

## **РЭДАКЦЫЙНАЯ КАЛЕГІЯ**

А. А. Махнач (галоўны рэдактар), С. У. Дзямідава (намеснік галоўнага рэдактара),  
М. П. Аношка (намеснік галоўнага рэдактара), Г. М. Бубнава (адказны сакратар),  
М. А. Багдасараў, Р. Г. Гарэцкі, А. М. Галкін, Р. Э. Гірын, Я. Г. Грыбік, С. І. Гримус, В. Г. Жогла,  
У. І. Зуй, А. В. Кудзельскі, Я. А. Кухарык, А. В. Мацвеев, А. П. Мох, В. І. Пашкевіч,  
У. М. Шымановіч, П. А. Сахарук (тэхнічны рэдактар)

## **МІЖНАРОДНЫ РЭДАКЦЫНЫ САВЕТ**

А. А. Махнач (старшыня, Беларусь), К. Я. Дзегцяроў (Расія), А. У. Пятроў (Расія),  
С. К. Кузняцоў (Расія), А. Я. Лукін (Украіна), Л. Маркс (Польшча), Т. Перыт (Польшча),  
С. Шляўпа (Літва), М. К. Абсаметаў (Казахстан)

## **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

А. А. Махнач (главный редактор), С. В. Демидова (заместитель главного редактора),  
М. П. Оношко (заместитель главного редактора), А. М. Бубнова (ответственный секретарь),  
М. А. Богдасаров, Р. Г. Гарецкий, А. Н. Галкин, Р. Э. Гирин, Я. Г. Грибик, С. И. Гримус, В. Г. Жогло,  
В. И. Зуй, А. В. Кудельский, Е. А. Кухарик, А. В. Матвеев, О. П. Мох, В. И. Пашкевич,  
Б. М. Шиманович, П. О. Сахарук (технический редактор)

## **МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**

А. А. Махнач (председатель, Беларусь), К. Е. Дегтярёв (Россия), О. В. Петров (Россия),  
С. К. Кузнецов (Россия), А. Е. Лукин (Украина), Л. Маркс (Польша), Т. Перит (Польша),  
С. Шляупа (Литва), М. К. Абсаметов (Казахстан)

## **EDITORIAL BOARD**

A. Makhnach (Editor-in-Chief), S. Dziamidava (Deputy Editor-in-Chief),  
M. Anoshka (Deputy Editor-in-Chief), A. Bubnova (Executive secretary),  
M. Bahdasarau, R. Garetsky, A. Galkin, R. Giryn, Ya. Gribik, S. Grymus, V. Zhogla,  
U. Zui, A. Kudzelsky, Ya. Kukharyk, A. Matsveeu, A. Mokh, V. Pashkevich,  
U. Shymanovich, P. Sakharuk (technical editor)

## **INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD**

A. Makhnach (Chairman, Belarus), K. Degtyaryov (Russia), O. Petrov (Russia),  
S. Kuznecov (Russia), A. Lukin (Ukraine), L. Marks (Poland), T. Peryt (Poland),  
S. Shliaupa (Lithuania), M. Absametov (Kazakhstan)

Фота на вокладцы: Валун «Расколаты камень», геалагічны помнік прыроды рэспубліканскага значэння.  
Знаходзіцца ў Слонімскім раёне, на адлегласці каля 4 км на ўсход ад гарадскога раёна «Альберцін» Слоніма.  
Даўжыня першага валуна 3 м, шырыня 2,5 м, вышыня 3,5 м. Вышыня другога валуна 2,15 м.  
Здымак УП «Унітэхпрам БДУ», 2022 г.

## ЗМЕСТ

### ■ ГЕАЛОГІЯ

Ю. С. Ляхніцкі, Ю. У. Заіка

АБ КАНЦЭПЦЫ ПАШЫРЭННЯ І ПУЛЬСАЦЫ ЗЯМЛІ ..... 4

А. Г. Лапцэвіч, А. Ю. Галубкова, А. Ф. Кузьмянкова, Т. В. Васкабойнікава, К. А. Кушым  
КОТЛІНСКІ ГАРЫЗОНТ ВЕРХНЯГА ВЕНДУ БЕЛАРУСІ: ЛІТАЛАГЧНАЕ РАСЧЛЯНЕННЕ І БІЯСТРАТЫГРАФІЧНАЕ АБГРУНТАВАННЕ ..... 17

Дз. П. Плакс  
ПРЖЫДОЛЬСКАЯ ІХТЫЯФАЎНА БЕЛАРУСІ ..... 26

У. І. Талсташэў, П. А. Сахарук  
СТРАТЫГРАФІЯ І КАРЭЛЯЦЫ АДКЛАДАЎ ВІЗЭЙСКАГА ЯРУСА НІЖНЯГА КАРБОНУ ПАЎДНЁВА-УСХОДНЯЙ БЕЛАРУСІ  
НА ТЭРЫТОРЫЯХ, СУМЕЖНЫХ З ПРЫПЯЦКІМ ПРАГІНАМ ..... 48

М. А. Багдасароў, М. М. Шэшкі  
ПАЛЕАГЕНАВЫЯ РОССЫПЫ БУРШТИНУ СУМЕЖНЫХ ТЭРЫТОРЫЙ ПОЛЬШЧЫ, БЕЛАРУСІ І УКРАІНЫ ..... 63

Г. В. Шыдлоўская, Т. Б. Рылова  
ПАЛІНАСТРАТЫГРАФІЯ І ЎМОВЫ ФАРМІРАВАННЯ АДКЛАДАЎ НАРАЎСКАГА (ВЕРХНЯЯ ЧАСТКА) І БЕЛАВЕЖСКАГА  
(БОРКАЎСКІ ПАДГАРЫЗОНТ) ГАРЫЗОНТАЎ ПЛЕЙСТАЦЭНУ БЕЛАРУСІ ..... 77

А. М. Галкін, В. А. Каралёў  
КЛАСІФІКАЦЫЯ ЭКОЛАГА-ГЕАЛАГЧНЫХ СІСТЭМ БЕЛАРУСІ НА АСНОВЕ ЎЛІКУ АСАБЛІВАСЦЕЙ ЛІТАТОПАЎ  
І ІНЖЭНЕРНА-ГАСПАДАРЧЫХ АБ'ЕКТАЎ ..... 99

### ■ ГЕАХІМІЯ

А. А. Махнac, Б. Г. Пакроўскі, В. В. Мурашка  
ІЗАТОПЫ ВУГЛЯРОДУ І КІСЛАРОДУ  
Ў СЯРЭДНЯЙФЕЛЬСКІХ АДКЛАДАХ БЕЛАРУСІ ..... 111

■ КАРЫСНЫЯ ВЫКАПНІ  
В. Дз. Парошын, С. Л. Парошына  
ПРАГНОЗ ЗМЯНЕННЯ КАНЦЭНТРАЦЫЙ ЁДУ І БРОМУ ў СПАДАРОЖНЫХ ВОДАХ НАFTAVЫХ РАДОВІШЧАЎ БЕЛАРУСІ  
ПРЫ ІХ ВІКАРЫСТАННІ ў ЯКАСЦІ ГІДРАМІНЕРАЛЬНЯЙ СЫРАВІНЫ ..... 130

■ ПАПУЛЯРЫЗАЦЫЯ ГЕАЛОГІІ  
К. Ю. Балашоў, А. М. Балашова  
ДОСВЕД ПАДРЫХТОУКІ ГЕАЛАГЧНЫХ МАРШРУТАЎ ДЛЯ ШКОЛЬНЫХ ЭКСКУРСІЙ І ВУЧЭБНЫХ ЭКСПЕДЫЦІЙ  
НА ТЭРЫТОРЫІ ЖЛОБІНСКАГА РАЁНА ГОМЕЛЬСКАЙ ВОБЛАСЦІ ..... 146

■ КАРОТКІЯ ПАВЕДАМЛЕННІ  
Д. П. Плакс, В. В. Мельнікаў  
ПРА ЗНАХОДКІ ПЕРАДКЛАДЗЕННЫХ РЭШТКАЎ ДЭВОНСКАЙ ІХТЫЯФАЎНЫ ў ЧАЦВЯРЦЧНЫХ АДКЛАДАХ НАВАКОЛЛЯ МАГЛЁВА ..... 159

■ ДАВЕДАЧНЫЯ МАТЭРЫЯЛЫ  
С. У. Дзямідава, П. А. Сахарук  
АГЛЯД ПУБЛІКАЦЫЙ, ЯКІЯ ЎВАЙШЛІ ў СПРАВАЗДАЧУ СТРАТЫГРАФІЧНай КАМІСII БЕЛАРУСІ ЗА 2022 ГОД ..... 163

■ ХРОНІКА  
В. А. Бярозка  
СЕМІНАР «ГІДРАГЕАЛОГІЯ І МАНІТОРЫНГ ПАДЗЕМНЫХ ВОД БЕЛАРУСІ» ..... 167

В. У. Васнёва  
МІЖНАРОДНАЯ НАВУКОВА-ПРАКTYЧНАЯ КАНФЕРЭНЦЫЯ «АКТУАЛЬНЫЯ ПЫТАННІ ЭФЕКТЫЎНАГА І КОМПЛЕКСНАГА  
ВІКАРЫСТАННЯ ВОДНЫХ РЭСУРСАЎ» ..... 169

■ ЮБІЛЕІ  
Аляксей Васільевіч Мацвеев (да 85-годдзя з дня нараджэння) ..... 168  
Яраслаў Гаўрылавіч Грыбік (да 75-годдзя з дня нараджэння) ..... 171

■ СТРАТЫ НАВУКІ  
Іван Іванавіч Ліштван (03.11.1932–17.02.2023) ..... 173

■ ПАМЯЦІ ВУЧЧОНАГА  
Павел Апалонавіч Туткоўскі (да 165-годдзя з дня нараджэння) ..... 175  
Аляксандр Васільевіч Фурсенка (да 120-годдзя з дня нараджэння) ..... 177

Валянцін Мікалаевіч Шчарбіна (да 115-годдзя з дня нараджэння) ..... 179  
Ніна Аляксандраўна Махнac (да 100-годдзя з дня нараджэння) ..... 180

Юрый Гаўрылавіч Сіманаў (да 100-годдзя з дня нараджэння) ..... 181

■ НАВІНКІ ЛІТАРАТУРЫ ..... 183

■ ПРАВІЛЫ ДЛЯ АЎТАРАЎ ..... 186

# ЛІТАСФЕРА

# 1 (58)

# 2023

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр по геологии»

Научный журнал, основанный в ноябре 1994 г. Выходит 2 раза в год. Июнь 2023 года

Republican unitary enterprise «Research and Production Center for Geology»

Scientific Journal set up in November, 1994 is published two times a year. June 2023

## СОДЕРЖАНИЕ - CONTENT

### ■ ГЕОЛОГИЯ – GEOLOGY

Yu. Lyakhnitskiy, Yu. Zaika

ON THE CONCEPT OF THE EXPANDING AND PULSATING EARTH (О КОНЦЕПЦИИ РАСПЫРЯЮЩЕЙСЯ И ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ЗЕМЛИ) ..... 4

А. Г. Лапцевич, Е. Ю. Голубкова, О. Ф. Кузьменкова, Т. В. Воскобойникова, Е. А. Кушим  
КОТЛИНСКИЙ ГОРИЗОНТ ВЕРХНЕГО ВЕНДА БЕЛАРУСИ: ЛИТОЛОГИЧЕСКОЕ РАСЧЛЕНЕНИЕ

И БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ..... 17

D. Plax

PŘIDOLIAN ICNTHYOFauna OF BELARUS (ПРЖИДОЛЬСКАЯ ИХТИОФАУНА БЕЛАРУСИ) ..... 26

В. И. Толстощев, П. О. Сахарук

СТРАТИГРАФИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ВИЗЕЙСКОГО ЯРУСА НИЖНЕГО КАРБОНА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БЕЛАРУСИ  
НА ТЕРРИТОРИЯХ, СОПРЕДЕЛЬНЫХ С ПРИПЯТСКИМ ПРОГИБОМ ..... 48

M. Bahdasarau, M. Sheshka

PALEOGENE AMBER PLACERS IN THE ADJACENT TERRITORIES OF POLAND, BELARUS AND UKRAINE  
(ПАЛЕОГЕННЫЕ РОССЫПИ ЯНТАРЯ СМЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПОЛЬШИ, БЕЛАРУСИ И УКРАИНЫ) ..... 63

А. В. Шидловская, Т. Б. Рылова

ПАЛИНОСТРАТИГРАФИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ НАРЕВСКОГО (ВЕРХНЯЯ ЧАСТЬ)  
И БЕЛОВЕЖСКОГО (БОРКОВСКИЙ ПОДГОРИЗОНТ) ГОРИЗОНТОВ ПЛЕЙСТОЦЕНА БЕЛАРУСИ ..... 77

А. Н. Галкин, В. А. Королёв

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЕЛАРУСИ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ОСОБЕННОСТЕЙ  
ЛИТОТОПОВ И ИНЖЕНЕРНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ..... 99

### ■ ГЕОХИМИЯ – GEOCHEMISTRY

A. A. Махнач, Б. Г. Покровский, О. В. Мурашко

ИЗОТОПЫ УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА В СРЕДНЕЭЙФЕЛЬСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ БЕЛАРУСИ ..... 111

### ■ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ – MINERAL RESOURCES

В. Д. Порошин, С. Л. Порошина

ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЙОДА И БРОМА В ПОПУТНЫХ ВОДАХ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
БЕЛАРУСИ ПРИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КАЧЕСТВЕ ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ..... 130

### ■ ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ ГЕОЛОГИИ – POPULARIZATION OF GEOLOGY

К. Ю. Балашов, А. М. Балашова

ОПЫТ ПОДГОТОВКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ ДЛЯ ШКОЛЬНЫХ ЭКСКУРСИЙ И УЧЕБНЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ  
НА ТЕРРИТОРИИ ЖЛОБИНСКОГО РАЙОНА ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 146

### ■ КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ – RESEARCH BRIEFS

Д. П. Плакс, В. В. Мельников

О НАХОДКАХ ПЕРЕОТЛОЖЕННЫХ ОСТАТКОВ ДЕВОНСКОЙ ИХТИОФАУНЫ В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ  
ОКРЕСТНОСТЕЙ МОГИЛЕВА ..... 159

### ■ СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – REFERENCE MATERIALS

С. В. Демидова, П. О. Сахарук

ОБЗОР ПУБЛИКАЦИЙ, ВОШЕДШИХ В ОТЧЕТ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КОМИССИИ БЕЛАРУСИ ЗА 2022 ГОД ..... 163

### ■ ХРОНИКА – CHRONICLE

О. А. Берёзко

СЕМИНАР «ГИДРОГЕОЛОГИЯ И МОНИТОРИНГ ПОДЗЕМНЫХ ВОД БЕЛАРУСИ» ..... 166

О. В. Васиёва

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОГО  
И КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ» ..... 167

### ■ ЮБИЛЕИ – ANNIVERSARIES

Алексей Васильевич Матвеев (к 85-летию со дня рождения) ..... 168

Ярослав Гаврилович Грибик (к 75-летию со дня рождения) ..... 171

### ■ ПОТЕРИ НАУКИ – OBITUARIES

Иван Иванович Лиштван (03.11.1932–17.02.2023) ..... 173

### ■ ПАМЯТИ УЧЕНОГО – IN MEMORIAM

Павел Аполлонович Тутковский (к 165-летию со дня рождения) ..... 175

Александр Васильевич Фурсенко (к 120-летию со дня рождения) ..... 177

Валентин Николаевич Щербина (к 115-летию со дня рождения) ..... 179

Нина Александровна Махнач (к 100-летию со дня рождения) ..... 180

Юрий Гаврилович Симонов (к 100-летию со дня рождения) ..... 181

### ■ НОВИНКИ ЛИТЕРАТУРЫ – NEW LITERATURE

 ..... 183

### ■ ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ – AUTHOR GUIDELINES

 ..... 186

## ГЕАЛОГІЯ

UDC 550.2

### ON THE CONCEPT OF THE EXPANDING AND PULSATING EARTH

Yu. Lyakhnitskiy<sup>1</sup>, Yu. Zaika<sup>2</sup>

<sup>1</sup>A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute («VSEGEI»)

74 Sredny Prospekt, 199106, St. Petersburg, Russia

E-mail: yuri\_lyakhnitsky@vsegi.ru

<sup>2</sup>Unitary Enterprise «Geoservice»

53 Yanki Maura St, 220015, Minsk, Belarus

E-mail: cyrtophyllum@gmail.com

*This article deals with some debatable issues in the field of geology that can be resolved within the framework of the expanding and pulsating Earth hypothesis. It is assumed that cosmic factors, including the rotation of the Solar System around the center of the Galaxy, may cause periodic fluctuations in some parameters of the Earth, including its size. As proof of the concept of rhythmic pulsations of the Earth, statistical evidence is given for the confinement of various mineral deposits to different intervals of the planet's history. Pulsations in the size of the Earth are a secondary phenomenon in relation to its general expansion, which can be evidenced by both geological and paleontological data. The concept of the expansion and pulsations of the planet is proposed as the basis of a new geotectonic theory, in which certain provisions of all the previously proposed hypotheses of the evolution of the Earth will also find a place.*

#### INTRODUCTION

Throughout the history of geology, dozens of hypotheses for the structure and evolution of our planet have been proposed. Among them, the *geosynclinal theory*, based on extensive empirical material, played a special role [27]. The geosynclinal theory significantly contributed to the development of mineralogy, the discovery of huge reserves of mineral resources, and led to the understanding of a stable connection between the structure and history of the Earth's crust and the underlying mantle to a depth of hundreds of kilometers. At the same time, the configuration of the opposite shores of the Atlantic Ocean has long been striking; there were other facts that indicated, as it seemed, the splitting and displacement of the continents. Taken together, this formed the basis of *mobilism* [78]. Later, with the discovery of mid-ocean ridges, the magnetic striping of the Atlantic oceanic crust, the phenomenon of spreading, and with the development of earlier ideas about convection, the *hypothesis of plate tectonics* took shape [11; 21; 23; 74].

Plate tectonics attracted with its simplicity: the earth's crust, like a conveyor belt, is in a continuous cycle, the continents amalgamate and split, the oceans grow and then they close, and all this repeats endlessly. For many geologists, especially beginners, this concept was very convenient, since it did not require an understanding of the complex issues of geosynclinal theory. As a result, the plate tectonics hypothesis

was very quickly adopted and permeated all areas of geology. However, having received actual recognition as the «official» paradigm, from the very beginning it faced a variety of geological and geophysical objections, the number of which grew over time [9; 25; 50; 61]. To eliminate them, plate tectonists had to split the plates into blocks and various units of different sizes, and “move” them in different directions, creating numerous versions that contradict each other and the facts. For all that, reasonable doubts were completely ignored as to whether crustal units and plates can drift at all, based on geophysical evidence that the mantle is solid, and the centers of magmatic melting are not connected into a single whole. No less speculative are the hypotheses about convection currents and convection cells in the mantle that move the plates. Particularly important in plate tectonics is the concept of subduction zones, despite the fact that convincing evidence of sinking into the mantle and absorption of oceanic crust in Benioff – Wadati zones has not yet been obtained. Not all geologists and geophysicists share the confidence with which plate tectonists are plunging the oceanic crust into a mantle with much greater density and under enormous pressure. Subduction is contradicted by many facts, including the horizontal occurrence of Upper Cenozoic sediments in deep-sea trenches, without obvious signs of their subsidence, numerous occurrences of the ancient Precambrian crust, which should have already been repeatedly passed through the subduction conveyor and disappear,

and others [2; 9; 50]. There are no quantitative energy models of plate tectonics that do not contradict reliable knowledge about the Earth's energy sources [17]. The paleomagnetic foundations of plate tectonics are also the subject of considerable criticism [17; 61].

