новосибирск) был посвящен обна-



Д. г.-м. н. Г. Н. Гордадзе и д. х. н. М. В. Гируц (РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, Москва) представляют стендовые доклады

D. Sc. G. N. Gordadze and D. Sc. M. V. Giruts (Gubkin University, Moscow) represent their poster reports



Д. г.-м. н. Д. А. Бушнев (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар) отвечает на вопросы к пленарному докладу
D. Sc. D. A. Bushnev (IG FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar) replies to questions to his plenary report

ружению диметилалканов с четным количеством атомов углерода в составе органического вещества вендских высокопреобразованных отложений.

В итоговых решениях конференции в связи с активным сокращением запасов нефти был предложен системный подход к детальному доизучению органического вещества доманиковой формации Волго-Уральской и Тимано-Печорской нефтегазоносных провинций, баженновской свиты Западной Сибири, а также куонамской карбонатно-сланцевой формации Восточно-Сибирской платформы как нетрадиционных источников углеводородного сырья. Одним из ключевых моментов стало создание программы по развитию углехимической базы как топливно-энергетического центра, составляющего основу роста экономики не только республики, но и страны в целом. Кроме того, было дано несколько актуальных рекомендаций по использованию прямых геохимических методов при поиске и разведке нефтяных месторождений, а также отмечена необходимость анализа состава органического вещества и нефтей по стандартным параметрам. Было высказано мнение о важности формирования единой российской базы ядерного материала и коллекции нефтей. Поднимался вопрос о подготовке молодых специалистов в системе высших учебных заведений и работе диссертационных советов по профилю «органическая геохимия». Указывалось на необходимость сближения с производственными организациями.

В заключительной дискуссии был отмечен высокий уровень исследований в области органической геохимии, проводимых в России в целом и в частности сыктывкарскими учёными. В качестве одного из плюсов конференции было названо участие значительного количества молодых специалистов. Участники конференции отметили высокий уровень организации и проведения, а также представленных докладов, целесообразность подобных конференций. Все вышесказанное даёт основание считать проведённую конференцию успешной и полезной для специалистов в данной области исследований.

Учёные секретари конференции
Д. г.-м. н. Н. Бурдельная,
к. г.-м. н. О. Валяева
Фото А. Шадрина

М. В. ФИШМАН — ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ И ОРГАНИЗАТОР ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
M. V. FISHMAN — OUTSTANDING SCIENTIST AND ORGANIZER OF GEOLOGICAL RESEARCHES
К 100-летию со дня рождения • On the centenary of his birth

The article is dedicated to the memory of the largest scientist-geologist and talented organizer of geological researches, Doctor of geological and mineralogical sciences, Professor, honored worker of science of the RSFSR and the Komi ASSR, former director of the Institute of Geology of the Komi SC UB RAS Mark Veniaminovich Fishman. It is shown that M.V. Fishman made a decisive contribution to the creation of laboratories and to the development of the laboratory base of the Institute and to a large extent predetermined trend of modern geological researches in the European Northeast and the North of the Urals. The results of his geological studies proved their viability for many decades and to this day have remained an example of outstanding scientific achievement.



Марк Вениаминович Фишман — директор Института геологии Коми ФАН СССР (1961—1985 гг.), доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный деятель науки Коми АССР и РСФСР, всю трудовую жизнь, вплоть до своей кончины в 2003 г., посвятил служению геологии Коми края. 14 октября 2019 г. ему исполнилось бы 100 лет, и это хороший повод вспомнить о выдающемся ученом-геологе и талантливом организаторе геологической науки.

После демобилизации и завершения прерванной войной учебы в Новочеркасском индустриальном институте в 1948 г. М. В. Фишман прибыл на работу в Сыктывкар, на Коми базу АН СССР, преобразованную в 1949 г. в Коми филиал, а в 1988 г. — в Коми научный центр АН СССР.

В 1958 г. на базе Отдела геологии Коми ФАН АН СССР был организован Институт геологии, который вскоре после ухода первого директора Ю. П. Ивенсена в 1961 г. возглавил М. В. Фишман, руководивший им до 1985 г., т. е. без малого четверть века.

Под управлением М. В. Фишмана Институт геологии быстро вырос в крупный геологический центр, который на высокопрофессиональном уровне проводил геолого-минералогические исследования по разным научным направлениям и стал признанным координатором геологических исследований в Коми АССР и на сопредельных территориях.

При М. В. Фишмане сформировались основные научные кадры института, получили развитие новые научные направления, были созданы научные лаборатории, действующие и в настоящее время. Под его руководством и при личном участии в институте был открыт замечательный Геологический музей, который является гордостью Сыктывкара и Республики Коми.

В годы работы М. В. Фишмана директором института в Сыктывкаре не было учебных заведений, готовящих геологов, поэтому привлечение в институт научных кадров было сложнейшей задачей. Но, несмотря на все трудности (отсутствие свободных ставок, проблемы с общежитием и тем более с квартирами для сотрудников, принятых на работу, отсутствие на первых порах современного научного оборудования и др.), эта задача решалась. И если сравнить с современными, несомненно гораздо более благоприятными условиями, решалась весьма успешно. В эти годы на работу в Институт были приглаше-

ны опытные и молодые специалисты из различных уголков страны, которые обеспечили развитие важнейших научных направлений: тектоники и региональной геологии, стратиграфии, палеонтологии и литологии, петрографии и геохимии, минералогии и кристаллографии, металлогении и технологии минерального сырья, геологии горючих ископаемых: Н. П. Юшкин, Н. И. Тимонин, В. С. Цыганко, В. В. Буканов, Г. П. Канев, В. А. Дедеев, Я. Э. Юдович, А. И. Антошкина, Б. А. Остащенко, Т. М. Безносова, В. Н. Охотников, В. А. Юдин, В. А. Петровский, В. И. Силаев, А. Ф. Кунц, В. Л. Андреичев, Л. Н. Андреичева, А. М. Асхабов, Ю. А. Ткачев, Б. А. Пименов, А. Б. Макеев, Н. А. Малышев, И. В. Запорожцева, С. К. Кузнецов, Л. З. Аминов, В. А. Песецкая, Н. В. Беляева, В. П. Якуцени, В. И. Ракин, С. Т. Ремизова, Д. Н. Ремизов, Н. И. Брянчанинова, М. Б. Тарбаев, О. П. Тельнова, Л. В. Махлаев и другие.

За время руководства М. В. Фишмана семь сотрудников стали докторами и около пятидесяти — кандидатами наук, а к 1985 г., ко времени ухода М. В. Фишмана с должности директора, общая численность института уже приближалась к сегодняшней. Институт представлял собой хорошо оснащенное современным оборудованием, укомплектованное высококвалифицированными кадрами, стабильно и плодотворно работающее научное учреждение.

М. В. Фишман был не только успешным руководителем, но и крупным ученым, внесшим огромный вклад в познание геологического строения и истории геологического развития Тимано-Североуральского региона. Ему принадлежит авторство первой геологической карты Коми АССР масштаба 1:1000000, которую он подготовил для крупного коллективного труда «Производительные силы Коми АССР». М. В. Фишман занимался изучением геологического строения и металлогении Приполярного и Полярного Урала, Тимана, Пай-Хоя и Новой Земли. При этом основные этапы геологических процессов он впервые обосновал с использованием большого массива дан-



ных абсолютного возраста, полученных в организованной им лаборатории изотопной геохронологии.

Однако основной научный интерес М. В. Фишмана на протяжении всей его многолетней деятельности — магматизм во всех его проявлениях, и особенно гранитоидный магматизм. Это обстоятельство определило главный район исследований М. В. Фишмана — Приполярный Урал. Именно здесь гранитоидные массивы в различных соотношениях с другими магматическими породами представлены исключительно широко и разнообразно.

При изучении магматизма Приполярного Урала перед М. В. Фишманом сразу же возникла очевидная проблема возрастного расчленения и корреляции многочисленных гранитоидных и других массивов. Это невозможно было сделать без наличия корректной геологической основы. А в конце 40-х — начале 50-х годов прошлого столетия, когда М. В. Фишман со своими коллегами начал планомерные исследования в этом районе, такой основы не было. Это обстоятельство определило необходимость разработки схемы стратиграфии района исследований, особенно для доордовикской части разреза, к которой приурочены практически все гранитоидные массивы. Кроме того, в связи с тем, что доордовикские толщи в той или иной степени метаморфизованы, и в некоторых случаях очень сильно, возникла необходимость целенаправленного изучения процессов метаморфизма.