The bibliography on these issues is quite extensive and can hardly be fully considered here. However, an unbiased examination of the main objections is enough to cast doubt on the ability of plate tectonics in its current form to serve as a basic geotectonic theory. And, most importantly, plate tectonics has not become a reliable basis for predictive mineralogical research, although it allows explaining the occurrence of mineralization. But when thinking about a geotectonic concept that would also have practical applications, we should not forget that all concepts are models that are only approximations of reality. And if in the exact sciences new theories usually absorb the old ones, becoming more comprehensive, then why in geology is it possible to break everything and build a new hypothesis, completely neglecting all the successful experience of predecessors?

Undoubtedly, a truly universal geotectonic theory would be of exceptional importance. Apparently, the solution to many mysteries of the Earth's evolution can be obtained if we abandon the notion of the static nature of its dimensions and some physical parameters. According to N. E. Mart'yanov, who developed the hypothesis of the Earth's pulsations: «the main mistakes of geologists have always come from the idea of the Earth as an unshakable firmament, it is very difficult and reluctant to recognize the mobility of our planet» [40]. It is on this basis that the hypotheses of contraction and expansion of the Earth were previously suggested. Despite their apparent opposition, these concepts are actually compatible with each other, in particular, if expansion is considered as a process of a higher order. The hypothesis of the expanding Earth was put forward in the 19th century [82] and subsequently found many supporters [6; 22; 42; 45; 46; 68], although the details of their views differ significantly.

The hypothesis of the expansion of the Earth makes it possible to do without a highly controversial postulate that the continents «float» on the mantle. The growth of ancient platforms and their build-up by young ones may be the result of the expansion of the planet, and folded belts – geosynclines – are zones of tension and compression. Modern oceans, possibly partly associated with spreading zones (the reality of which is also disputed [50]), are relatively young Mesozoic – Cenozoic phenomena. The main reason for the expansion of the planet may be its huge heterogeneity: extremely high density (up to  $12 \text{ g/cm}^3$ ), pressure (12–13 kbar) and temperature of the core (up to  $7000^\circ\text{C}$ )

and lower mantle compared to low values for the upper shells, especially the crust [76]. Sharp differences in pressure, density and temperature at «critical» depths indicate phase transitions of matter. This contributes to its transfer to the upper shells, a decrease in density and an increase in the volume of the planet. As its radius increases, its axial rotation slows down. The migration of matter and energy from the depths to the surface can take various forms, including hot plumes, flows of hydrothermal matter and hydrothermokarst. Degassing of the mantle and possibly the core can play an important role and occurs in a variety of ways, including mud volcanoes and gas craters. These processes result in deep internal decompaction and an increase in the volume of the planet. The reason for the expansion can also be electromagnetic processes in the core associated with tidal and other cosmic phenomena that cause it to heat up.

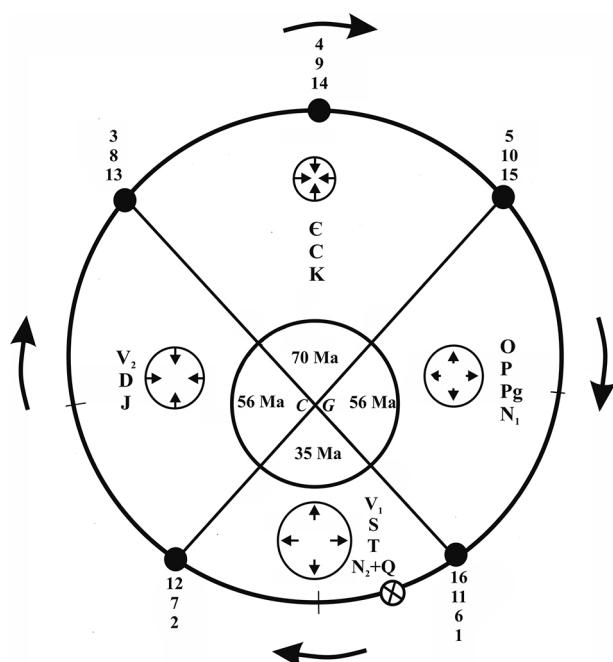
When considering a comprehensive concept of the Earth's geotectonics, one cannot ignore the issue of significant anisotropy of the crust and mantle, which has been proven from deep sounding and seismic tomography data [66]. The consequence of this is the mosaic structure of the crust. For the hypothesis of the planet's expansion, the occurrence of blocks different in scale, structure, and metallogenic specifics is quite logical and is explained by the heterogeneity of processes in the crust caused by complex processes in the mantle. The block structure of the Earth's crust is generally recognized, with differences in approaches to the selection of the blocks themselves [28; 29].

## ASTRONOMY DATA

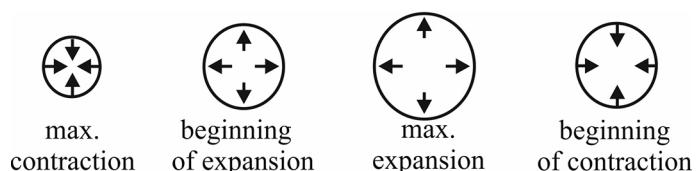
The diversity of geological phenomena, including many of those on which the earlier contractionist hypothesis was based, makes it undeniable that the entire history of the Earth cannot be explained by its expansion alone. And here it is necessary to dwell on the possible role of rhythmic processes, the nature of which can be determined by cosmic factors. Of these, the most important is the motion of the Solar System in its orbit around the center of the Galaxy. The recognition of cosmic rhythms and their substantiation by the methods of stellar astronomy led to the conclusion that the duration of the galactic year is about 214–220 million years [67; 83; 84]. A number of other estimates give a different duration, usually not exceeding 250 Ma. According to this model, the galactic year includes one long period (approximately 70 million years) – apogalacticon (A, or «summer»), one short period (approx. 35 million years) – perigalacticon (P, «winter») and two transitional periods (approx. 56 million years) – AP («autumn») and PA («spring»)

(fig. 1). During the transit of apogalacticon by the Solar System, transgressions and climate warming prevail on Earth under conditions of planetary contraction ( $\epsilon$ ; C; K), while during the transit of perigalacticon, regressions, climate cooling and planetary expansion take place ( $V_1$ ; S; T;  $N_2$ -Q). For «spring», the beginning of contraction is characteristic ( $V_2$ ; D; J), whereas in «autumn», an increase in expansion of the Earth takes place (O; P; Pg- $N_1$ ). The mechanism of the influence of cosmic rhythms on geotectonic processes can be associated with a change in the speed of rotation of the planet depending on the changing speed of the Solar System, according to the law of conservation of angular momentum in the system. The effect of inhomogeneity of the magnetic and gravitational fields when

approaching the center of the Galaxy or fluctuations in the gravitational constant is also possible. Despite the fact that the exact nature of the influence is not entirely clear, the facts show that geotectonic processes, epochs of ore formation and the evolution of life can apparently be correlated with the change of the galactic «seasons». We must admit that the concept of the galactic year and its influence on geological and biological evolution is far from universally accepted. Nevertheless, this approach is reliably substantiated by geological studies. There are signs of rhythms in magmatism, orogenic and paleoecological events, simultaneous activation of transgressions and regressions in polar and equatorial regions due to rotational processes [51].



**Figure 1 – Cycles of expansion and contraction of the Earth in the late Proterozoic and Phanerozoic in accordance with the concept of the Galactic year (modified after [67; 84])**



CG – Galactic Center; x – current position of the Solar system on Galactic orbit.

$V_{1,2}$  – early and late Vendian;  $\epsilon$  – Cambrian; O – Ordovician; S – Silurian; D – Devonian;

C – Carboniferous; P – Permian; T – Triassic; J – Jurassic; K – Cretaceous; Pg – Paleogene;

$N_{1,2}$  – early and late Neogene; Q – Quaternary.

1-16 – tectonic epochs: 1 – Baikalian; 2, 4 – unnamed; 3 – Late Baikalian; 5 – Salairian;

6 – Takonian; 7 – Late Caledonian; 8 – Bretonian; 9 – Sudetian; 10 – Uralian; 11 – Late Hercynian;

12 – Early Cimmerian; 13 – Late Cimmerian; 14 – Austrian; 15 – Laramian; 16 – Late Alpine.

## MINERAGENIC DATA

Mineragenic evidence of cosmic rhythms is a convincing confirmation of the above hypothesis. Periods of the galactic year with different geotectonic regimes are characterized by specific complexes of minerals. Mineragenic epochs and regular formation of diamondiferous diatremes are confidently correlated with them [47].

Statistical analysis of ore formation in the Phanerozoic on the territory of the former USSR revealed a number of patterns [38; 39; 72]. By the number of deposits, the maximum epochs of ore formation are associated with the period «A», the minimum – with «P», whereas «autumn» (AP) and «spring» (PA) account for an intermediate intensity of ore genesis [38]. «A-mineralization» is confined mainly to orogens, activation zones and mature geosynclines, and «P-mineralization» – to rift zones, epochs of basalt eruption, formation of trap rocks, basic and ultrabasic magmatism. The epochs of hydrothermal and magmatic mineralization in 44 ore formations in the Phanerozoic are distributed as follows: P – 9 %, PA – 19 %, A – 42 %, AP – 30 %. A-periods account for most of the tin, gold, molybdenum, lead-zinc, porphyry copper, almost all chromite and antimony-mercury, half of the gold-silver and tungsten occurrences. The AP periods are characterized by pure mercury, molybdenum-tungsten and copper-pyrite deposits, while the PA periods are characterized by copper-pyrite, rare-metal-fluorite, tungsten and iron-skarn deposits. The P-periods are characterized by the development of copper-nickel and platinum ores under conditions of continental rifting, basalt magmatism, formation of traps, basic and ultrabasic intrusions. These data are explained by the fact that granitoid magmatism is widespread during contraction («A») epochs, while basalts erupt and traps form during expansion («P»).

Stratiform mineralization is confined mainly to periods «A» (37 %) and «PA» (29 %); lead-zinc, iron ore, manganese, and fluorite deposits also predominate. Most of the deposits of cupriferous sandstones (17 %) belong to «AP», and 17 % of deposits of predominantly telethermal hydrothermal-sedimentary lead-zinc deposits also belong to «P». Sedimentary ores, including coal and phosphorites, are more confined to periods «A» (34 %) and «AP» (38 %) and less often to the period «PA» (18 %). Only 9 % of sedimentary ores are associated with the «P» period [41].

Thus, the mineragenic patterns are in good agreement with the rhythms of the galactic year.

## PALEONTOLOGICAL DATA

As suggested above, the Earth is undergoing gradual decompaction accompanied by an increase in its radius. A possible paleontological evidence of this trend is a decrease in the number of daily growth lines in the annual growth rhythms of the skeletons of fossil invertebrates, in particular, corals. Judging by them, the number of days in a year was about 400 in the Devonian, 390–385 in the Carboniferous, and 380 in the Triassic, while in extant corals the annual number of daily lines approximately corresponds to the length of the modern year [31; 79]. The decrease in the number of days could be caused by a slowdown in the rotation of the Earth due to an increase in its size. There is also paleontological evidence for a reduction in the number of days in a lunar month [65].

The possible long-term influence of changes in cosmic parameters on the history of life is a poorly studied issue. The direct ways of this influence are not entirely clear, and the most important planetary physical factors that last throughout the evolution of life are assumed to be constant. These include, for example, the force of gravity, which creates restrictions on the maximum body mass of organisms and determines many of their biological characteristics [19]. At the same time, some researchers do not rule out a progressive increase in gravity over the course of geological history or, on the contrary, its decrease [46]. There are also assumptions about fluctuations in the Earth's mass and gravity in different parts of the galactic orbit [84].

Below, some paleontological data are considered on the assumption that the force of gravity was indeed not constant. In this case, it can be expected that its fluctuations would have a more noticeable effect on the body mass of actively moving animals than those that move passively (drifting) or are attached to the substrate. Therefore, we combined the sequence of alleged epochs of the Earth's expansion and contraction in the Phanerozoic with estimates of the lifetime body mass of the largest animals in the history of the Earth, moving through active movements (fig. 2 and 3, compiled according to [5; 12; 13; 14; 15; 16; 18; 20; 33; 34; 35; 36; 43; 44; 49; 53; 55; 56; 57; 59; 62; 63; 64; 70; 73; 77; 81]). It should be admitted that estimates of the body mass of fossil animals essentially depend on the method of calculation and on how complete the preservation of the fossil material is. Some of the estimates are based on comparisons with modern and extinct animals of similar sizes, body proportions and close systematic position.

Figure 2 shows a graph of the maximum body mass of **aquatic animals** over time. The threshold of 1 ton

could have been reached in the Middle Ordovician (cephalopod *Endoceras giganteum* Hall). At the end of the Paleozoic, the maximum body weight of the largest shark-like fish could exceed 5 tons, by analogy with some modern sharks. A noticeable increase – up to 80 tons – is observed in Triassic ichthyosaurs. Marine organisms of the Mesozoic that existed after the Triassic marine extinction reached a mass of up to 45 tons in the Jurassic (bone fish *Leedsichthys*) and more than 10 tons in the Cretaceous (some reptiles). The next epoch of increase is dated to the late Cenozoic: in some Neogene whales, the mass approached almost 60 tons, and in Neogene *Otodus* sharks, according to various estimates, it reached 100 tons or more. The heaviest animal in the history of the Earth is the blue whale (average weight is about 115 tons, the maximum ever recorded – 199 tons) – known from the Pleistocene to the present. In addition to the blue whale, the modern fauna includes other cetaceans and representatives of some systematic groups (for example, the whale shark), whose mass is measured in tens of tons. Thus, the body

mass of mobile aquatic organisms has undergone a general increase over time, which does not contradict the hypotheses of the decompaction of the Earth and the decrease in gravity [46].

The maximum body mass of **terrestrial animals** (see fig. 3) could reach 2 tons at the end of the Paleozoic and approached 9 tons in the Triassic (*Lisowicia*), after which it increased to several tens of tons (possibly more than 100 tons) in Jurassic and Cretaceous sauropods. The existence of such heavy vertebrates on land, in addition to morphophysiological adaptations and other reasons, may well be explained by the gravity favoring gigantism. In the Paleogene – the beginning of the Neogene, there is a new megafauna, represented by mammals with an upper mass limit of over 20 tons. In Pleistocene the diversity of terrestrial giants decreases, and the maximum body mass is now 10–12 tons (African elephant). However, judging by figure 4, the modern fauna is approximately at the same level of the largest body mass as the Neogene.

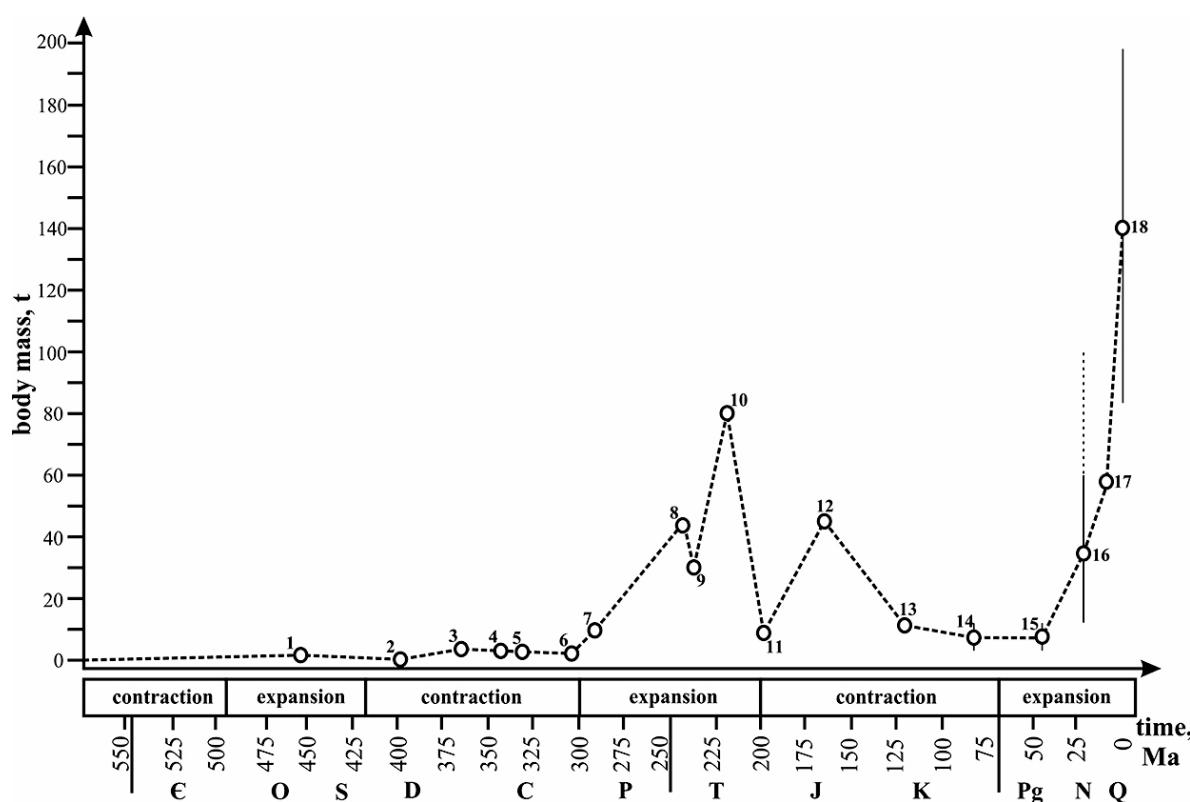


Figure 2 – Maximum (average maximum) body mass of aquatic animals

- 1 – *Endoceras giganteum* Hall (? 0,5–1,0 t); 2, 3 – *Placodermi* (*Tityosteus*, *Dunkleosteus* spp. (? 0,2–2,0 t);
- 4 – *Saivodus striatus* (Agassiz) (? 2,0–3,0 t); 5 – *Rhizodus hibberti* Owen (? 1,5–2,5 t);
- 6 – *Edestus heinrichi* Newberry et Worthen (? 1,5–2,5 t); 7 – *Helicoprion bessonowi* Karpinsky (> 5,0 t);
- 8 – *Cymbospondylus* spp. (> 40,0 t); 9 – *Shonisaurus popularis* Camp (30,0 t); 10 – *Shastasaurus sikanniensis* (Nicholls et Manabe) (80,0 t); 11 – *Temnodontosaurus platyodon* (Conybeare) (5,0–10,0 t); 12 – *Leedsichthys problematicus* Woodward (45,0 t); 13 – *Kronosaurus* and *Eiectus* spp. (10,0–12,0 t); 14 – *Tylosaurus proriger* Cope (6,0–7,0 t);
- 15 – *Basilosaurus* spp. (5,0–7,0 t); 16 – *Otodus megalodon* (Agassiz) (12,0–60,0 t); 17 – *Livyatan melvillei* (Lambert et al.) (50,0–60,0 t); 18 – *Balaenoptera musculus* (Linnaeus) (80,0–199,0 t). Compiled primarily from sources cited in the text.