Несмотря на очевидную приверженность проблемам гранитоидного магматизма и связанного с ним оруденения, М. В. Фишман волей-неволей был вынужден самым серьезным образом заниматься вопросами стратиграфии вмещающих толщ и их метаморфизма. И по всем этим трем направлениям исследований, а именно: магматизму, метаморфизму и стратиграфии доордовикских образований — М. В. Фишманом были получены впечатляющие результаты, которые в значительной степени определяют современное состояние изученности геологического строения и истории геологического развития докембрийских комплексов не только территории Приполярного Урала, но и всего Тимано-Североуральского региона.



Приполярный Урал, 1960-е гг.
Subpolar Urals, 1960s

Работы М. В. Фишмана в области магматизма и метаморфизма широко известны и остаются актуальными и востребованными современными исследователями. Они послужили основой и получили развитие в исследованиях его коллег и учеников: Б. А. Голдина, Е. П. Калинина, В. Н. Охотникова, Р. Г. Тимониной, В. Л. Андреичева, Н. И. Брянчаниновой и многих других.



Директор Института геологии Коми филиала АН СССР М. В. Фишман, учёный секретарь В. В. Беляев (первый слева), заведующий отделом ОГГИ В. А. Дедеев (третий слева), заведующий лабораторией Института геологии Н. П. Юшкин (четвёртый слева), 1970-е гг.

Director of the Institute of Geology of the Komi Branch of the Academy of Sciences of the USSR M. V. Fishman, Science Secretary V. V. Belyaev (first from the left), head of the Fossil Fuels Geology Department V. A. Dedeev (third from the left), head of the laboratory of the Institute of Geology N. P. Yushkin (fourth from the left), 1970s

Что касается стратиграфии доордовикских толщ, то в этом вопросе не все сложилось так однозначно. К началу 60-х годов М. В. Фишманом совместно с Б. А. Голдиным на основе существовавшей в то время схемы стратиграфии Приполярного Урала К. А. Львова была разработана новая стратиграфическая схема доордовикских отложений этой территории. В ней на основе сопоставления разрезов Приполярного Урала, Тимана и Южного Урала основная их часть была отнесена к рифею (К. А. Львов считал их кембрийскими), а наиболее глубокометаморфизованные породы, объединенные в николайшорскую свиту — к дорифейским образованиям. Изучая метаморфизм пород, М. В. Фишман и его коллеги пришли к выводу об ошибочности выдвинутой К. А. Львовым идеи о прямой зависимости степени метаморфизма от возраста стратиграфических подразделений. Зачастую разновозрастные, но различно метаморфизованные породы были включены К. А. Львовым в состав разных свит. Так, для значительной части отложений, относимых К. А. Львовым к пуйвинской свите, был доказан маньинский возраст. Кроме того, впервые был установлен абсолютный возраст гранитоидов, прорывающих маньинскую свиту, — 525 млн лет, что позволило отнести ее к докембрию. По мнению М. В. Фишмана, рифейский разрез начинался с ошизкой свиты. Но вопрос о нижней возрастной границе рифейского разреза в этой стратиграфической схеме остался открытым в силу отсутствия органических остатков и соответствующих геохронологических данных.



М. В. Фишман и м. н. с. Г. Е. Юшкова в лаборатории спектрального анализа Института геологии Коми филиала АН СССР, 1970-е гг.

M. V. Fishman and JRF G. E. Yushkova in the Laboratory of Spectral Analysis at the Institute of Geology of the Komi branch of the Academy of Sciences of the USSR, 1970s

Однако позднее, при проведении первых крупномасштабных геологических съемок территории Приполярного Урала (Л. Т. Белякова, В. С. Гильденблат, М. В. Кондратьева, В. В. Золотова и др.) и дальнейшем обобщении этих материалов была предпринята попытка дать переоценку стратиграфическим построениям М. В. Фишмана. На Третьем (в 1980 г.), а затем и на Четвертом (1990 г.) Уральских межведомственных стратиграфических совещаниях была принята схема, в которой древние толщи Приполярного Урала сопоставлялись с Уральским (Мировым) стратотипом рифея в Башкирском мегаантиклинории. Здесь, как и в стратотипической местности, были выделены стратоны, представляющие все подразделения верхнего протерозоя: бурзяний, юрматиний, каратавий и венд, а также подстилающий их фрагмент нижнедокембрийского кристаллического фундамента. При этом ошизкая свита в ранге нижней толщи пуйвинской свиты была отнесена к юрматинию. В качестве базальных отложений рифея, соответствующих «айскому уровню» в стратотипе Южного Урала, была принята впервые выделенная метатерригенная маньхобеинская свита, представляющая в схеме М. В. Фишмана верхнюю часть разреза николайшорской свиты. Нижняя часть николайшорской свиты была названа няртинской свитой (позднее — няртинским метаморфическим комплексом) раннепротерозойского возраста.