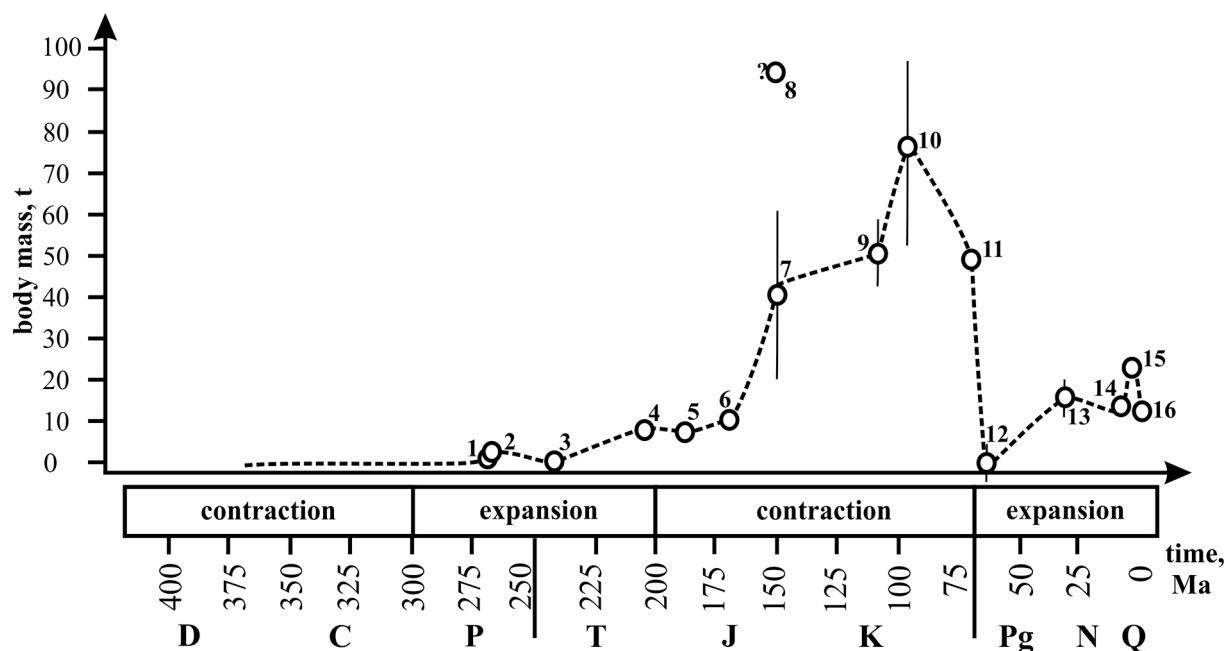


Figure 3 – Maximum (average maximum) body mass of terrestrial animals

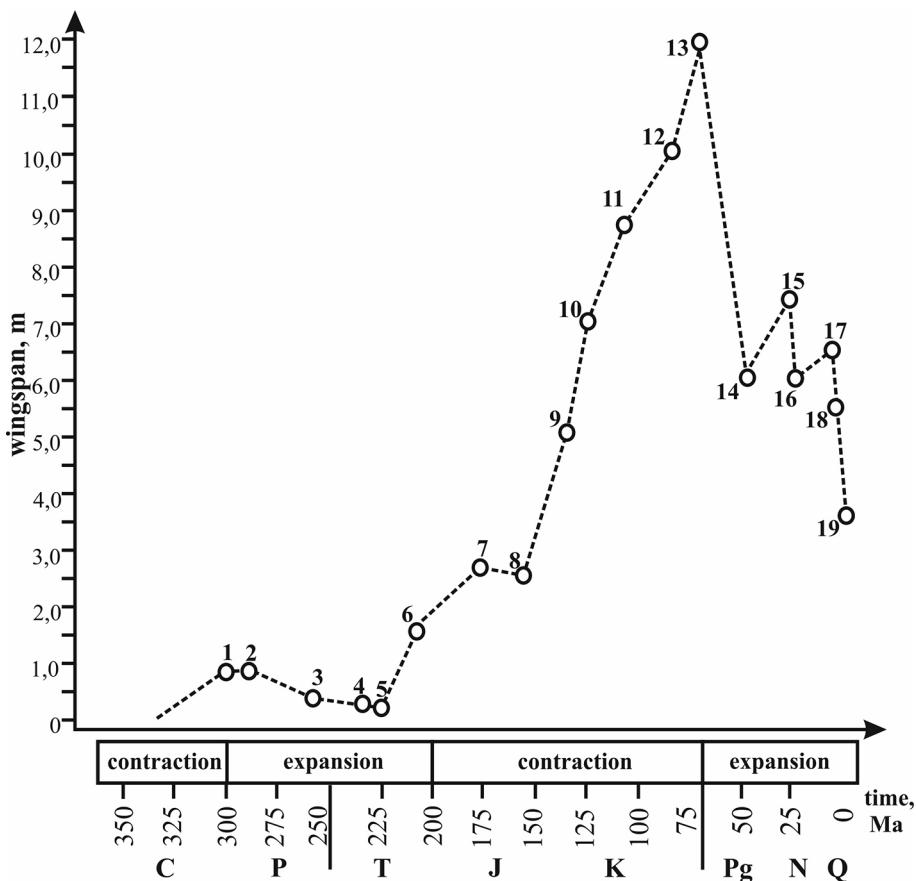
- 1 – *Tapinocaninus pamela* Rubidge (0,5–1,0 t); 2 – *Tapinocephalus atherstonei* Owen (1,0–2,0 t);
- 3 – *Kannemeyeria* spp. (0,5–1,0 t); 4 – *Lisowicia bojani* Sulej et Niedźwiedzki (7,0–9,0 t);
- 5 – *Barapasaurus tagorei* Jain et al. (7,0 t); 6 – *Omeisaurus* spp. (9,0–10,0 t); 7 – *Barosaurus latus* Marsh (20,0–60,0 t); 8 – *Maraapunisaurus fragillimus* (Cope) (? 70,0–125,0 t); 9 – *Sauroposeidon proteles* Wedel et al. (40,0–60,0 t);
- 10 – *Argentinosaurus huinculensis* Bonaparte et Coria (50,0–100,0 t); 11 – *Dreadnoughtus schrani* Lacovara et al. (45,0–50,0 t);
- 12 – *Titanoboa cerrejonensis* Head et al. (0,7–1,1 t); 13 – *Paraceratherium transouralicum* (Pavlova) (10,0–20,0 t);
- 14 – *Deinotherium* spp. (12,0–14,0 t); 15 – *Palaeoloxodon namadicus* (Falconer et Cautley) (22,0 t);
- 16 – *Loxodonta africana* (Blumenbach) (12,2 t). Compiled primarily from sources cited in the text.

Thus, the most general pattern is an increase in the body mass of terrestrial animals, with peak values in the second half of the Mesozoic, a hypothetical epoch of increasing contraction and maximum contraction of the Earth.

For flying organisms, due to the lack of reliable data on body mass, we take the wingspan as the main criterion, supplemented, when possible, by body mass estimates (see fig. 4, compiled according to [1; 3; 4; 7; 8; 24; 26; 30; 32; 33; 34; 37; 48; 52; 54; 58; 69; 71; 75; 80; 81]). Flying animals of the late Paleozoic are represented by insects with a wingspan of about 0,7 m, which, obviously, were quite light. The largest flying organisms (reptiles) of the Mesozoic, dated to the end of the Cretaceous, had a wingspan of about 12 m and a body mass of up to 250 kg or even more. There are different opinions about their ability to fly, but the question of whether they could fly at all in modern conditions is far from clear. The Cenozoic part of the diagram is represented by the birds *Pelagornis*, with a maximum wingspan of more than 7 m and a mass of up to 40 kg, and *Argentavis*, with a wingspan of more than 6 m and with an estimated body mass of more than

70 kg. This significantly exceeds the same characteristics of the largest modern flying birds such as the wandering albatross (wingspan of about 3,5 m, average body mass over 10 kg) and the kori bustard (wingspan over 2,5 m, mass nearly 20 kg). The ability of *Argentavis* and *Pelagornis* to fly at such a large body mass is not entirely clear, based on the knowledge of the flight of modern birds. It can be assumed that the flight of giant flying vertebrates of the Mesozoic and Cenozoic, in addition to probable causes related to the composition and physical properties of the atmosphere of the past, or with various adaptations, could also be favored by the factor of lower gravity.

Thus, according to figures 2–4, the relationship between historical changes in body mass of animals and the Earth's pulsations is not very clear. We can only note the general similarity of all three diagrams: the growth begins during the period of expansion, reaches a maximum during the period of contraction (in aquatic animals – at the end of the expansion – the beginning of the contraction), decreases in the second half of the contraction period, and then again experiences growth during the time of expansion.

**Figure 4 – Maximum wingspan of flying animals**

- 1 – *Meganeura monyi* (Brongniart) (0,70 m); 2 – *Meganeuropsis permiana* Carpenter (> 0,70 m);  
 3 – *Weigeltisaurus jackeli* (Weigelt) (? 0,20–0,40 m); 4 – *Gigatitan* spp. (0,4 m); 5 – *Sharovipteryx mirabilis* (Sharov) (? 0,20–0,30 m); 6 – *Caelestiventus hansenii* Britt et al. (> 1,5 m); 7 – *Dearc sgiathanach* Jagielska et al. (2,5–3,0 m);  
 8 – *Harpactognathus gentryii* Carpenter (2,5 m); 9 – *Caulkicephalus trimicrodon* Steel et al. (5,0 m);  
 10 – *Moganopterus zhuiiana* Lü et al. (? 7,0 m); 11 – *Tropeognathus mesembrinus* Wellnhofer (? 8,0–9,0 m);  
 12 – *Cryodrakon boreas* Hone et al. (10,0 m); 13 – *Quetzalcoatlus northropi* Lawson (12,0 m; 70–250 kg);  
 14 – *Gigantornis eaglesomei* Andrews (6,0 m); 15 – *Pelagornis sandersi* Ksepka (6,0–7,4 m); 16 – *Pelagornis miocaenus* Lartet (5,5–6,5 m); 17 – *Argentavis magnificens* Campbell et Tonni (6,5 m, 70–80 kg); 18 – *Aiolornis incredibilis* (Howard) (5,5 m, > 20 kg); 19 – *Diomedea exulans* L. (3,7 m, 12 kg). Compiled primarily from sources cited in the text.

More definitely, one can observe the pattern of the general increase in body mass over time. It is important to note that during the history of life, there has also been an increase in the overall size of organisms [60]. Together, this may reflect historical changes in the physical parameters of the Earth. This general pattern, apparently, was violated by biotic events and rearrangements of the geographical and ecological situation.

Nevertheless, possible signs of the influence of the Earth's pulsations on the history of life can be seen in the similarity of the sizes and body masses of organisms confined to the same epochs of expansion or contraction of the Earth. In particular, we can point to examples from the modern and Triassic epochs of the maximum expansion of the Earth. Among them, the maximum mass of the largest modern land animal (African elephant) and the supposed largest land

animal of the Triassic (*Lisowicia*) are very close to each other. Giant Triassic crocodile-shaped amphibians (*Mastodonsaurus*) are probably identical in size and mass to largest modern crocodiles. Apparently, the largest Triassic crocodile-like reptiles (such as *Collossosuchus* [10]) are also characterized by sizes close to largest modern crocodiles. The largest ichthyosaurs of the Triassic in length and mass resemble recent cetaceans. The wingspan of *Caelestiventus*, the largest known Triassic pterosaur, is almost identical to the largest modern bats (*Pteropus*).

We can also assume a correlation between the supposed sequence of the Earth's pulsations and the time of appearance of a number of morphological analogies in animals. For example, comparing the faunas of the Triassic and the late Cenozoic, one can point to the well-known convergence of ichthyosaurs,

which flourished in the Triassic, and toothed whales of the Neogene – Quaternary. Also noteworthy is the presence of a number of similar features in Permian and Triassic synapsids and Cenozoic mammals (epochs of the beginning of expansion and maximum expansion of the Earth). As follows from the extensive coral literature, many examples of similarity can be traced among coral polyps (Anthozoa). The Octocoral genus *Heliopora* (modern, occurs since the Miocene) is similar to Heliolitoidea of the Upper Ordovician and Silurian (both are confined to epochs of the beginning of expansion and maximum expansion of the Earth). In a similar way, Octocorals *Tubipora* (recent, occurs from the Miocene) are identical to the Upper Ordovician tabulate coral genus *Sarcinula* and the Lower Silurian *Cannapora*. Tabulates *Paleofavosites*, *Favosites* or *Thecia* (Upper Ordovician and Silurian, the beginning of expansion and maximum expansion of the Earth) are almost identical to the scleractinian genus *Alveopora* (recent, known since the Paleogene, the beginning of expansion and maximum expansion of the Earth). Rugose corals *Tjanshanophyllum* and scleractiniamorphs *Kilbuchophyllia* (Upper Ordovician, the epoch of the beginning of expansion of the Earth) are reminiscent of the scleractinian genus *Fungia* (modern, known from the Eocene, the beginning of expansion of the Earth). Tabulate corals *Scoliopora* and *Alveolites* (Devonian), are similar to the Jurassic scleractinians *Hispaniastraea* (both are confined to epochs of the beginning of contraction of the Earth). There are also examples that, at first glance, do not quite agree with this pattern. In particular, the Rugose corals of the *Waagenophyllidae* family (Permian, the beginning of expansion of the Earth) are very similar to the scleractinians of the *Faviidae* family (modern, known from the Jurassic, the beginning of the contraction of the Earth). However, as seen in figure 1, during these time intervals the Solar System occupied symmetrical segments of the orbit, equidistant from the galactic center.

The above review allows us to suggest the following assumptions.

There is a historical increase in the maximum body mass of actively moving animals, which is consistent with the idea of a decrease in gravity. This trend was likely disrupted by secondary events, including extinctions, geographic and ecological transformations. The influence of the different location of the Solar System during its movement along the Galactic orbit is also possible.

The body mass of terrestrial and flying animals are supposedly more dependent on changes in gravity than in aquatic animals, since their motion occurs without the support of the hydrostatic underwater weighing.

In this case, the gigantism of terrestrial and flying vertebrates may be an indication of periods of lower gravity than in our time. It is possible that changes in gravity could be subject to long-term fluctuations of various orders, which are superimposed on the general downward trend.

There are examples of the similarity in size, mass, and body shape of animals that lived in analogical or symmetrical epochs of contraction or expansion. Presumably, this can be explained by the similarity of physical parameters when the Solar System passes through similar parts of the Galactic orbit.

## CONCLUSIONS

The theory of plate tectonics, which has the status of an official paradigm in geology, encounters many objections and, in its current form, contradicts a large number of facts. Elimination of these contradictions is possible within the framework of a new comprehensive theory of the structure and evolution of the Earth. This new geotectonic concept should incorporate the experience and empiricism of the geosynclinal theory, ideas about the pulsations of the planet and its general expansion, its multi-block structure, and other essential data about the Earth. It will also have a place for some elements of plate tectonics.

The reality of epochs of the Earth's pulsations, superimposed on its gradual expansion, is indicated by the predominant confinement of various complexes of mineral deposits to certain periods of geological history. Supposedly, the dynamics of long-term changes in the physical parameters of the planet has an effect also on the organic evolution. The hypotheses of the expansion of the Earth and the progressive decrease in gravity are consistent with the general increase in the body mass of animals, which is most noticeable in aquatic forms, as well as with an increase in the overall size of organisms. An indication of the expansion of the planet may be a slowdown in its rotation and a decrease in the number of days in a year, as evidenced by daily growth lines in fossil invertebrates, primarily corals.

It is possible that the hypothetical fluctuations in gravity accompanying the pulsations of the Earth, in some time intervals, could favor the growth of body mass and gigantism, or, conversely, were among the causes of extinctions of large organisms.

We hope that the new concept will be based on the synthesis of geological data and the achievements of other fields of knowledge, and will allow moving towards a universal theory of the structure and evolution of the Earth.

**Acknowledgements.** The authors are very grateful to Academician Radzim Haretski (Minsk, Belarus) for his approval and positive review, which made the publication of this article possible.

## REFERENCES

1. Alexander, D. E. Ancient *Argentavis* soars again / D. E. Alexander // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2007. – 24 July. – 104 (30). – P. 12233–12234.
2. Belousov, V. V. Fundamentals of Geotectonics [Osnovy geotektoniki] / V. V. Belousov // M. : Nedra, 1989. – 382 p. (in Russian).
3. Britt, B. B. *Caelestiventus hansenii* gen. et sp. nov. extends the desert-dwelling pterosaur record back 65 million years / B. B. Britt [et al.] // Nature Ecology and Evolution. – 2018. – 2 (9). – P. 1386–1392.
4. Campbell, K. A new genus for the incredible teratorn / K. Campbell, E. Scott, K. Springer // Smithsonian Contributions to Paleobiology. – 1999. – 89. – P. 169–175.
5. Campione, N. E. The accuracy and precision of body mass estimation in non-avian dinosaurs / N. E. Campione, D. C. Evans // Biological Reviews. – 2020. – 95 (6). – P. 1759–1797.
6. Carey, S. W. The Expanding Earth / S. W. Carey. – Amsterdam : Elsevier, 1976. – 448 p.
7. Carpenter, K. A new scaphognathine pterosaur from the Upper Jurassic Formation of Wyoming, USA / K. Carpenter [et al.] // Evolution and Palaeobiology of Pterosaurs / E. Buffetaut, J.-M. Mazin (eds.). – Geological Society of London, Special Publications. – 2003. – 217. – P. 45–54.
8. Chatterjee, S. The aerodynamics of Argentavis, the world's largest flying bird from the Miocene of Argentina / S. Chatterjee, R. J. Templin, K. E. Campbell // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2007. – July 24. – 104 (30). – P. 12398–12403.
9. Controversial aspects of plate tectonics and possible alternatives [Spornyye aspeкty tektoniki plit i vozmozhnyie alterativy]. Collection of scientific articles / V. N. Sholpo (resp. ed.) // Moscow : Institute of Earth Physics of the Russian Academy of Sciences. – 2002. – 236 p. (in Russian).
10. Datta, D. A giant phytosaur (Diapsida, Archosauria) from the Upper Triassic of India with new insights on phytosaur migration, endemism and extinction / D. Datta, S. Ray // Papers in Palaeontology. – 2023. – 9 (1). – e1476. DOI:10.1002/spp2.1476.
11. Dietz, R. S. Continent and Ocean Basin Evolution by Spreading of the Sea Floor / R. S. Dietz // Nature. – 1961. – 190 (4779). – P. 854–857.
12. Engelman, R. K. A Devonian Fish Tale: A New Method of Body Length Estimation Suggests Much Smaller Sizes for *Dunkleosteus terrelli* (Placodermi: Arthrodire) / R. K. Engelman // Diversity. – 2023. – 15 (3). – 318. DOI:10.3390/d15030318.
13. Feldman, A. Body sizes and diversification rates of lizards, snakes, amphisbaenians and the tuatara / A. Feldman [et al.] // Global Ecology and Biogeography. – 2016. – 25 (2). – P. 187–197.
14. Ferrón, H. G. Assessing metabolic constraints on the maximum body size of actinopterygians: locomotion energetics of *Leedsichthys problematicus* (Actinopterygii, Pachycormiformes) / H. G. Ferrón [et al.] // Palaeontology. – 2018. – 61 (5). – P. 775–783.
15. Flower, R. H. Status of endoceroid classification / R. H. Flower // Journal of Paleontology. – 1955. – 29 (3). – P. 329–371.
16. Gingerich, P. D. Paleobiological perspectives on Mesonychia, Archaeoceti, and the origin of whales / Gingerich, P. D. // The Emergence of Whales: Evolutionary Patterns in the Origin of Cetacea // J. G. M. Thewissen (ed.). – New York : Springer, 1998. – P. 423–449.
17. Gordienko, V. V. On the plate tectonics hypothesis [O gipoteze tektoniki plit] / V. V. Gordienko // Geophysical Journal. – № 6. – V. 35. – 2013. – P. 71–100 (in Russian).
18. Gottfried, M. D. Size and skeletal anatomy of the giant megatooth shark *Carcharodon megalodon* / M. D. Gottfried, L. J. V. Compagno, S. C. Bowman // Great White Sharks: The Biology of *Carcharodon carcharias* / A. P. Klimley, D. G. Ainley (eds.). – San Diego, California : Academic Press, 1996. – P. 55–89.
19. Haldane, J. B. S. On Being the Right Size / J. B. S. Haldane // According to: G. E. Feldman: J. Haldane. 1892–1964. – M. : Nauka, 1976. – 216 p. (in Russian).
20. Head, J. Cranial osteology, body size, systematics, and ecology of the giant Paleocene snake *Titanoboa cerrejonensis* / J. Head [et al.] // 73nd Annual Meeting of The Society of Vertebrate Paleontology. – 2013. – P. 140–141.
21. Hess, H. H. History of Ocean Basins / H. H. Hess // Petrologic studies: a volume to honor A. F. Buddington / A. E. J. Engel, H. L. James, B. F. Leonard (eds.). – Boulder, CO : Geological Society of America, 1962. – P. 599–620.

22. **Hilgenberg, O. C.** Vom wachsenden Erdball / O. C. Hilgenberg. – Berlin : Giessmann & Bartsch, 1933. – 56 S.
23. **Holmes, A.** Principles of Physical Geology / A. Holmes // Thomas Nelson and Sons Ltd., 1944. – 532 p.
24. **Jagielska, N.** A skeleton from the Middle Jurassic of Scotland illuminates an earlier origin of large pterosaurs / N. Jagielska [et al.] // Current Biology. – 2022. – Vol. 32. – № 6. – P. 1446–1453.
25. **Karaulov, V. B.** Science geology and plate tectonics [Nauka geologiya i tektonika plit] / V. B. Karaulov // Moscow : Lenand, 2019. – 200 p. (in Russian).
26. **Kellner, A. W. A.** The largest flying reptile from Gondwana: A new specimen of *Tropeognathus* cf. *T. mesembrinus* Wellnhofer, 1987 (Pterodactyloidea, Anhangueridae) and other large pterosaurs from the Romualdo Formation, Lower Cretaceous, Brazil / A. W. A. Kellner [et al.] // Anais da Academia Brasileira de Ciências. – 2013. – 85 (1). – P. 113–135.
27. **Knopf, A.** The geosynclinal theory / A. Knopf // Bulletin of the Geological Society of America. – July 1948. – 59. – P. 649–670.
28. **Krasnyj, L. I.** The global system of geoblocks [Global'naya sistema geoblokov] / L. I. Krasnyj // Moscow : Nedra, 1984. – 223 p. (in Russian).
29. **Krasnyj, L. I.** Evolution of tectonic ideas from the middle of the XIX century to the present [Evolvutsiya tektonicheskikh idey ot serediny XIX stoletiya do sovremennosti] / L. I. Krasnyj // St. Petersburg : VNIIOkeangeologiya, 2003. – 28 p. (in Russian).
30. **Ksepka, D. T.** Flight performance of the largest volant bird / D. T. Ksepka // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2014. – July 7. – 111 (29) – P. 10624–10629.
31. **Kuzmicheva, E. I.** Corals as «geological clocks» [Korally kak «geologicheskiye chasy»] / E. I. Kuzmicheva // Priroda. – 1982. – № 10. – P. 19–25 (in Russian).
32. **Langston, W. Jr.** Pterosaurs / W. Langston, Jr. // Scientific American. – 1981. – 244 (2). – P. 122–137.
33. **Largest organisms** [Electronic resource]. – Mode of access: [https://en.wikipedia.org/wiki/Largest\\_organisms](https://en.wikipedia.org/wiki/Largest_organisms). – Date of access: 01.03.2023.
34. **Largest prehistoric animals** [Electronic resource]. – Mode of access: [https://en.wikipedia.org/wiki/Largest\\_prehistoric\\_animals](https://en.wikipedia.org/wiki/Largest_prehistoric_animals). – Date of access: 01.03.2023.
35. **Laramendi, A.** Shoulder height, body mass and shape of proboscideans / A. Laramendi // Acta Palaeontologica Polonica. – 2016. – 61. – P. 537–574.
36. **Lockyer, C.** Body weights of some species of large whales / C. Lockyer // ICES Journal of Marine Science. – 1976. – Vol. 36. – Iss. 3. – P. 259–273.
37. **Lü, J.** Largest Toothed Pterosaur Skull from the Early Cretaceous Yixian Formation of Western Liaoning, China, with Comments On the Family Boreopteridae / Junchang Lü [et al.] // Acta Geologica Sinica. – 2012. – Vol. 86. – Iss. 2. – P. 287–293.
38. **Lyakhnitskiy, Yu. S.** The connection between epochs of formation of mineral deposits and periods of galactic year [Svyaz epokh formirovaniya poleznykh iskopayemykh s periodami galakticheskogo goda] / Yu. S. Lyakhnitskiy, K. A. Markov // «Novyye idei v estestvoznanii». – Pt. 11. – St. Petersburg : Izdatelstvo RAN, 1996. – P. 240–326 (in Russian).
39. **Malich, N. S.** Main issues of modern metallogeny [Osnovnyye problemy sovremennoy metallogenii] / N. S. Malich [et al.] // St. Petersburg : Izdatelstvo VSEGEI, 1995. – 30 p. (in Russian).
40. **Mart'yanov, N. E.** Considerations on Pulsations of the Earth [Razmyshleniya o pul'satsiyakh Zemli] / N. E. Mart'yanov // Krasnoyarsk : KNIIGiMS, 2003. – 270 p. (in Russian).
41. **Matveyev, A. K.** Coal deposits of foreign countries [Ugoł'nyye mestorozhdeniya zarubezhnykh stran] / A. K. Matveyev // M. : Nedra, 1968. – 430 p. (in Russian).
42. **Maxlow, J.** Beyond plate tectonics: did geoscience get it right? / J. Maxlow // An International Journal for New Concepts in Global Tectonics. – December 2022. – Vol. 10. – № 4. – P. 302–311.
43. **Mazzetta, G. V.** Giants and Bizarres: Body Size of Some Southern South American Cretaceous Dinosaurs / G. V. Mazzetta [et al.] // Historical Biology. – 2004. – Vol. 16. – № 2–4. – P. 1–13.
44. **McClain, C. R.** Sizing ocean giants: patterns of intraspecific size variation in marine megafauna / C. R. McClain [et al.] // PeerJ. 3. – 2015. – January 13 – e715. DOI:10.7717/peerj.715.
45. **Milanovskiy, E. E.** Pulsation and expansion of the Earth – a possible key to understanding its tectonic development and volcanism in the Phanerozoic [Pul'satsiya i rasshireniye Zemli – vozmozhnyy klyuch k ponimaniyu jeio tektonicheskogo razvitiya i vulkanizma v fanerozoye] / E. E. Milanovskiy // Priroda. – 1978. – № 7. – P. 22–34 (in Russian).

46. **Milanovskiy, E. E.** Expanding and pulsating Earth [Rasshiriyayushchayasya i pu'siruyushchaya Zemlya] / E. E. Milanovskiy // Priroda. – 1982. – № 8. – P. 46–60 (in Russian).
47. **Milashev, V. A.** Periodicity of kimberlite magmatism [Periodichnost' kimberlitovogo magmatizma] / V. A. Milashev // Novyye idei v yestestvoznanii. – Pt. 11. – St. Petersburg : Izdatelstvo RAN, 1996. – P. 189–196 (in Russian).
48. **Mitchell, F. L.** A dazzle of dragonflies / F. L. Mitchell, J. L. Lasswell // Texas A&M University Press, 2005. – 224 p.
49. **Molina-Perez, R.** Dinosaur Facts and Figures: The Sauropods and Other Sauropodomorphs / R. Molina-Perez, A. Larramendi // New Jersey : Princeton University Press, 2020. – 272 p.
50. **Oceanization** of the Earth – An Alternative to Neomobilism. Collection of scientific papers [Okeanizatsija Zemli – alternativa neomobilizmu. Zbornik nauchnykh statej] / V. V. Orlenok (resp. ed.) // Kaliningrad State University, 2004. – 268 p. (in Russian).
51. **Odesskiy, I. A.** Rotation-pulsation regime of the Earth as a source of geospheric processes [Rotatsionno-pul'satsionnyy rezhim Zemli – istochnik geosfernykh processov] / I. A. Odesskiy. – St. Petersburg : Izdatelstvo Politekhnicheskogo Universiteta, 2005. – 100 p. (in Russian).
52. **Olson, S. L.** The fossil record of birds / S. L. Olson // Avian Biology / D. S. Farner, J. R. King, K. C. Parkes (eds.). – 1985 – № 8. – P. 79–252.
53. **Otero, A.** The appendicular osteology of *Patagotitan mayorum* (Dinosauria, Sauropoda) / A. Otero, J. L. Carballido, A. Pérez Moreno // Journal of Vertebrate Paleontology. – 2020. – e1793158. DOI:10.1080/02724634.2020.1793158.
54. **Park, T.-Y. S.** A new titanopteran *Magnatitan jongheoni* n. gen. n. sp. from southwestern Korean Peninsula / T.-Y. S. Park, D.-Y. Kim, G.-S. Nam; M. Lee // Journal of Paleontology. – 2022. – May 06. – Vol. 96. – № 5. – P. 1111–1118.
55. **Paul, G. S.** Big sauropods – really, really big sauropods / G. S. Paul // The Dinosaur Report. – Fall 1994. – P. 12–13.
56. **Paul, G. S.** The Princeton Field Guide to Dinosaurs. 2nd edition / G. S. Paul // Princeton University Press, 2016. – 230 p.
57. **Paul, G. S.** Determining the largest known land animal: A critical comparison of differing methods for restoring the volume and mass of extinct animals / G. S. Paul // Annals of the Carnegie Museum. – 2019. – Vol. 85. – № 4. – P. 335–358.
58. **Paul, G. S.** The Princeton Field Guide to Pterosaurs / G. S. Paul // Princeton University Press, 2022. – 159 p.
59. **Paul, G. S.** The Princeton Field Guide to Mesozoic Sea Reptiles / G. S. Paul // Princeton University Press, 2022. – 104 p.
60. **Payne, J. L.** Two-phase increase in the maximum size of life over 3.5 billion years reflects biological innovation and environmental opportunity / J. L. Payne [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2009. – January 6. – Vol. 106. – № 1. – P. 24–27.
61. **Pratt, D.** Plate tectonics: a paradigm under threat / D. Pratt // Journal of Scientific Exploration. – 2000. – Vol. 14. – № 3. – P. 307–352.
62. **Romano, M.** First 3D reconstruction and volumetric body mass estimate of the tapinocephalid dinocephalian *Tapinocaninus pamela* (Synapsida: Therapsida) / M. Romano, B. Rubidge // Historical Biology. – 2019. – Vol. 33. – № 4. – P. 498–505.
63. **Sander, P. M.** Early giant reveals faster evolution of large body size in ichthyosaurs than in cetaceans / P. M. Sander [et al.] // Science. – 2021. – eabf5787. DOI:10.1126/science.abf5787.
64. **Sander, P. M.** Giant Late Triassic Ichthyosaurs from the Kössen Formation of the Swiss Alps and their paleobiological implications / P. M. Sander [et al.] // Journal of Vertebrate Paleontology. – 2022. – e2046017. DOI:10.1080/02724634.2021.2046017.
65. **Scrutton, C. T.** Periodicity in Devonian coral growth / C. T. Scrutton // Paleontology. – 1965. – № 7. – P. 552–558.
66. **Seredkina, A. I.** Anizotropic properties of upper mantle in Central Asia according to group velocity dispersion of Rayleigh and Love waves [Anizotropnye svojstva verkhnej mantii v tsentralnoj Azii po dannym dispersii gruppovych skorostej voln Rayleigh i Love] / A. I. Seredkina, O. A. Solovey // Geodynamics & Tectonophysics. – 2018. – Vol. 9. – № 2. – P. 427–437 (in Russian).
67. **Shpital'naya, A. A.** The problem of determining the parameters of the galactic orbit of the solar system [Problema opredeleniya parametrov galakticheskoy orbity Solnechnoy sistemy] / A. A. Shpital'naya,

- Yu. A. Zakoldajev, A. A. Yefimov // Problemy issledovaniya Vselennoy. – Vypusk 17. – St. Petersburg, 1994. – P. 353–365 (in Russian).
68. **Shtengelov, Y. S.** Signs of modern global expansion of the earth's crust [Priznaki sovremennoj global'nogo rasshireniya zemnoj kory] / Y. S. Shtengelov // Problemy rasshireniya i pul'satsii Zemli. – M. : Nauka, 1984. – P. 129–141 (in Russian).
69. **Steel, L.** A new pterodactyloid pterosaur from the Wessex Formation (Lower Cretaceous) of the Isle of Wight, England / L. Steel, D. M. Martill, D. M. Unwin, J. D. Winch // Cretaceous Research. – 2005. – Vol. 26. – № 4. – P. 686–698.
70. **Sulej, T.** An elephant-sized Late Triassic synapsid with erect limbs / T. Sulej, G. Niedzwiedzki // Science. – 2019. – 4 January. – № 363 (6422). – P. 78–80.
71. **Taylor, P. D.** Fossil Invertebrates / P. D. Taylor, D. N. Lewis. – Harvard University Press, 2007. – 160 p.
72. **Tomson, I. N.** Metallogeny of ore regions [Metallogeniya rudnykh regionov] / I. N. Tomson. – M. : Nedra, 1988. – 214 p. (in Russian).
73. **Villafañá, J. A.** Rise and fall in diversity of Neogene marine vertebrates on the temperate Pacific coast of South America / J. A. Villafañá, M. M. Rivadeneira // Paleobiology. – 2014. – Vol. 40. – № 4. – P. 659–674.
74. **Vine, F.** Magnetic anomalies over oceanic ridges / F. Vine, D. Matthews // Nature. – 1963. – Vol. 199. – № 4897. – P. 947–949.
75. **Vizcaíno, S. F.** On the flight capabilities and distribution of the giant Miocene bird *Argentavis magnificens* (Teratornithidae) / S. F. Vizcaíno, R. A. Fariña // Lethaia. – 2007. – March 29. – Vol. 32. – № 4. – P. 271–278.
76. **Voytkevich, G. V.** Origin and chemical evolution of the Earth [Proiskhozhdeniye i khimicheskaya evolyutsiya Zemli] / G. V. Voytkevich, O. A. Bessonov. – M. : Nedra, 1986. – 212 p. (in Russian).
77. **Wedel, M. J.** Osteology, paleobiology, and relationships of the sauropod dinosaur *Sauroposeidon* / M. J. Wedel, R. L. Cifelli, R. K. Sanders // Acta Palaeontologica Polonica. – 2000. – № 45. – P. 343–388.
78. **Wegener, A.** Die Herausbildung der Grossformen der Erdrinde (Kontinente und Ozeane), auf geophysikalischer Grundlage / A. Wegener // Petermanns Geographische Mitteilungen. – 1912. – January 6. – № 63. – P. 185–195, 253–256, 305–309.
79. **Wells, J. W.** Coral growth and geochronometry / J. W. Wells // Nature. – 1963. – № 197. – P. 948–950.
80. **Witton, M. P.** On the size and flight diversity of giant pterosaurs, the use of birds as pterosaur analogues and comments on pterosaur flightlessness / M. P. Witton, M. B. Habib, V. Laudet // PLOS ONE. – 2010. – № 5 (11). – e13982. DOI:10.1371/journal.pone.0013982.
81. **Wood, G. L.** The Guinness Book of Animal Facts and Feats / G. L. Wood // New York : Sterling Publishing Company Inc., 1983. – 256 p.
82. **Yarkovsky, I. O.** Hypothese cinétique de la Gravitation universelle et connexion avec la formation des éléments chimiques / I. O. Yarkovsky // Revue Philosophique de la France Et de l'Etranger. – 1889. – Vol. 27. – P. 631–634.
83. **Yefimov, A. A.** Astronomical substantiations of absolute geochronology [Astronomicheskiye osnovaniya absolyutnoj geokhronologii] / A. A. Yefimov, Yu. A. Zakoldayev, A. A. Shpital'naya // Problemy issledovaniya Vselennoy. – Vypusk 10. – Leningrad, 1985. – P. 185–201 (in Russian).
84. **Zakoldayev, Yu. A.** Contraction and expansion of the Solar System relative to the center of the Galaxy [Szhatiye i rasshireniye Solnechnoy sistemy otnositel'no tsentra Galaktiki] / Yu. A. Zakoldayev, A. A. Shpital'naya // Trudy Kongressa – 2010 «Fundamental'nyye problemy yestestvoznaniya i tekhniki». – St. Petersburg, 2010. – P. 16–19 (in Russian).

Артыкул паступіў у рэдакцыю 30.11.2022

Рэцэнзент Р. Г. Гарэцкі

## АБ КАНЦЭПЦЫ ПАШЫРЭННЯ И ПУЛЬСАЦЫ ЗЯМЛІ

Ю. С. Ляхніцкі<sup>1</sup>, Ю. У. Заіка<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Усерасійскі навукова-даследчы геалагічны інстытут імя А. П. Карпінскага  
Сярэдні праспект, 74, 199106, Санкт-Петэрбург, Расія

E-mail: yuri\_lyahnitsky@vsegei.ru

<sup>2</sup>Унітарнае прадпрыемства «Геасервіс»  
вул. Я. Маўра, 53, 220015, Мінск, Беларусь  
E-mail: cyrtophyllum@gmail.com

Разгледжаны некаторыя дыскусійныя пытанні геалогіі, якія могуць быць вырашаны на аснове гіпотэзы паширэння і пульсацыі Зямлі. Прыпускаецца, што касмічныя фактары, у тым ліку кручэнне Сонечнай сістэмы вакол галактычнага цэнтра, могуць спрычыніцца да перыядычных зменаў некаторых фізічных параметраў Зямлі, уключна з яе памерамі. Доказам канцэпцыі рytмічных пульсацыяў Зямлі з'яўляюцца статыстычныя заканамернасці прымеркаванасці радовішчаў карысных выкапняў да тых ці іншых інтэрвалоў геалагічнага часу. Пульсацыі памераў Зямлі адбываюцца як другасная з'ява ў дачыненні да больш агульнай тэндэнцыі – паширэння Зямлі. Аб гэтым сведчаць не толькі геалагічныя, але і палеанталагічныя факты. Канцэпцыя пульсацыі і паширэння Зямлі прапануеца ў якасці асновы для новай агульнай геатэктанічнай тэорыі, дзе могуць знайсці месца асобныя палажэнні ўсіх ранейшых поглядаў на эвалюцыю планеты.

## О КОНЦЕПЦИИ РАСШИРЯЮЩЕЙСЯ И ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ЗЕМЛИ

Ю.С. Ляхницкий<sup>1</sup>, Ю.В. Заика<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский геологический институт  
им. А. П. Карпинского

Средний проспект, 74, 199106, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: yuri\_lyahnitsky@vsegei.ru

<sup>2</sup>Унітарное предприятие «Геосервис»  
ул. Я. Мавра, 53, 220015, Минск, Беларусь  
E-mail: cyrtophyllum@gmail.com

Рассмотрены некоторые дискуссионные вопросы геологии, которые могут быть разрешены в рамках гипотезы расширяющейся и пульсирующей Земли. Предполагается, что космические факторы, в том числе изменение положения Солнечной системы относительно центра Галактики, могут быть причиной периодического изменения некоторых физических параметров Земли, включая ее размеры. В доказательство концепции ритмичных пульсаций Земли приводятся статистические закономерности приуроченности месторождений полезных ископаемых к различным интервалам истории планеты. Пульсации размеров Земли происходят на фоне ее общего расширения, о котором могут свидетельствовать не только геологические, но и палеонтологические данные. Концепция расширения и пульсаций планеты предлагается в качестве основы новой общей геотектонической теории, в которой найдут место также отдельные положения всех предлагавшихся ранее воззрений на эволюцию Земли.

УДК 551.72+56.022+57.072 (476)

## КОТЛИНСКИЙ ГОРИЗОНТ ВЕРХНЕГО ВЕНДА БЕЛАРУСИ: ЛИТОЛОГИЧЕСКОЕ РАСЧЛЕНЕНИЕ И БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

А. Г. Лапцэвіч<sup>1</sup>, Е. Ю. Голубкова<sup>2</sup>, О. Ф. Кузьменкова<sup>1</sup>,  
Т. В. Воскобойникова<sup>1</sup>, Е. А. Кушым<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

Филиал «Институт геологии»,

ул. Акад. Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь

E-mail: geomin\_lap@geologiya.by

<sup>2</sup>Институт геологии и геохронологии докембрия РАН,

наб. Макарова, 2, 199034, Санкт-Петербург, Россия

Анализ стратиграфических схем венда Беларуси и европейской части России выявил противоречия в использовании местных подразделений котлинского горизонта. С целью преодоления существующих разнотечений вместо невалидного на территории Беларуси названия «котлинская свита» предлагается новое название «rossонская свита». За стратотип свиты рекомендуется принять разрез котлинского горизонта в скважине IП Северо-Полоцкая, пробуренной на юге Латвийской седловины в 2019 г. Котлинский возраст россонской свиты подтверждается находками микро- и макроскопических ископаемых организмов (ассоциации: II с *Leiosphaeridia minutissima* – *Leiosphaeridia tenuissima*, III с *Aataenia reticularis* – *Primoflagella speciosa* – *Vendotaenia antiqua* и IV с *Aataenia reticularis* – *Bicuspidata fusiformis*). Россонская свита распространена на севере, северо-западе и юго-западе Беларусь. Наиболее стратиграфически полные и мощные разрезы свиты установлены на севере Оришанской впадины и юге Латвийской седловины. Выделенную новую россонскую свиту предложено включить в стратиграфическую схему венденских отложений Беларуси.