В более поздних работах в области стратиграфии доордовикских толщ Приполярного Урала при проведении крупномасштабного геологического доизучения площадей (ГДП-50), выполненного в 80—90-х годах, а также в многочисленных специализированных тематических исследованиях была показана необоснованность стратиграфической схемы, утвержденной Третьим и Четвертым Уральскими межведомственными стратиграфическими совещаниями, в части выделения нижнерифейских стратонов.

На данный момент установлено, что в разрезе Приполярного Урала нижнерифейская маньхобеинская свита выделена ошибочно на месте низкотемпературных диафторитов по высокотемпературным метаморфитам, аналогичным тем, которыми сложен няртинский метаморфический комплекс. Базальными отложениями верхнего докем-

брия Приполярного Урала, как и считал М. В. Фишман, является ошизская свита (или ошизская толща пуйвинской свиты). Гнейсомигматитовый комплекс, залегающий в основании докембрийского разреза этого района, в связи с ошибочностью выделения маньхобеинской свиты не соответствует объему няртинского комплекса в схеме Четвертого Уральского стратиграфического совещания. Он полностью соответствует николайшорской свите в понимании М. В. Фишмана. То есть этому метаморфическому комплексу необходимо вернуть название «николайшорский».

Таким образом, спустя 60 лет со времени разработки стратиграфической схемы М. В. Фишманом, после многократных попыток сначала ее полной ликвидации, а затем кардинального изменения мы вновь обращаемся к ней как наиболее корректной геологической основе. Она в большей мере, чем предыдущие и последующие стратиграфические схемы, включая схемы, утвержденные Третьим и Четвертым Уральскими стратиграфическими совещаниями, учитывает реальные взаимоотношения стратиграфических подразделений докембрия в разрезе Приполярного Урала, являющегося стратотипическим для всего Тимано-Североуральского региона.

М. В. Фишман — не только выдающийся организатор науки, определивший основные направления исследований Института и внесший фундаментальный вклад в создание лабораторий и развитие лабораторной базы. Его без всякого преувеличения можно считать основателем целенаправленных геологических исследований на севере Урала в области стратиграфии докембрия, гранитоидного магматиз-



М. В. Фишман с сотрудниками Музея им. А. А. Чернова ИГ Коми НЦ УрО РАН, 1997 г.

M. V. Fishman with the Chernov Museum workers at the Institute of Geology Komi SC UB RAS, 1997

ма и связанного с ним оруденения, а так же метаморфизма. Разработанные им схемы стратиграфии доордовикских толщ, корреляции и расчленения гранитоидных комплексов, эволюции процессов регионального и контактового метаморфизма послужили надежной основой для последующих исследований, доказали свою жизнеспособность на протяжении многих десятилетий и до настоящего времени остаются примером выдающегося научного достижения. Эти работы, несомненно, в значительной степени определили направление исследований в районах распространения докембрийских отложений и гранитоидных комплексов в пределах всего Тимано-Североуральского региона.

Д. г.-м. н. А. Пыстин



СВЕТ УЧИТЕЛЯ • MASTERS LIGHT

К 110-летию профессора Дмитрия Павловича Григорьева • Celebrating 110 years from the birth of Dmitry Pavlovich Grigoryev

October 2019 marks the 110th anniversary from the birth of Professor Dmitry Pavlovich Grigoryev. He was an outstanding mineralogist, teacher, creator of the doctrine of ontogeny of minerals, the founder of Russian experimental mineralogy, the pioneer of space mineralogy, one of the authors of the world's first international scientific discovery in mineralogy. His name of a man of high honor, infinitely devoted to his work is the highest example of service to science.