### ВВЕДЕНИЕ

Отложения венда Беларуси отличаются полнотой геологической летописи, что позволяет считать их опорными при проведении межрегиональных корреляций с разрезами сопредельных территорий России, Украины, Польши и странами Балтийского региона. Особое значение в этих построениях приобретают местные стратиграфические схемы Беларуси, которые могут стать надежной основой для расчленения, корреляции и датирования верхнедокембрийских отложений Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Однако существующие противоречия в принятых стратиграфических схемах европейской части России [21] и Беларуси [22] заметно ограничивают возможности сопоставления одновозрастных отложений. И в первую очередь это касается верхневенденских терригенных последовательностей котлинского горизонта.

Стратотип котлинской свиты одноименного горизонта был установлен в России на острове Котлин в Финском заливе [19; 20]. В стратотипической местности к котлинской свите была отнесена глинистая пачка, содержащая венденские водоросли, которая позднее была выделена в региональный горизонт [15]. На северо-западе России и в странах Прибалтики к котлинскому горизонту были отнесены песчано-алевролитовые отложения, сопоставляемые с выделенными ранее гдовскими слоями (свитой), и аргиллиты котлин-

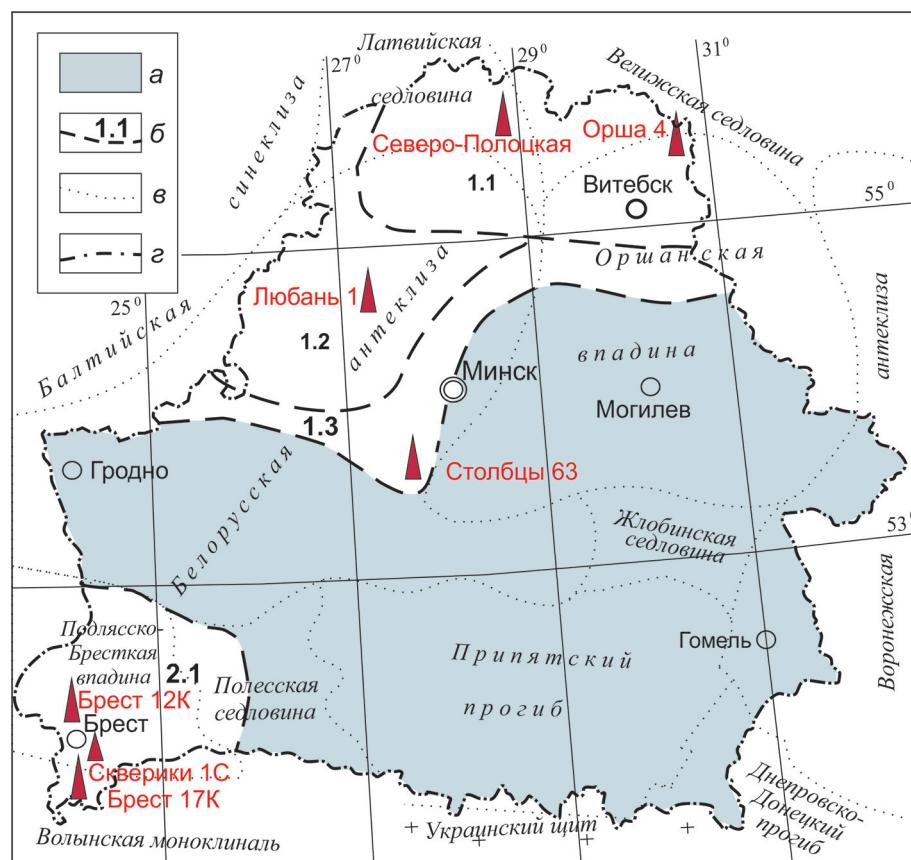
ской свиты [18; 13; 23]. Увеличение стратиграфического объема котлинского горизонта привело в свою очередь к упразднению на территории России гдовской и котлинской свит и выделению новой василеостровской свиты. Это решение было закреплено в постановлении Межведомственного стратиграфического комитета России и его постоянных комиссий в 2011 г. [14]. В настоящее время котлинский горизонт на северо-западе России принимается в объеме василеостровской и воронковской свит [2; 14]. Однако авторы не исключают, что воронковская свита, выделяемая на западе Ленинградской области, востоке Эстонии, Латвии и на северо-востоке Литвы [20], может являться фациальным аналогом верхней части василеостровской свиты котлинского горизонта или нижней части вышележащей ломоносовской свиты лонтоваского горизонта нижнего кембрия. В принятой стратиграфической схеме венда Беларуси котлинский горизонт установлен в объеме котлинской свиты, а нижележащие отложения редкинского горизонта сопоставляются с гдовскими слоями [4; 16; 22]. Учитывая то, что название «котлинская» свита для российской территории было упразднено, но продолжает активно использоваться в унифицированной схеме Беларуси, необходимо проведение комплексных литологических и палеонтологических исследований, направленных на разрешение существующих разнотечений. Решению этой задачи посвящена настоящая работы.

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЗОР

В принятой стратиграфической схеме Беларуси в составе венда выделяются два отдела [4; 9; 22]. Нижний отдел включает ледниковые образования вильчанской серии и вулканогенно-осадочные толщи волынской серии. Верхняя часть волынской серии по комплексу микрофоссилий отнесена к лиозненскому горизонту. Из магматических пород волынской серии Украины и Беларуси получен U-Pb возраст кристаллов циркона, который соответствует интервалу от  $573 \pm 14$  до  $551 \pm 4$  млн лет [24]. На основе анализа распределения ископаемых организмов в составе верхнего отдела венда установлено два горизонта – редкинский и котлинский, отнесенные к валдайской серии [3; 5; 11; 22]. Котлинский горизонт выделяет-

ся в объеме котлинской свиты [22]. В скважинах, вскрытых на севере и северо-востоке Беларуси, в верхней части котлинского горизонта обнаружены макроскопические водоросли *Vendotaenia antiqua* Gnilovskaya и микрофоссилии родов *Leiosphaeridia*, *Pterospermopsimorpha*, *Aataenia*, *Bicuspidata*, *Pomoria*, *Oscillatoriopsis*, *Siphonophycus*, *Primoflagella*, *Caudina*, *Cochleatina*, *Kanilovia*, *Teophipolia* [1; 5–7; 11; 12]. Граница докембрия – кембрия проводится в основании ровенского горизонта по появлению в нем микрофоссилий акритарховой лоны *Teophipolia lacerata* – *Cochleatina rudaminica* [10, 22].

По типам разрезов, их полноте и характеру распространения, а также составу котлинских отложений на территории Беларуси было выделено два структурных района – северный и южный (рис. 1) [22].



**Рисунок 1 – Схема структурного районирования котлинских отложений в пределах территории Беларуси по [4; 9; 17; 22]**

а – отсутствие отложений, б – граница литологических полей, в – границы тектонических структур; г – граница Беларуси.

1 – северный структурный район; литологические поля:

### **1.1 – Оршанская впадина, Латвийская седловина,**

1.1 Оршанская впадина, Латвийская седловина, восточный склон Белорусской антеклизы в составе Виленской возвышенности

1.2 – северо-восточный склон Белорусской антеклизы в составе Вилейского выступа; 1.3 – присводовая часть Белорусской антеклизы; 2 – южный структурный район:

1.5 – присводовая часть Белорусской антиклизы, 2 – южный структурный район. Орляцко-Брестская впадина, южный склон Подесской седловины, Ивацевичский

2.1 – Подлясско-Брестская впадина, южный склон Глобесской седловины, Ивацевичский выступ.

**Северный структурный район** отличается мощными и стратиграфически полными разрезами венда и разделяется на три литологических поля: 1.1, 1.2 и 1.3 (см. рис. 1). Наиболее полные и выдержаные по простиранию разрезы установлены на северо-востоке Оршанской впадины [4; 17; 22] и юге Латвийской седловины [7] (зона 1.1). Опорным разрезом котлинского горизонта первого поля был принят разрез скв. Орша 4 [17]. Отложения, отнесенные в скв. Орша 4 к котлинской свите, представлены мощной (222 м) ритмично сложенной толщей, состоящей из трех пачек. Нижняя пачка сложена разнозернистыми и крупнозернистыми песчаниками олигомиктового состава с прослойями гравелитов. Средняя пачка представлена тонкослоистыми глинистыми алевролитами с единичными прослойями мелкозернистого песчаника. В породах этой пачки содержится пирит и сидерит. Верхняя пачка сложена аргиллитами с многочисленными алеврито-глинистыми и сидерито-глинистыми прослойями. Аргиллиты содержат органические пленки. В кровле верхней пачки (инт. 572,5–570,0 м) обнаружены лиловато-коричневые аргиллиты с прожилками гипса по трещинам усыхания, что указывает на формирование субаэральной коры выветривания [17]. Котлинский горизонт без видимого стратиграфического перерыва залегает на отложениях редкинского горизонта и с несогласием перекрывается витебским горизонтом нижнего девона.

Во втором литологическом поле (1.2) отмечается сокращение мощности котлинского горизонта за счет выпадения из разреза верхней его части [9; 22]. Типовым разрезом второй зоны является разрез скв. Любань 1. Нижняя часть котлинского горизонта в этой скважине сложена разнозернистыми аркозовыми песчаниками и гравелитами, а верхняя – переслаиванием глинистых алевролитов и алевритистых аргиллитов с сидеритовыми конкрециями и органическими пленками. Мощность отложений свиты 94 м. Котлинский горизонт соответственно залегает на черницкой свите редкинского горизонта и без видимого стратиграфического перерыва перекрывается ровенским горизонтом балтийской серии нижнего кембрия [4].

В третьем поле (1.3) отложения котлинского горизонта распространены фрагментарно и представлены только разнозернистыми гравийными песчаниками с прослойями алевролитов (скв. Столбцы 63, мощность 41 м). По литологическому составу эти отложения сопоставимы с нижней частью «котлинской» свиты. Котлинский горизонт с размывом залегает на песчаниках редкинского горизонта и со стратиграфическим несогласием перекрывается верхнемеловыми отложениями туронского яруса [4].

**В южном структурном районе** отложения котлинского горизонта также распространены фрагментарно (зона 2.1) (см. рис. 1). Они представлены ритмично сложенной толщей мощностью до 50 м песчаников, алевролитов и алевритистых аргиллитов с органическими пленками (скв. Скверики 1С (Брест 1)). Терригенные последовательности с размывом залегают на нижневенденских отложениях гирской или ратайчицкой свит и перекрываются рытской свитой ровенского горизонта нижнего кембрия. В инт. 827–817 м скв. Брест 17К (Страдечь 17К) обнаружены макроскопические водоросли *Vendotaenia antiqua* и актиномицеты *Primoflagella speciosa Gnilovskaya* [1], что указывает на котлинский возраст вмещающих отложений.

Учитывая то, что отложения котлинского горизонта в стратотипических разрезах северо-запада России и в Беларуси заметно отличаются по литологическому наполнению, мы предлагаем выделить для территории Беларуси вместо невалидной в настоящее время по территориально-географическому фактору котлинской свиты новую россонскую свиту. Стратотип россонской свиты предлагается установить в разрезе скв. Северо-Полоцкая, вскрывшей наиболее полную стратиграфическую последовательность котлинского горизонта в регионе.

Далее в работе приведено литологическое описание, а также дана палеонтологическая характеристика верхневенденской части разреза скв. Северо-Полоцкая.

### ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ И ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛИНСКОГО ГОРИЗОНТА, ВСКРЫТОГО В РАЗРЕЗЕ СКВ. СЕВЕРО-ПОЛОЦКАЯ

Параметрическая скв. Северо-Полоцкая пробурена в 2019 г. на юго-востоке Латвийской седловины в Россонском районе Витебской области в 2,1 км на юго-запад от д. Мошница и в 3,23 км на северо-восток от моста через р. Дриссу (см. рис. 1). Абсолютная отметка скважины 129,65 м. Скважина пройдена со 100 %-ным отбором керна (за исключением инт. 643,5–633,8 м) и остановлена на гл. 770,6 м в породах кристаллического фундамента. В результате литологического и палеонтологического изучения в разрезе скв. Северо-Полоцкая были выделены (снизу вверх): лукомльская и лиозненская свиты нижнего венда, низовская, селянская и черницкая свиты редкинского горизонта иrossонская свита котлинского горизонта верхнего венда, а такжеrudaminская и лонтовская свиты нижнего кембрия (рис. 2) [7, 8 и настоящие исследования].

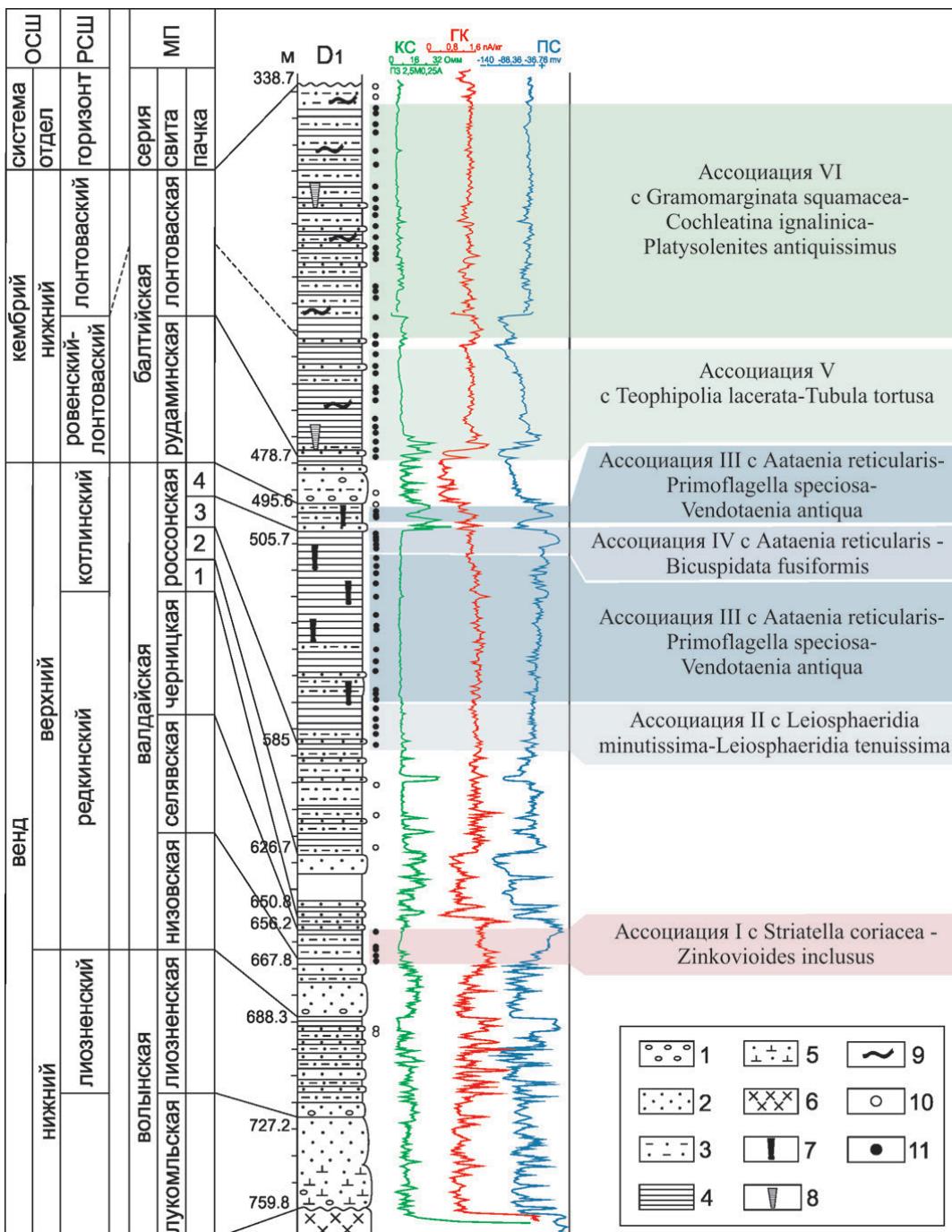


Рисунок 2 – Стратиграфическое расчленение разреза параметрической скв. Северо-Полоцкая  
 1 – гравелиты; 2 – песчаники; 3 – алевролиты; 4 – глины, аргиллиты; 5 – туфопесчаники;  
 6 – кристаллический фундамент; 7 – *Vendotaenia antiqua*; 8 – *Saarina* sp.; 9 – ихноФоссилии;  
 10 – образцы, не содержащие микрофоссилии; 11 – образцы с микрофоссилиями.

Сокращения: ОСШ – Общая стратиграфическая шкала, РСШ – Региональная стратиграфическая шкала,  
 МП – местные подразделения.

За стратотип россонской свиты следует принять отложения котлинского горизонта в инт. 650,8–495,6 м, мощность свиты 155,2 м. Название свиты дано по названию Рассонского района, на территории которого пробурена скв. Северо-Полоцкая. Отложения россонской свиты залегают на пестро-

цветных тонкослоистых аргиллитах, алевролитах и разнозернистых песчаниках черницкой свиты. Ниже по разрезу в селянской свите обнаружены редкинские органикостенные микрофоссилии, выделенные по наиболее характерным таксонам в ассоциацию I с *Striatella coriacea* – *Zinkovioides inclusus*

(см. рис. 2) [7]. Россонская свита без видимого стратиграфического перерыва перекрываетяется сероцветными кварцевыми песчаниками и алевролитами рудаминской свиты, в состав которой обнаружены нижнекембрийские ископаемые организмы (**ассоциация V с *Teophipolia lacerate - Tubula tortusa***) [8].

По литологическим особенностям в россонской свите выделены четыре пачки.

**Первая пачка** выделяется в инт. 650,8–626,7 м (мощность 24,1 м). Она сложена зеленовато-серыми аркозовыми разнозернистыми песчаниками с прослойями шоколадно-бурых алевролитов и аргиллитов гематит-каолинит-гидрослюдистого состава. Породы пестроцветные от зеленовато-серого до темно-бурового цвета, последние преобладают. Обломочный материал угловато-окатанной формы. Цемент глинистый (каолинитовый, гематит-каолинитовый), доломит-каолинитовый. В нижней части пачки песчаники гравелистые, рыхлые.

**Вторая пачка** установлена в инт. 626,7–585,0 м (мощность 41,7 м). Она представлена переслаиванием пестроцветных каолинит-гидрослюдистых алевритистых аргиллитов, слюдистых алевролитов и разнозернистых тонко- и мелкозернистых аркозовых песчаников с глинистым (каолинитовым, гидрослюдисто-каолинитовым, железисто-каолинитовым), карбонатно-глинистым (доломитовым, сидерит-каолинитовым), каолинит-доломитовым цементом гнездового типа. Характерны текстуры взмучивания, оползания и внутриформационных срывов. Обломочный материал угловато-окатанной формы. Породы содержат пирит. Для песчаных разностей характерны присыпки рудного шлиха ильменита (возможно, магнетита). В инт. 598,0–592,7 м обнаружен прослой светло-серых комковатых водорослевых песчанистых доломитов.

**Третья пачка**, выделенная в инт. 585,0–505,7 м (мощность 79,3 м), сложена серыми аргиллитами каолинит-гидрослюдистого, хлорит-каолинит-гидрослюдистого состава. Характерны тонкие (до 1,5 см мощностью) прослои сидеритов коричневого цвета и глин буровато-серого цвета, обогащенных органическим веществом. В нижней части интервала распространены светло-бежевые тонко- и мелкозернистые горизонтальнослоистые аркозовые песчаники с прослойми слюдистых алевролитов. Песчаники имеют каолинит-карбонатный цемент. Отмечаются желваки и стяжения пирита, формирующие участки с базальным сульфидным цементом.

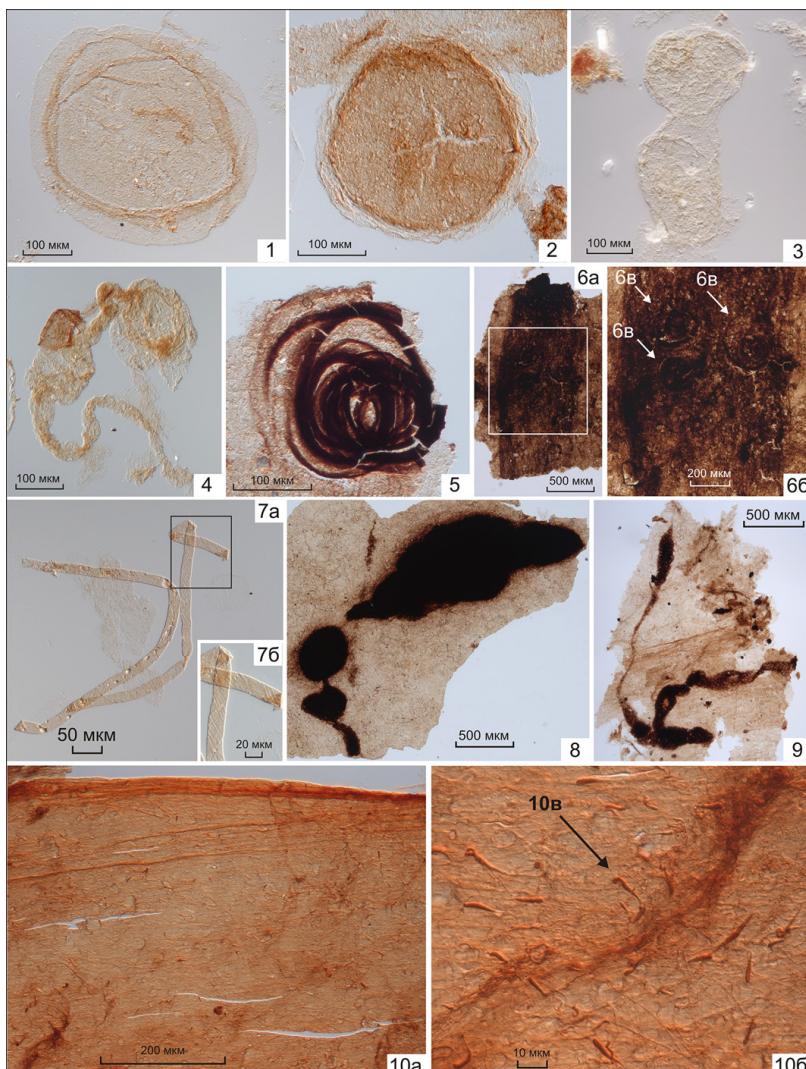
**Четвертая пачка** установлена в инт. 505,7–495,6 м (мощность 10,1 м). Она представлена пе-

реслаиванием зеленовато-серых глин, алевролитов и бежево-серых кварцевых, полевошпат-кварцевых мелкозернистых песчаников. Породы тонко-, косо- и перекрестнослоистые. В основании пачки залегают массивные средне- и крупнозернистые до гравелитов песчаники с высокой степенью окатанности материала (мощность 1,6 м). В инт. 500,0–495,6 м распространены глинистые алевролиты с органическими пленками черного и бурого цвета. На отдельных уровнях отмечаются знаки волновой раби. Для нижней части интервала характерны текстуры взмучивания и оползания.

Разнообразные по таксономическому составу микро- и макроскопические ископаемые организмы установлены в третьей и четвертой пачках россонской свиты (см. рис. 2) [7].

В нижней части третьей пачки (инт. 585,5–572,5 м) обнаружена обедненная котлинская ассоциация II с *Leiosphaeridia minutissima - Leiosphaeridia tenuissima* (см. рис. 2). В ее составе были идентифицированы сфероморфные акритархи *Leiosphaeridia minutissima* (Naumova), emend. Jankauskas, *L. tenuissima* Eisenack и нитчатые цианобактерии *Bicuspidata fusiformis* Assejeva, emend. Golubkova, Kushim, Tarasenko, *Siphonophycus* sp.

На двух стратиграфических уровнях, в средней части третьей (инт. 568,9–515,0 м) и в четвертой (инт. 505,5–498,0 м) пачках обнаружены богатые котлинские биоты, которые по таксономическому составу выделены в ассоциацию III с *Aataenia reticularis - Primoflagella speciosa - Vendotaenia antiqua* (см. рис. 2). На этом уровне широко распространены макроскопические водоросли *Vendotaenia antiqua* Gnilovskaya (рис. 3, фиг. 10а и 10б), актиномицеты *Primoflagella speciosa* Gnilovskaya (см. рис. 3, фиг. 10в) и нитчатые микрофоссилии *Aataenia reticularis* Gnilovskaya, emend. Golubkova, Kushim, Tarasenko, с которыми ассоциируют проблематики *Kanilovia insolita* A. Istchenko (см. рис. 3, фиг. 6а и 6б), несущие спирально-свернутые нити *Cochleatina canilovica* Aseeva, emend. Burzin, emend Slater, Harver, Bekker, Butterfield, *Cochleatina* Assejeva emend. Burzin (см. рис. 3, фиг. 5, 6в), акритархи *Leiosphaeridia crassa* (Naumova), emend. Jankauskas, *L. minutissima*, *L. tenuissima* (см. рис. 3, фиг. 1), *Pterospermopsimorpha insolita* B.V. Timofeev, emend. Mikhailova (см. рис. 3, фиг. 2), нитчатые микрофоссилии *Pomoria rhomboidalis* Siverzeva (см. рис. 3, фиг. 7а и 7б) и цианобактерии *Oscillatoriopsis Schopf*, emend. Knoll et Golubic, emend. Knoll, Swett, Mark, emend. Butterfield, *Siphonophycus* sp.



**Рисунок 3 – Котлинская ассоциация ископаемых организмов,  
установленная в разрезе скв. Северо-Полоцкая**

- 1 – *Leiosphaeridia tenuissima* Eisenack; гл. 510.8 м, обр. СП-513, преп. 4; 2 – *Pterospermopsimorpha insolita* B.V. Timofeev, emend. Mikhailova; гл. 518.6 м, обр. СП-518.3, преп. 1; 3 – оболочка в стадии деления; гл. 506.8 м, обр. СП-508.8, преп. 4; 4 – *Vanavarataenia insolita* Pjatiletov; гл. 511 м, обр. СП-514, преп. 3; 5 – *Cochleatina* Assejeva emend. Burzin; гл. 501 м, обр. 591, преп. 4; 6 – три экземпляра *Cochleatina* sp. (6в); «захваченные» на *Kanilovia insolita* A. Istchenko (6а и 6б); гл. 501 м, обр. 591, преп. 4; 7 – *Pomoria rhomboidalis* Siverzeva; гл. 518.6 м, обр. СП-518.3, преп. 1; 8, 9 – новые ветвящиеся микроорганизмы с характерными утолщениями; 8 – гл. 506.8 м, обр. СП-508.8, преп. 1; 9 – гл. 521 м, обр. СП-522, преп. 2; 10 – актиномицеты *Primoflagella speciosa* Gnilovskaya (10в), развитые по нитчатым водорослям *Vendotaenia antiqua* Gnilovskaya (10а и 10б), прижизненное положение; гл. 518.6 м, обр. СП-518.3, преп. 3.

БІОВІДЛІВІ

Некоторое сокращение таксономического разнообразия микрофоссилий наблюдается в верхней части третьей пачки (инт. 511,0–506,8 м). На этом уровне установлена **ассоциация IV с *Aataenia reticularis* – *Bicuspidata fusiformis***, характерная для котлинского горизонта (см. рис. 2). В ее составе обнаружены: акритархи *Leiosphaeridia minutissima*, *L. tenuissima*, нитчатые микрофоссилии *Aataenia*

*reticularis*, цианобактерии *Bicuspidata fusiformis*, *Siphonophycus* sp., грибоподобные организмы *Vanavarataenia insolita* Pjatiletov (см. рис. 3, фиг. I, фиг. 4), крупные оболочки, находящиеся на разной стадии деления (см. рис. 3, фиг. I, фиг. 3), и новые ветвящиеся микроорганизмы с характерными сферическими образованиями или утолщениями (см. рис. 3, фиг. I, фиг. 8, 9).

Таким образом, выявленные ископаемые организмы позволяют относить отложения россонской свиты к котлинскому горизонту.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют актуализировать стратиграфическую схему венда Беларуси. Вместо названия «котлинская» свита предлагается название «россонская» свита, за стратотип которой следует принять разрез отложений котлинского горизонта скв. Северо-Полоцкая на Латвийской седловине. Отложения россонской свиты содержат котлинские ископаемые организмы, что позволяет надежно обосновать возраст вмещающих отложений. Россонская свита имеет широкое распространение на севере, северо-западе и юго-за-

паде Беларуси. Наиболее полные и мощные (155–222 м) песчано-глинистые разрезы установлены на севере Оршанской впадины и юге Латвийской седловины. На западе и юго-западе Беларуси отмечается постепенное сокращение мощностей (до 10 м в скв. Брест 12К). Рассонская свита на этой территории представлена преимущественно песчаниками с подчиненным положением алевролитов и аргиллитов. Полученные литологические и палеонтологические данные уточняют стратиграфическое расчленение верхневенденских отложений, что может быть использовано в Региональной стратиграфической схеме венда Восточно-Европейской платформы.

Палеонтологические исследования проведены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-05-00427 и в рамках темы НИР ИГГД РАН № FMUW-2021-0003.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бессонова, В. Я.** Органические остатки пограничных отложений докембрия и кембрия Беларуси / В. Я. Бессонова, М. Б. Гниловская, Л. В. Пискун // Палеонтология докембрия и раннего кембрия : тр. Всесоюзного симпозиума. – Л. : Наука, 1979. – С. 166–172.
2. **Вербицкий, В. Р.** Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1000000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков, (Н-35), О-36 – Санкт-Петербург Объяснительная записка / ред. В. Р. Вербицкий [и др.] – СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕЙ, 2012. – 510 с.
3. **Волкова, Н. А.** Палеонтология верхнедокембрийских и кембрийских отложений Восточно-Европейской платформы / Н. А. Волкова [и др.]. – М. : Наука, 1979. – 212 с.
4. **Геология Беларуси** / ред. А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
5. **Гниловская, М. Б.** Вендотениды Восточно-Европейской платформы / М. Б. Гниловская [и др.]. – Л. : Наука, 1988. – 143 с.
6. **Голубкова, Е. Ю.** Распространение микрофоссилий в отложениях венда Оршанской впадины Восточно-Европейской платформы (Беларусь) / Е. Ю. Голубкова [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2021. – Т. 29, № 6. – С. 24–38. DOI: 10.31857/S0869592X2106003X.
7. **Голубкова, Е. Ю.** Палеонтологическая характеристика верхневенденских – нижнекембрийских отложений в разрезе скважины Северо-Полоцкая Восточно-Европейской платформы, Беларусь / Е. Ю. Голубкова [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2022. – Т. 30, № 6. – С. 1–19. DOI: 10.31857/S0869592X22060072.
8. **Голубкова, Е. Ю.** Раннекембрийские биоты юга Латвийской седловины Восточно-Европейской платформы, Беларусь / Е. Ю. Голубкова [и др.] // Палеонтологический журнал. – 2022. – № 6. – С. 1–8. DOI: 10.31857/S0031031X22060058.
9. **Махнач, А. С.** Стратиграфическая схема вендинских отложений Беларуси / А. С. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2005. – № 1 (22). – С. 36–43.
10. **Махнач, А. С.** Стратиграфическая схема кембрийских отложений Беларуси / А. С. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2005. – № 1 (22). – С. 44–52.
11. **Пискун, Л. В.** Микрофоссилии венда Беларуси / Л. В. Пискун. – Минск : Государственное предприятие «НПЦ по геологии», 2013. – 67 с.
12. **Пискун, Л. В.** Палеофитологическая характеристика котлинского горизонта венда Беларуси / Л. В. Пискун [и др.] // Літасфера. – 2000. – № 13. – С. 38–46.
13. **Постановления** Межведомственного стратиграфического комитета России и его постоянных комиссий. – Л. : ВСЕГЕИ, 1978. – Вып. 18. – 111 с.

14. **Постановления** Межведомственного стратиграфического комитета России и его постоянных комиссий. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2011. – Вып. 40. – 40 с.
15. **Решения** Межведомственного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем верхнего докембрия и палеозоя Русской платформы. – Л. : ВСЕГЕИ, 1965. – 79 с.
16. **Решения** Межведомственного регионального стратиграфического совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Беларуси. 1981 г (с унифицированными стратиграфическими корреляционными таблицами). – Л. : ВСЕГЕИ, 1983 – 136 с.
17. **Махнach, А. С.** Рифей и венд Беларуси / А. С. Махнach [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1976. – 360 с.
18. **Соколов, Б. С.** Стратиграфическая схема нижнепалеозойских (додевонских) отложений северо-запада Русской платформы / Б. С. Соколов // Девон Русской платформы. – М. : Гостоптехиздат, 1953. – С. 16–38.
19. **Соколов, Б. С.** Проблема нижней границы палеозоя и древнейшие отложения досинийских платформ Евразии / Б. С. Соколов // Тр. ВНИГРИ. – Вып. 126. Геологический сборник № 3. – Л. : Гостоптехиздат, 1958. – С. 5–67.
20. **Стратиграфический словарь:** Верхний венд (Северная Евразия в границах бывшего СССР). – М. : Наука, 1994. – 351 с.
21. **Стратиграфическая схема** венских отложений Московской синеклизы. Объяснительная записка. – М., 1996. – 46 с.
22. **Стратиграфические схемы** докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объяснительная записка. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 282 с.
23. **Meidla, T.** Ediacaran and Cambrian stratigraphy in Estonia: an updated review / T. Meidla // Estonian Journal of Earth Sciences. – 2017. – V. 66, № 3. – P. 152–160.
24. **The U-Pb zircon and baddeleyite ages of the Neoproterozoic Volyn Large Igneous Province: implication for the age of the magmatism and the nature of a crustal contaminant** / L. Shumlyanskyy [et al.] // GFF. – 2016. – V. 138, Iss. 1. – P. 17–30.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 09.12.2022

Рэцэнзент Г. Дз. Стральцова

## КОТЛІНСКІ ГАРЫЗОНТ ВЕРХНЯГА ВЕНДУ БЕЛАРУСІ: ЛІТАЛАГІЧНАЕ РАСЧЛЯНЕННЕ І БІЯСТРАТЫГРАФІЧНАЕ АБГРУНТАВАННЕ

А. Г. Лапцэвіч<sup>1</sup>, А. Ю. Галубкова<sup>2</sup>, А. Ф. Кузьмянкова<sup>1</sup>, Т. В. Васкабойнікава<sup>1</sup>, К. А. Кушым<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»

Філіял «Інстытут геалогіі»

вул. Акад. Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь

E-mail: geomin\_lap@geologiya.by

<sup>2</sup>Інстытут геалогіі і геахраналогіі дакембрія РАН  
наб. Макарова, 2, 199034, Санкт-Пецярбург, Расія

Аналіз стратыграфічных схем венду Беларусі і ёўрапейскай часткі Расіі выявіў супяречнасці ў выкарыстанні мясцовых падраздзяленняў котлінскага гарызонту. З мэтай пераадolenня існуючых розначытанняў замест неваліднай на тэрыторыі Беларусі назвы «котлінская світа» прарапануеца новая назва «расонская світа». За стрататып світы рэкамендуеца прыняць разрэз котлінскага гарызонту ў свідравіне 1П Паўночна-Полацкая, прасвідраванай на поўдні Латвійскай седлавіны ў 2019 г. Котлінскі ўзрост расонской світы пацвярджаецца заходкамі мікра- і макраскалічных выканіёвых арганізмаў (асацыяцыі: II з *Leiosphaeridia minutissima* – *Leiosphaeridia tenuissima*, III з *Aataenia reticularis* – *Primoflagella speciosa* – *Vendotaenia antiqua* і IV з *Aataenia reticularis* – *Bicuspidata fusiformis*). Расонская світа распаўсюджана на поўначы, паўночным заходзе і паўднёвым заходзе Беларусі. Найбольш стратыграфічна поўныя і магутныя разрэзы світы ўстанованы на поўначы Аршанскай упадзіны і поўдні Латвійскай седлавіны. Вылучаную новую расонскую світу прарапанавана ўключыць у стратыграфічную схему венскіх адкладаў Беларусі.

## THE KOTLIN HORIZON OF THE UPPER VENDIAN OF BELARUS: LITHOLOGICAL SUBDIVISION AND BIOSTRATIGRAPHICAL SUBSTANTIATION

A. Laptsevich<sup>1</sup>, E. Golubkova<sup>2</sup>, O. Kuzmenkova<sup>1</sup>, T. Voskoboinikova<sup>1</sup>, E. Kushim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>State Enterprise «Research and Production Center for Geology»

Branch «Institute of Geology»

7 Akad. Kuprevich St, 220084, Minsk, Belarus

E-mail: geomin\_lap@geologiya.by

<sup>2</sup>Institute of Precambrian Geology and Geochronology, Russian Academy of Sciences

2 Makarova Emb., 199034, Saint Petersburg, Russia

An analysis of the stratigraphic schemes of the Vendian of Belarus and the European part of Russia revealed contradictions in the use of local units of the Kotlin horizon. In order to overcome the existing discrepancies, instead of the name «Kotlin suite», which is invalid on the territory of Belarus, a new name «Rossony suite» is proposed. It is recommended to take the section of the Kotlin horizon in the 1P North Polotsk well drilled in the south of the Latvian saddle in 2019 as the stratotype of the suite. The Kotlin age of the Rossony suite is confirmed by finds of micro- and macroscopic fossils (associations: II with *Leiosphaeridia minutissima* – *Leiosphaeridia tenuissima*, III with *Ataenia reticularis* – *Primoflagella speciosa* – *Vendotaenia antiqua*, and IV with *Ataenia reticularis* – *Bicuspidata fusiformis*). The Rossony suite is distributed in the north, northwest and southwest of Belarus. The most stratigraphically complete and thick sections of the suite are found in the north of the Orsha depression and in the south of the Latvian saddle. It is proposed to include the Rossony suite in the stratigraphic scheme of the Vendian deposits of Belarus.

UDC 567.1; 567.42; 551.733.33 (476.7)

## PŘIDOLIAN ICHTHYOFaUNA OF BELARUS

D. Plax

Belarusian National Technical University  
 65 Nezavisimosti Avenue, 220013, Minsk, Belarus  
 E-mail: agnatha@mail.ru

*The paper presents the results of a palaeoichthyological study of the Přidolian age rocks exposed in the Komarovka 933/10 and Rataichitsy 12k boreholes located within the territory of the Volyn Monocline and Podlasie-Brest Depression in Belarus. The presented information makes it possible to clarify and supplement the ichthyofauna taxonomic composition in the above-mentioned deposits within the boundaries of the above-named tectonic structures, as well as to use it to determine the age of the rocks, their subdivision and correlation. In addition, the paper gives a description of a new acanthodian species based on some isolated scales and a brief taphonomic description of the skeletal remains of the Přidolian ichthyofauna. The data obtained supplement the information of the ichthyofauna stratigraphic and geographical distribution.*

## INTRODUCTION

The deposits of the Přidolian Series of the Upper Silurian have been established within the territory of Belarus in the southwestern part only, where these are developed in two separate regions tectonically corresponding to the Podlasie-Brest Depression and Volyn Monocline [26, 27]. The areas of their present distribution are small and merge with the regions in the territory of Poland, where the Přidolian sediments are widespread. In both areas of the Brest region of Belarus the Přidolian deposits occur at a considerable depth and can be studied using borehole drilling only.