Имя Дмитрия Павловича Григорьева, профессора Ленинградского горного института им. Г. В. Плеханова (ЛГИ) (Санкт-Петербургского горного университета), широко известно в минералогическом мире. Выдающийся минералог современности, создатель учения об онтогении минералов, основатель российской экспериментальной минералогии, педагог, мыслитель родился 29 октября 1909 г. в Перми. С именем Д. П. Григорьева связывают создание новой современной минералогии, так называемой высшей минералогии, а также космической минералогии «новой ветви науки» (по определению самого Д. П. Григорьева). Он соавтор международного научного открытия в области кристалломорфологической эволюции минералов. Важнейшей стороной его жизни и работы, любимым делом была педагогическая деятельность, которой в стенах ЛГИ он посвятил около 70 лет. Уникальная школа про-



К. П. Янулов, Н. П. Юшкин, Г. А. Маркова, профессор Д. П. Григорьев. Сыктывкар, 1971 г.

K. P. Yanulov, N. P. Yushkin, G. A. Markova, professor D. P. Grigoryev. Syktvykar, 1971



Д. П. Григорьев на церемонии вручения диплома за открытие в Болгарской академии наук. София, 1984 г.

P. G. Grigoryev at the award ceremony at Bulgaria Academy of sciences for his discovery. Sofia, 1984

фессора Григорьева воспитала не одно поколение минералогов, продолжателей его идей. Им написаны книги, учебники по минералогии, которые были переведены на многие языки мира и являются настольными книгами специалистов.

Многие годы Д. П. Григорьев был председателем Комиссии по новым минералам, вице-президентом Международной минералогической ассоциации ММА, возглавлял отдел минералогии журнала «Природа», был заместителем редактора и активным автором главного минералогического журнала России «ЗВМО» («Записки Всесоюзного минералогического общества»).

Д. П. Григорьев всегда был тесно связан с периферийными минералогическими школами, посещал месторождения полезных ископаемых, рудники; практическая минералогия являлась основой его научных построений. Он постоянно был в пути. Его поездки во Владивосток, Алма-Ату, Грузию, Ригу, Киев, Апатиты, Миасс свидетельствуют о глубокой заинтересованности во встречах с исследователями минералов, и эти непосредственные контакты сыграли важную роль в формировании и развитии научных коллективов в различных городах страны.

Дмитрий Павлович был частым гостем и в нашем Институте геологии. Он проявлял постоянный интерес к работам, консультировал, делился ценными идеями, выступал с обзорными лекциями, принимал участие в работе конференций. Здесь, в Сыктывкаре, работали его последователи, единомышленники: прежде всего его ученик Владимир Валентинович Буканов, возглавлявший в 1963—1971 гг. лабораторию минералогии и шлихового анализа; Николай Павлович Юшкин, которого Дмитрий Павлович всегда выделял из среды минералогов, видел в нём выдающегося исследователя и с которым его связывали многолетние дружеские отношения.

Мне также посчастливилось общаться с Дмитрием Павловичем и выполнить ряд исследований под его руководством в период моей работы по кварцевой тематике.

Благодаря своей уникальности в мире кристаллов кварц представлял исключительный материал для самых детальных исследований морфологии, зональности, особенностей роста кристаллов в различных условиях минералообразующей среды, что всегда интересовало Дмитрия Павловича. На основе этих исследований совместно с Д. П. Григорьевым были опубликованы работы в ДАН АН СССР, в специальном выпуске сборника «Проблемы кристаллологии», посвящённого 80-летию академика Н. В. Белова (Москва: Изд-во МГУ, 1971), и др. Мне было доверено в качестве редактора-составителя подготовить к изданию его книгу «Рассуждения о минералогии» (Сыктывкар: Геопринт, 1998). Считаю большой честью, что удалось выполнить предложенные Дмитрием Павловичем исследования зонального и секториального строения мусковита (Мамский р-н, Восточная Сибирь), кварца (Приполярный Урал), которые были, в частности, использованы с целью синхронизации процессов кристаллизации на изучаемых месторождениях. Всегда с добрым чувством вспоминаются заинтересованность, участие, помощь, интеллигентность Дмитрия Павловича. Такие люди и учёные высокой чести, беспредельно преданные своему делу — не за-

бываются, остаются в памяти как высочайший образец служения науке.

Авторитет Д. П. Григорьева, признание его заслуг были безусловными среди учёных, специалистов, практических минералогов. Его работы получили мировое признание, он был избран членом многих иностранных минералогических и геологических обществ Индии, Великобритании, Франции, Германии, Австрии, США, Болгарии, Польши, Украины, Международной ассоциации планетологов и др. За выдающиеся достижения в научной, педагогической, общественной деятельности Д. П. Григорьеву были присвоены звания «Почётный разведчик недр», «Почётный работник высшего профессионального образования России». Среди его наград — медали, дипломы, в том числе международные, в частности медаль им. Эмануэля Боржикского от Карлова университета в Праге. В 1999 году, в свой 90-летний юбилей, Д. П. Григорьев был награждён орденом Почёта.

Жизнь Дмитрия Павловича Григорьева оборвалась 12 марта 2003 года. Память о нём озарена светом его Личности, имя его стоит высоко в сонме минералогов.

К. г.-м. н. Г. Маркова

ЕЕ ВЕЛИЧЕСТВО АНАЛИТИК • HER MAJESTY ANALYST

К 70-летию юбилею Тамары Николаевны Тарасовой • On the occasion of Tamara Nikolaevna Tarasova's 70th Anniversary



October 17, 2019 marks 70 years since the birth of Tamara Nikolaevna Tarasova. She rightfully belongs to the «gold fund» of the Institute of Geology employees, who made a huge contribution to development of chemical-analytical researches of the Institute. She worked at the Institute from 1991 to 2013.

17 октября 2019 г. исполняется 70 лет со дня рождения Тамары Николаевны Тарасовой. Проработав в стенах Института геологии с 1991 по 2013 гг., она по праву входит в «золотой фонд» сотрудников, внесших огромный вклад в развитие химико-аналитических исследований института.

После окончания химико-технологического факультета Горьковского политехнического института Тамара Николаевна осталась работать на кафедре аналитической химии. В 1985 г. в Горьковском госуниверситете она защитила кандидатскую диссертацию на тему «Критерии анализа многокомпонентных смесей кислот или оснований в различных растворителях». Тем самым был определен точный вектор ее профессиональных интересов, определивший научно-организационную и методическую работу на последующие годы.

С 1991 г. Тамара Николаевна возглавляла лабораторию химии минерального сырья Института геологии Коми научного центра УрО Российской АН. Мне кажется, что главным достижением Тамары Николаевны за время работы заведующей лабораторией химии минерального сырья является то, что ей удалось сохранить самые главные и отличительные черты химико-аналитической службы, созданной Львом Петровичем Павловым. В первую очередь это гарантированное качество выполняемых работ. Ответственность, надежность, трудолюбие — вот что характеризует всех сотрудников лаборатории. И в этом большая заслуга Тамары Николаевны Тарасовой.

Тамара Николаевна внесла заметный вклад в совершенствование и внедрение в практику методик химического анализа горных пород и минералов, в том числе определения платиноидов в ультрабазах, анализа содержания редких земель, выделения их концентратов и ряда других. Она практически самостоятельно освоила работу на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой Vesta MPX Rad и получила аттестованную методику измерений на этом приборе массовых долей примесных элементов в силикатных горных породах.

В день славного юбилея хочется пожелать дорогой Тамаре Николаевне долгих лет жизни, крепкого здоровья, счастья и оптимизма.

Д. х. н. Л. Кочева



ЮШКИНСКИЕ ЧТЕНИЯ — 2020 • YUSHKIN READINGS — 2020

Институт геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Министерство науки и высшего образования РФ, Российское минералогическое общество, Российский фонд фундаментальных исследований 19–22 мая 2020 года в г. Сыктывкаре проводят Российскую конференцию с международным участием «Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии» (Юшкинские чтения — 2020) и приглашает принять участие. Подробную информацию смотрите на сайте:

<http://geo.komisc.ru/min2020>

Научная программа:

1. История, философия и методология минералогии.
2. Генетическая минералогия. Типоморфизм минералов и минеральных ассоциаций. Генетико-информационная минералогия.
3. Минералогическая кристаллография и кристаллогенезис.
4. Конституция и свойства минералов. Физика минералов.
5. Микронанодисперсное состояние минерального вещества. Наноминералогия.
6. Биоминералогия и биоминеральные взаимодействия. Органические минералы и минералоиды.
7. Экспериментальное моделирование процессов минералообразования.
8. Минералогия месторождений полезных ископаемых. Топоминералогия.
9. Геоматериаловедение. Рациональное использование минерального сырья.
10. Минералогия астроблем и метеоритов.
11. Музееведение. Основы сохранения геологической информации.