According to the current Stratigraphic Chart of the Silurian deposits of Belarus of 2010, the Přidolian Series includes deposits of the Mukhavets and Kustin Regional Stages [27]. Within the Podlasie-Brest Depression the Mukhavets Regional Stage includes two Formations [25]: the Kantinovka Formation at the bottom and the Svitichi Formation at the top. The total thickness of these two formations is about 115 m. The Kustin Regional Stage corresponds to the Kustin Formation of the same name (up to 65 m thick), which completes the section of the Přidolian in the territory of the Podlasie-Brest Depression. Its deposits are overlapped here in some places by the conformable sediments of the Kameniuki Formation of the Borshchovo Regional Stage of the Lochkovian Stage of the Lower Devonian [32], and in other places – by transgressively occurring Permian and Jurassic deposits [27]. Within the Belarusian part of the Volyn Monocline the Mukhavets Regional Stage corresponds to the Gushchin Formation, and the Kustin Regional Stage corresponds to the Tomashovka Formation [14, 27]. The thickness of the Gushchin Formation is 113 m,

and the thickness of the Tomashovka Formation reaches 112 m. The deposits of the Tomashovka Formation in the considered area are either conformably overlain by the deposits of the Domachevo Formation of the Borshchovo Regional Stage of the Lochkovian Stage of the Lower Devonian [32], or by the deposits of the Dregovichi Formation of the Mikhailov Regional Stage of the Visean Stage of the Lower Carboniferous with a large discontinuity in sedimentation [14].

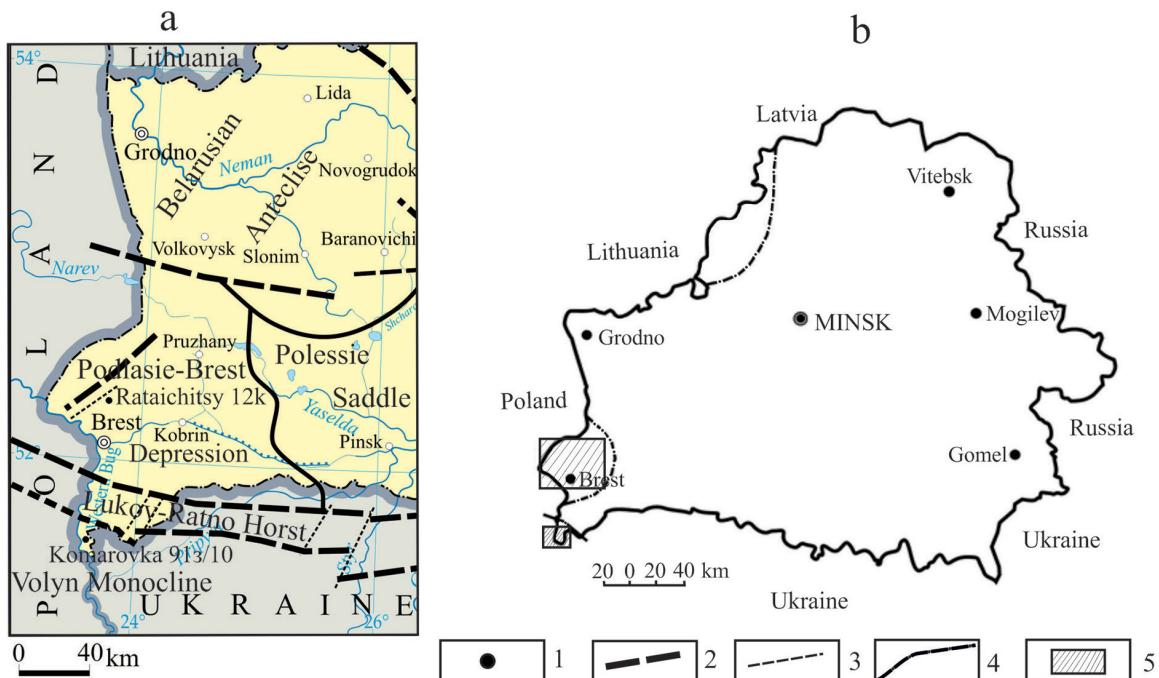
This paper provides updated generalized data on the Přidolian ichthyofauna of Belarus. Some information about the ichthyofauna findings from this age interval in the territory of Belarus have already been cited by D. P. Plax in two papers [14, 24]. However, the recent additional ichthyofaunistic studies of the core taken earlier from the Přidolian part of the sections of the Komarovka 913/10 and Rataichitsy 12k boreholes permitted us to find quite a lot of micromeric ichthyofauna remains. Their careful study made it possible to supplement the systematic composition of the Přidolian ichthyofauna of Belarus with the taxa earlier unknown in the territory of the country, to identify among them one new species of the acanthodian on the basis of some isolated scales, and, in general, to supplement the palaeontological characteristic of the regional stratigraphic subdivisions of the Přidolian in the territory of Belarus with new ichthyofauna data.

## MATERIAL AND METHODS

The skeletal material of the agnathans and fishes presented in the paper comes from the core of two boreholes: Komarovka 913/10 and Rataichitsy 12k. The Komarovka 913/10 borehole was drilled within the Volyn Monocline, and the Rataichitsy 12k borehole –

in the Podlasie-Brest Depression (Text-Figure 1). The remains of the ichthyofauna obtained from the siltstones, dolomites, limestones and marls by dissolving them with 9–10 % acetic acid and 7 % formic acid are represented by micromeric skeletal elements: tesserae,

scales and fragments of fin spines of satisfactory or good preservation. Systematically, the skeletal elements mentioned above belong to the thelodonts and acanthodians.



**Text-Figure 1** – Map showing the location of the borehole sections in the southwestern part of Belarus, where the Přidolian ichthyofauna was studied (a) and site sketch map (b):

- 1 – borehole sections where the ichthyofauna was studied;
- 2 – regional and subregional fractures;
- 3 – local fractures;
- 4 – boundary of the present-day occurrence of the Silurian deposits;
- 5 – outlines of the studied areas

The photographs of the agnathans and fishes microremains were taken using a JSM-5610 LV scanning electron microscope (JEOL, Japan) to illustrate the material. The pictures were processed using the Adobe Photoshop CS6 program, and the drawings were performed using the CorelDRAW 2019 graphics editor. The study of the skeletal elements was carried out using a microscopes MBS – 1 and an Axioskop 40 A Pol.

The diagnostics of the skeletal elements was based mainly on the external morphological features. The histological data were used to identify some thelodont and acanthodian scales. The fragmentation and the preservation quality of the skeletal material did not always make it possible to determine the specimen to the species; therefore, a number of definitions of the vertebrates were left in open nomenclature.

All the studied remains of the ichthyofauna with the exception of the scales of a new species of the acanthodian are kept in the author's personal collection. The scales of a new species of the acanthodian are stored at the Department of Mining of the Belarusian National Technical University (Minsk).

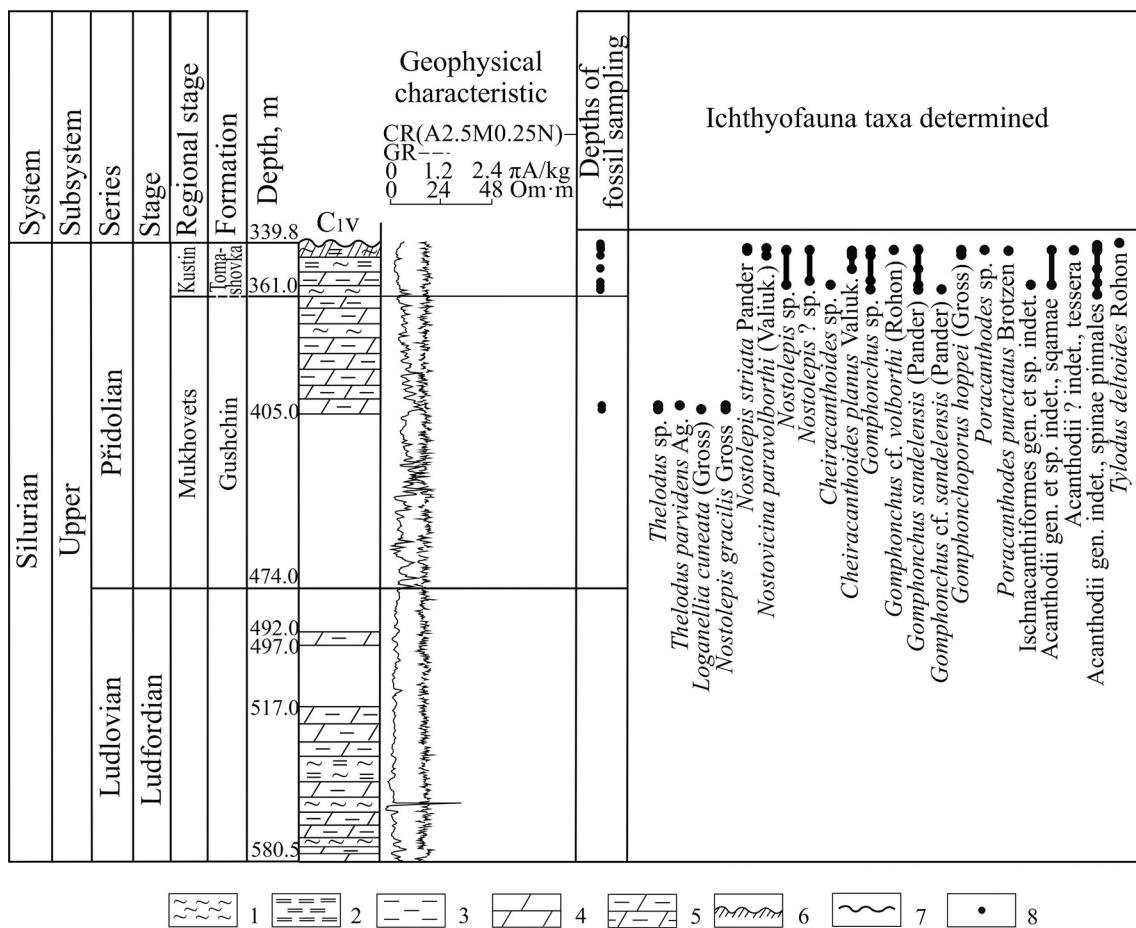
## PŘIDOLIAN ICHTHYOFaUNA FROM THE KOMAROVKA 913/10 AND RATAICHITSY 12K BOREHOLE SECTIONS

In this section of the paper the lithological confinement and stratigraphic distribution of the Přidolian ichthyofauna microremains determined in the Komarovka 913/10 and Rataichitsy 12k boreholes are considered in detail. In addition, the Plates I–VI are given, which show the images of most of the ichthyofauna taxa established in the Přidolian deposits of these boreholes.

The research performed by the author suggest that within the Komarovka 913/10 borehole the ichthyofauna remains were determined in the deposits of the **Gushchin** and **Tomashevka Formations** (Text-Figure 2). The ichthyofauna remains found in the deposits of the Tomashovka Formation are significantly more abundant than those discovered in the deposits of the Gushchin Formation. So, some discrete scales of the thelodonts of *Thelodus* sp., *Thelodus parvidens* Agassiz, 1839 [1], *Loganellia cuneata* (Gross, 1947) [10], as well

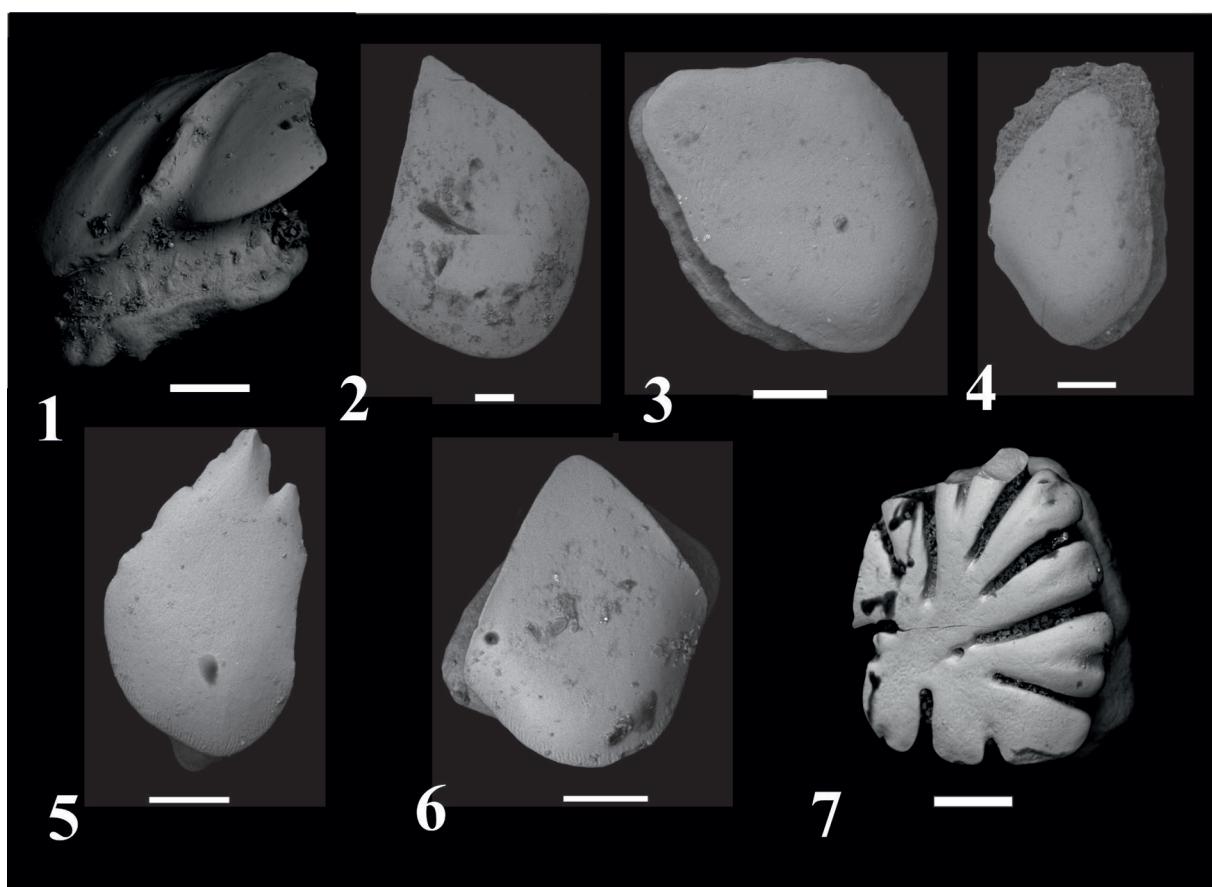
as scattered scales of the acanthodians of *Nostolepis gracilis* Gross, 1947 [10, 24] were found in the rocks of the Gushchin Formation. The latter species may be considered as the zonal one for this part of the section. Along with the ichthyofauna remains some invertebrate remains were also found there represented by isolated

scolecodonts, small pyritized shell fragments of the cephalopods of the Orthoceratida order and scarce fragments of the graptolites. Numerous findings of the acritarchs and miospores are also known there [14]. All the identified organic remains were found in the light grey, dense, massive, platy, clayey marls.



**Text-Figure 2** – Geological section of the Upper Silurian deposits in the Komarovka 913/10 borehole (from [14], Text-Figure 3), with minor changes, with the ichthyofauna distribution:

1 – siltstones; 2 – argillites; 3 – clays; 4 – marls; 5 – clayey marls; 6 – weathering crust; 7 – discontinuity surface; 8 – fossil sampling sites Remark. Lithology is not shown in those depth intervals from which no core was recovered.

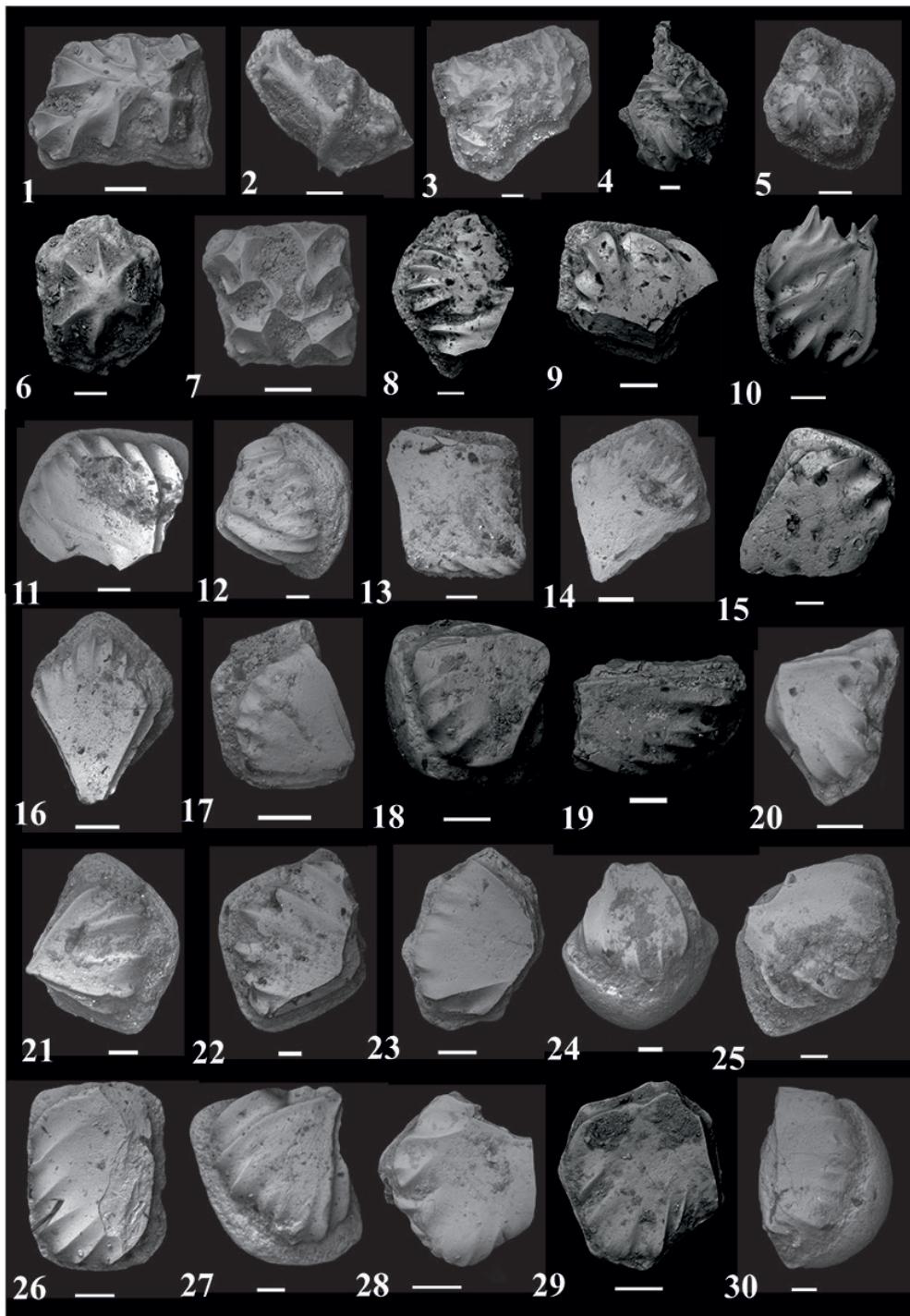


**Plate I – Thelodont scales from the Rataichitsy 12k borehole.**  
The scales come from the Přidolian, Upper Silurian. Scale bar 100 µm for Figures 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7.