В рамках конференции состоится XIII Российский семинар по технологической минералогии «Минералого-технологическая оценка твердых полезных ископаемых, проблемы рудоподготовки и обогащения минерального сырья». Подробную информацию смотрите на сайте:

<http://igkrc.ru>

Бюро оргкомитета:

Председатель — академик РАН А. М. Асхабов
Сопредседатели: чл.-корр. РАН Ю. Б. Марин,
чл.-корр. РАН С. В. Кривовичев,
д. г.-м. н. О. Б. Котова
Ученые секретари: к. г.-м. н. Д. А. Шушков,
м. н. с. А. В. Понарядов

Контрольные сроки:

Представление материалов докладов — до 1 марта 2020 г.
Рассылка программы — до 30 апреля 2020 г.
Заезд и регистрация участников — 18 мая 2020 г.
Открытие конференции — 19 мая 2020 г.

Контакты:

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН
ул. Первомайская, 54, Сыктывкар, Республика Коми, 167982
(812) 24-53-53 — приемная директора
(812) 44-71-51 — Козырева Ирина Владимировна
(ученый секретарь ИГ Коми НЦ УрО РАН)
Факс: (812) 24-09-70
(812) 24-51-60 — Шушков Дмитрий Александрович

E-mail: dashushkov@geo.komisc.ru
avponaryadov@geo.komi.sc.ru

The Institute of Geology named after Academician N. P. Yushkin of the Komi Science Center of Ural Branch of the Russian Academy of sciences, Federal Research Center «Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», The Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Russian Mineralogical Society, Russian Foundation for Basic Research will conduct Russian conference with international participation «Modern problems of theoretical, experimental and applied mineralogy» (Yushkin Readings — 2020) on May 19–22, 2020 in Syktyvkar and invite you to take part in it. For more information, see the website:

Scientific program:

1. History, philosophy and methods of mineralogy.
2. Genetic mineralogy. Typomorphism of minerals and mineral associations. Genetic information mineralogy.
3. Mineralogical crystallography and crystal genesis.
4. Constitution and features of minerals. Physic of minerals.
5. Micro- and nanodisperse state of mineral substance. Nanomineralogy.
6. Biomineralogy. Organic minerals and biomineral interactions. Organic minerals and mineraloids.
7. Experimental simulation of mineral formation processes.
8. Deposit mineralogy. Topomineralogy.
9. Geomaterial science. Rational application of mineral raw.
10. Mineralogy of astroblemes and meteorites.
11. Museology. Basics of the conservation of geological information.

The 13th Russian Seminar on Technological Mineralogy «Mineralogical and technological assessment of solid minerals, problems of ore preparation and mineral raw processing» will be held as part of the conference. For more information, see the website:

Organizing Committee Bureau:

Chairman — Academician of RAS A. M. Askhabov
Co-Chairs: Corr. Member of RAS Yu. B. Marin,
Corr. Member of RAS S. V. Krivovichev,
D. Sc (geol.-miner.) O. B. Kotova
Science Secretaries: Cand. Sc. (geol.-miner.) D. A. Shushkov,
JRF A. V. Ponaryadov

Deadlines:

Report submission — 1 March 2020
Program mailing — 30 April 2020
Registration of participants — 18 May 2020
Conference Opening — 19 May 2020

Contacts:

Institute of Geology Komi SC UB RAS
54, Pervomayskaya street, Syktyvkar, Komi Republic, 167982
+7 (812) 24-53-53 — Director Office
+7 (812) 44-71-51 — Kozyreva Irina Vladimirovna
(Science Secretary of IG Komi SC UB RAS)
Fax: +7 (812) 24-09-70
+7 (812) 24-51-60 — Shushkov Dmitry Alexandrovich



ПАМЯТИ ПАЛЕОНТОЛОГА • IN MEMORY OF THE PALEONTOLOGIST

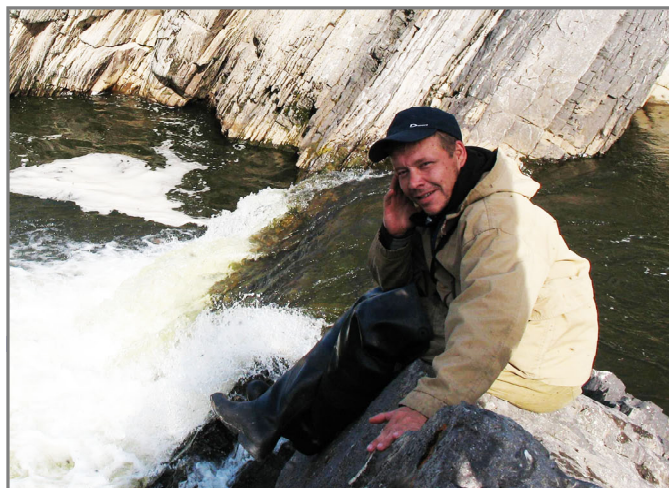
On October 31, 2019, Senior Researcher, Candidate of geological and mineralogical sciences **Vladimir Yuryevich Lukin** suddenly died. From 2011 to 2018 he led the Laboratory of Stratigraphy. He was a recognized specialist on tabulatomorphous corals.

В последний день октября 2019 г. скоропостижно скончался **Владимир Юрьевич Лукин**, старший научный сотрудник, кандидат геол.-мин. наук, заведующий лабораторией стратиграфии (2011—2018), признанный специалист по табулятоморфным кораллам.



В. Ю. Лукин (16.05.1973—31.10.2019) поступил на работу в лабораторию стратиграфии Института геологии Коми НЦ УрО РАН в 1995 г. после окончания химико-биологического факультета Сыктывкарского государственного университета (специальность «биология»). Прошел путь от стажера-исследователя до старшего научного сотрудника, руководителя лаборатории стратиграфии. С 1995 по 1998 гг. обучался в очной аспирантуре Коми НЦ УрО РАН, в 2005 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию. Научные интересы В. Ю. Лукина были связаны с исследованием видового разнообразия табулятоморфных кораллов силура и девона севера Урала и Тимана, филогенеза, эволюции, стратиграфического значения и закономерностей распространения табулят во времени и пространстве. Полученные в процессе научной работы Владимира Юрьевича результаты нашли свое отражение более чем в 100 науч-

ных публикациях. В. Ю. Лукин успешно сочетал научную деятельность с научно-организационной. Он возглавлял Сыктывкарское отделение Палеонтологического общества, был организатором всероссийских и международных конференций, симпозиумов и полевых экскурсий. За заслуги в области фундаментальных научных исследований для молодых ученых был награжден Премией Правительства Республики Коми.



Коллеги ценили Владимира Юрьевича за ум, доброжелательность и внимание к людям. Хорошая память о нём навсегда останется в сердцах всех, кто его знал.

ХРОНИКА

14 октября — 100 лет со дня рождения д. г.-м. н. М. В. Фишмана (1919—2003). Работал в Институте геологии с 1948 по 2003 гг., был директором института, ведущим научным сотрудником-консультантом.

14—16 октября в ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН состоялась Всероссийская научная конференция «Геохимия нефти и газа, нефтематеринских пород, угля и горючих сланцев».

17 октября — 70-летний юбилей заведующей лабораторией химии минерального сырья (до 2013 г.) к. х. н. Т. Н. Тарасовой.

Chronicle

October 14 — the 100th Anniversary of the birth of Dr.Sc. (geology and mineralogy) M. V. Fishman (1919—2003). He worked at the Institute of Geology from 1948 to 2003 as Director, Leading Research Consultant.

October 14—16 — All-Russian Scientific Conference «Geochemistry of oil and gas, source rocks, coal and oil shales» was held at the Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS.

October 17 — the 70th Anniversary of Cand. Sc. (chemistry) T. N. Tarasova — Head (till 2013) of the Laboratory of Mineral Raw Chemistry.

Ответственный за выпуск:
Д. А. Шушков

Редакторы издательства:
О. В. Габова,
К. В. Ордин (английский)

Компьютерная верстка
Т. В. Хазовой

Свид. о рег. средства массовой информации ПИ № ФС77-75435 от 19.04.2019, выданное Роскомнадзором.

Отпечатано: 29.11.2019. Формат бумаги 60×84 1/8. Печать RISO. Усл. п. л. 7,5. Тираж 140. Заказ 1119.

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