Figure 1 – *Thelodus trilobatus* (Hoppe, 1931). Specimen № 122/35-6, Rataichitsy 12k borehole, depth 473.4 m, × 200, trunk scale, lateral view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 2 – *Thelodus parvidens* Agassiz, 1839.

Specimen № 122/37-3, Rataichitsy 12k borehole, depth 478.0 m, × 100, cephalo-pectoral scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 3 – *Thelodus parvidens* Agassiz, 1839. Specimen № 122/40-9, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 200, cephalo-pectoral scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 4 – *Thelodus parvidens* Agassiz, 1839. Specimen № 122/40-11, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 120, cephalo-pectoral scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.

Figure 5 – *Thelodus parvidens* Agassiz, 1839. Specimen № 122/40-28, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 190, cephalo-pectoral scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 6 – *Thelodus parvidens* Agassiz, 1839. Specimen № 122/40-30, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 200, cephalo-pectoral scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 7 – *Thelodus admirabilis* Märss, 1982. Specimen № 122/1-1, Rataichitsy 12k borehole, depth 548.0 m, × 200, rostral scale, oblique crown view; Kantinovka Formation, Mukhavets Regional Stage.



**Plate II** – Acanthodian tesserae and scales from the Komarovka 913/10 and Rataichitsy 12k boreholes. The skeletal elements come from the Přidolian, Upper Silurian. Scale bar 50 µm for Figure 6; 100 µm for Figures 1, 2, 3, 4, 7, 12, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 and 30; 200 for Figures 5, 8, 9, 10, 11, 13, 14 and 16.

Figure 1 – Nostolepid. Specimen № 122/38-35, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 200, stellate tessera, top view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 2 – Nostolepid. Specimen № 122/38-36, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 180, stellate tessera, top view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.

Figure 3 – Nostolepid. Specimen № 122/39-2, Rataichitsy 12k borehole, depth 481.0 m, × 100, stellate tessera, top view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 4 – Acanthodii indet. Specimen № 122/28-2, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 100, tessera fragment, top view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage.

Figure 5 – Acanthodii indet. Specimen № 122/36-1, Rataichitsy 12k borehole, depth 474.5 m, × 75, tessera, top view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 6 – Acanthodii ? indet. Specimen № 79/18-4, Komarovka 913/10 borehole, depth 340.7 m, × 300, tessera, top view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage.

Figure 7 – Acanthodii indet. Specimen № 122/38-6, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 8 – *Nostovicina multicostata* (Vieth, 1980). Specimen № 122/32-1, Rataichitsy 12k borehole, depth 469.8 m, × 60, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 9 – *Nostovicina multicostata* (Vieth, 1980). Specimen № 122/32-2, Rataichitsy 12k borehole, depth 469.8 m, × 80, scale fragment, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.

Figure 10 – *Nostovicina multicostata* (Vieth, 1980). Specimen № 122/35-2, Rataichitsy 12k borehole, depth 473.4 m, × 80, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 11 – *Nostovicina multicostata* (Vieth, 1980). Specimen № 122/42-7, Rataichitsy 12k borehole, depth 484.7 m, × 75, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 12 – *Nostovicina multicostata* (Vieth, 1980). Specimen № 122/42-8, Rataichitsy 12k borehole, depth 484.7 m, × 100, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 13 – *Nostovicina multicostata* (Vieth, 1980).

Specimen № 122/42-9, Rataichitsy 12k borehole, depth 484.7 m, × 75, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 14 – *Nostolepis striata* Pander, 1856 or *Nostovicina multicostata* (Vieth, 1980).

Specimen № 122/42-6, Rataichitsy 12k borehole, depth 484.7 m, × 85, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 15 – *Nostolepis striata* Pander, 1856. Specimen № 122/35-1, Rataichitsy 12k borehole, depth 473.4 m, × 120, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure

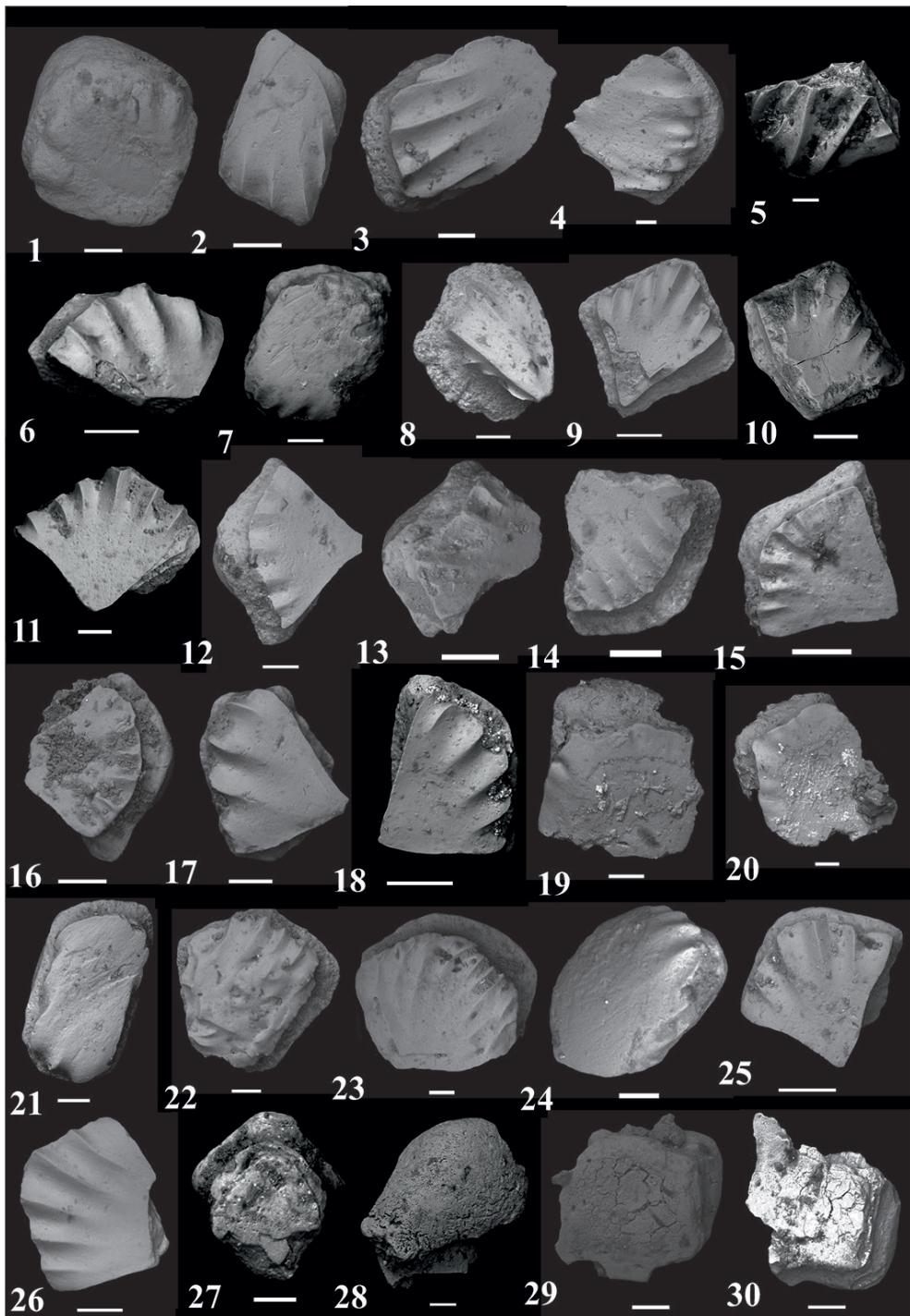
16 – *Nostolepis striata* Pander, 1856. Specimen № 122/42-4, Rataichitsy 12k borehole, depth 484.7 m, × 85, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 17 – *Nostolepis cf. striata* Pander, 1856.

Specimen № 122/40-37, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 18 – *Nostolepis* sp. Specimen № 79/33-5, Komarovka 913/10 borehole, depth 358.4 m, × 200, scale, oblique crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 19 – *Nostolepis* sp. Specimen № 122/26-5, Rataichitsy 12k borehole, depth 405.0 m, × 200, scale, crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 20 – *Nostolepis* sp. Specimen № 122/28-28, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 200, scale, crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 21 – *Nostolepis* sp. Specimen № 122/36-3,

Rataichitsy 12k borehole, depth 474.5 m, × 100, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 22 – *Nostolepis* sp. Specimen № 122/37-2, Rataichitsy 12k borehole, depth 478.0 m, × 100, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 23 – *Nostolepis* sp. Specimen № 122/38-34, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 150, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 24 – *Nostolepis* sp. Specimen № 122/39-3, Rataichitsy 12k borehole, depth 481.0 m, × 100, scale, anterior crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 25 – *Nostolepis* sp. Specimen № 122/39-4, Rataichitsy 12k borehole, depth 481.0 m, × 100, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 26 – *Nostolepis* sp.

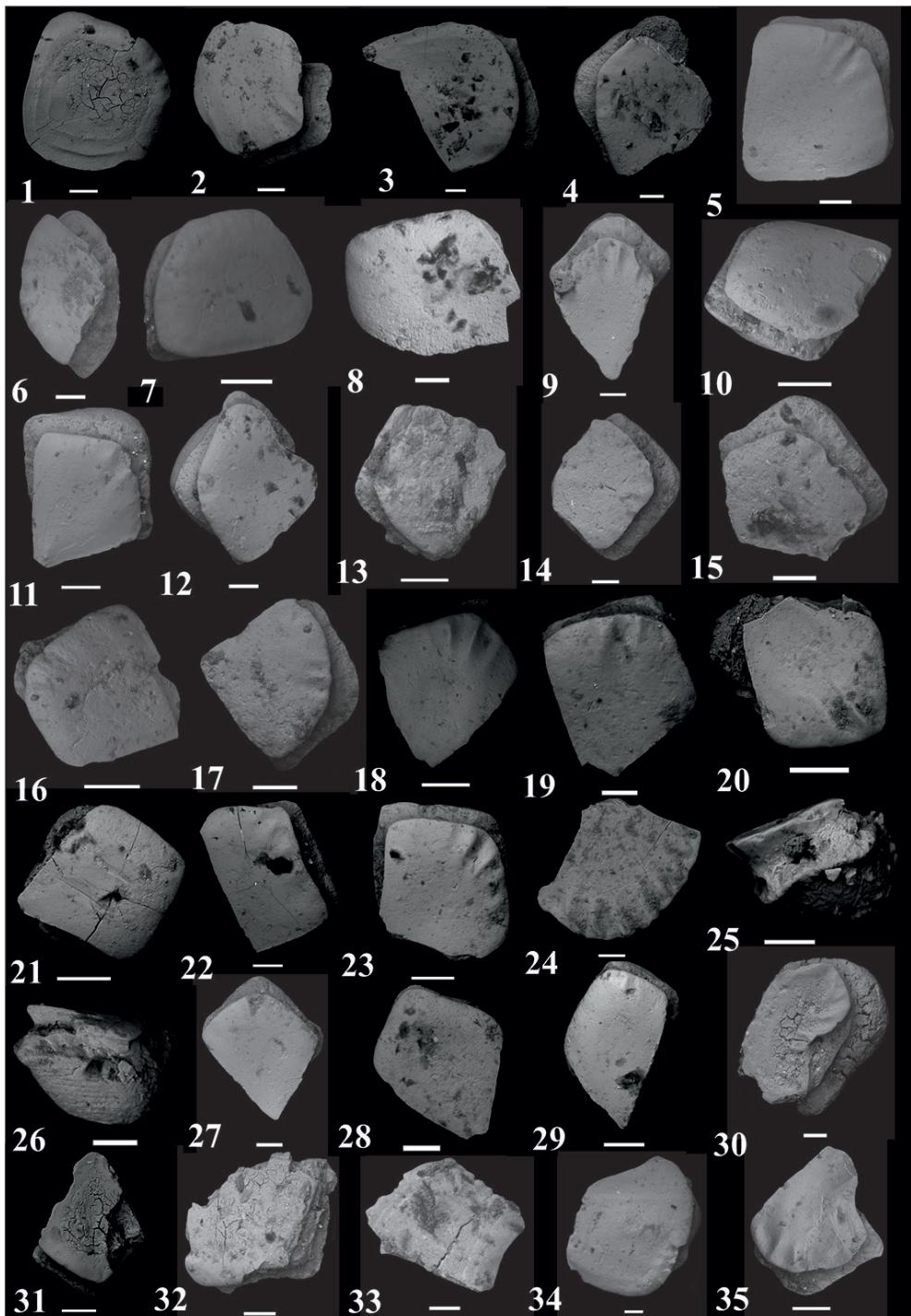
Specimen № 122/42-3, Rataichitsy 12k borehole, depth 484.7 m, × 150, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 27 – *Nostolepis* sp. Specimen № 122/42-10, Rataichitsy 12k borehole, depth 484.7 m, × 100, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.

Figure 28 – Nostolepid. Specimen № 122/38-13, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 29 – Nostolepid. Specimen № 79/33-3, Komarovka 913/10 borehole, depth 358.4 m, × 200, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 30 – Nostolepid. Specimen № 122/40-13, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 100, scale fragment, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.



**Plate III – Acanthodian scales from the Komarovka 913/10 and Rataichitsy 12k boreholes.**  
The scales come from the Pridolian, Upper Silurian. Scale bar 50 µm for Figures 3, 6, 7, 11, 17 and 24;  
100 µm for Figures 1, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29 and 30.

Figure 1 – Nostolepid. Specimen № 122/40-26, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 150, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 2 – *Nostolepis* ? sp. Specimen № 122/40-21, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 180, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 3 – *Nostolepis* ? sp. Specimen № 122/40-44, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 300, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 4 – *Nostolepis* ? sp. Specimen № 122/42-2, Rataichitsy 12k borehole, depth 484.7 m, × 100, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 5 – *Nostolepis* ? sp. Specimen № 122/32-3, Rataichitsy 12k borehole, depth 469.8 m, × 130, scale fragment, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 6 – *Nostolepis* ? sp. Specimen № 79/25-4, Komarovka 913/10 borehole, depth 342.6 m, × 500, scale fragment, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 7 – *Nostolepis* ? sp. Specimen № 79/23-2, Komarovka 913/10 borehole, depth 341.7 m, × 350, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 8 – *Nostovicina laticristata* (Valiukevičius, 1994). Specimen № 122/42-11, Rataichitsy 12k borehole, depth 484.7 m, × 160, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 9 – *Gomphonchoporus hoppei* (Gross, 1947). Specimen № 122/38-39, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 10 – *Gomphonchoporus hoppei* (Gross, 1947). Specimen № 79/23-6, Komarovka 913/10 borehole, depth 341.7 m, × 200, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 11 – *Gomphonchoporus hoppei* (Gross, 1947). Specimen № 79/25-6, Komarovka 913/10 borehole, depth 342.6 m, × 300, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 12 – *Gomphonchoporus hoppei* ? (Gross, 1947). Specimen № 122/38-8, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 150, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 13 – *Gomphonchoporus cf. hoppei* (Gross, 1947). Specimen № 122/38-28, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 250, scale fragment, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 14 – *Gomphonchoporus cf. hoppei* (Gross, 1947). Specimen № 122/40-15, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 15 – *Gomphonchoporus cf. hoppei* (Gross, 1947). Specimen № 122/40-27, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 250, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 16 – *Gomphonchoporus cf. hoppei* (Gross, 1947). Specimen № 122/40-41, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 200, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 17 – *Nostovicina paravolborthi* (Valiukevičius, 2003). Specimen № 122/40-43, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 370, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 18 – *Nostovicina paravolborthi* (Valiukevičius, 2003). Specimen № 79/18-5, Komarovka 913/10 borehole, depth 340.7 m, × 250, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 19 – Poracanthodidae gen. indet. Specimen № 122/28-18, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 150, scale, oblique crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 20 – Poracanthodidae gen. indet. Specimen № 122/28-17, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 120, scale, crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 21 – *Nostovicina* ? sp. Specimen № 122/42-5, Rataichitsy 12k borehole, depth 484.7 m, × 130, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 22 – Nostolepid. Specimen № 122/38-26, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 140, head scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 23 – *Gomphonchoporus hoppei* (Gross, 1947). Specimen № 122/40-12, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 100, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 24 – *Nostolepis* sp. Specimen № 122/38-31, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 300, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 25 – *Gomphonchus cf. mediocostatus* Vergoossen, 1999. Specimen № 122/38-38, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 250, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 26 – *Gomphonchus cf. mediocostatus* Vergoossen, 1999. Specimen № 122/40-14, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 27 – Ischnacanthiformes gen. et sp. indet. Specimen № 122/27-3, Rataichitsy 12k borehole, depth 406.9 m, × 200, scale fragment, crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 28 – Ischnacanthiformes gen. et sp. indet. Specimen № 122/28-14, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 120, scale, basal view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 29 – Ischnacanthiformes gen. et sp. indet. Specimen № 122/28-20, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 150, scale, crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 30 – Ischnacanthiformes gen. et sp. indet. Specimen № 122/28-26, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 150, scale, oblique crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage.



**Plate IV – Acanthodian scales from the Komarovka 913/10 and Rataichitsy 12k boreholes.**  
The scales come from the Přidolian, Upper Silurian. Scale bar 50 µm for Figure 19; 100 µm  
for Figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21,  
22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 and 35.

- Figure 1 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/28-1, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 140, scale, crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 2 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/35-3, Rataichitsy 12k borehole, depth 473.4 m, × 110, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 3 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/35-4, Rataichitsy 12k borehole, depth 473.4 m, × 100, scale fragment, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 4 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/35-5, Rataichitsy 12k borehole, depth 473.4 m, × 100, scale; oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 5 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/35-9, Rataichitsy 12k borehole, depth 473.4 m, × 150, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 6 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/36-2, Rataichitsy 12k borehole, depth 474.5m, × 130, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 7 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/37-4, Rataichitsy 12k borehole, depth 478.0 m, × 250, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 8 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/37-7, Rataichitsy 12k borehole, depth 478.0 m, × 130, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 9 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/38-9, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 110, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 10 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/38-14, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 220, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 11 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/38-23, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 190, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 12 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/38-33, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 120, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 13 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/38-42, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 14 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/40-16, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 120, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 15 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/40-20, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 16 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/40-35, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 250, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 17 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/40-42, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 200, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 18 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 79/18-2, Komarovka 913/10 borehole, depth 340.7 m, × 250, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 19 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 79/20-2, Komarovka 913/10 borehole, depth 341.2 m, × 300, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 20 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 79/23-4, Komarovka 913/10 borehole, depth 341.7 m, × 250, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 21 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 79/23-5, Komarovka 913/10 borehole, depth 341.7 m, × 250, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 22 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 79/23-8, Komarovka 913/10 borehole, depth 341.7 m, × 150, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 23 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 79/23-7, Komarovka 913/10 borehole, depth 341.7 m, × 200, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 24 – *Gomphonchus cf. sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 79/33-2, Komarovka 913/10 borehole, depth 358.4 m, × 150, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 25 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/28-7, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 250, scale, lateral view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 26 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/28-13, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 200, scale, lateral view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 27 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 122/37-1, Rataichitsy 12k borehole, depth 478.0 m, × 120, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 28 – *Gomphonchus sandelensis* (Pander, 1856). Specimen № 79/35-3, Komarovka 913/10 borehole, depth 358.8 m, × 200, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 29 – *Gomphonchus* sp. Specimen № 122/32-4, Rataichitsy 12k borehole, depth 469.8 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 30 – *Gomphonchus* sp. Specimen № 122/28-22, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 100, double scale, oblique crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 31 – *Gomphonchus* sp. Specimen № 122/28-3, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 170, scale, crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 32 – *Gomphonchus* sp. Specimen № 122/28-27, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 150, scale, oblique crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 33 – *Gomphonchus* sp. Specimen № 122/28-25, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 150, scale, crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 34 – *Gomphonchus* sp. Specimen № 122/38-1, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 100, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 35 – *Gomphonchus* sp. Specimen № 122/40-19, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 200, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.

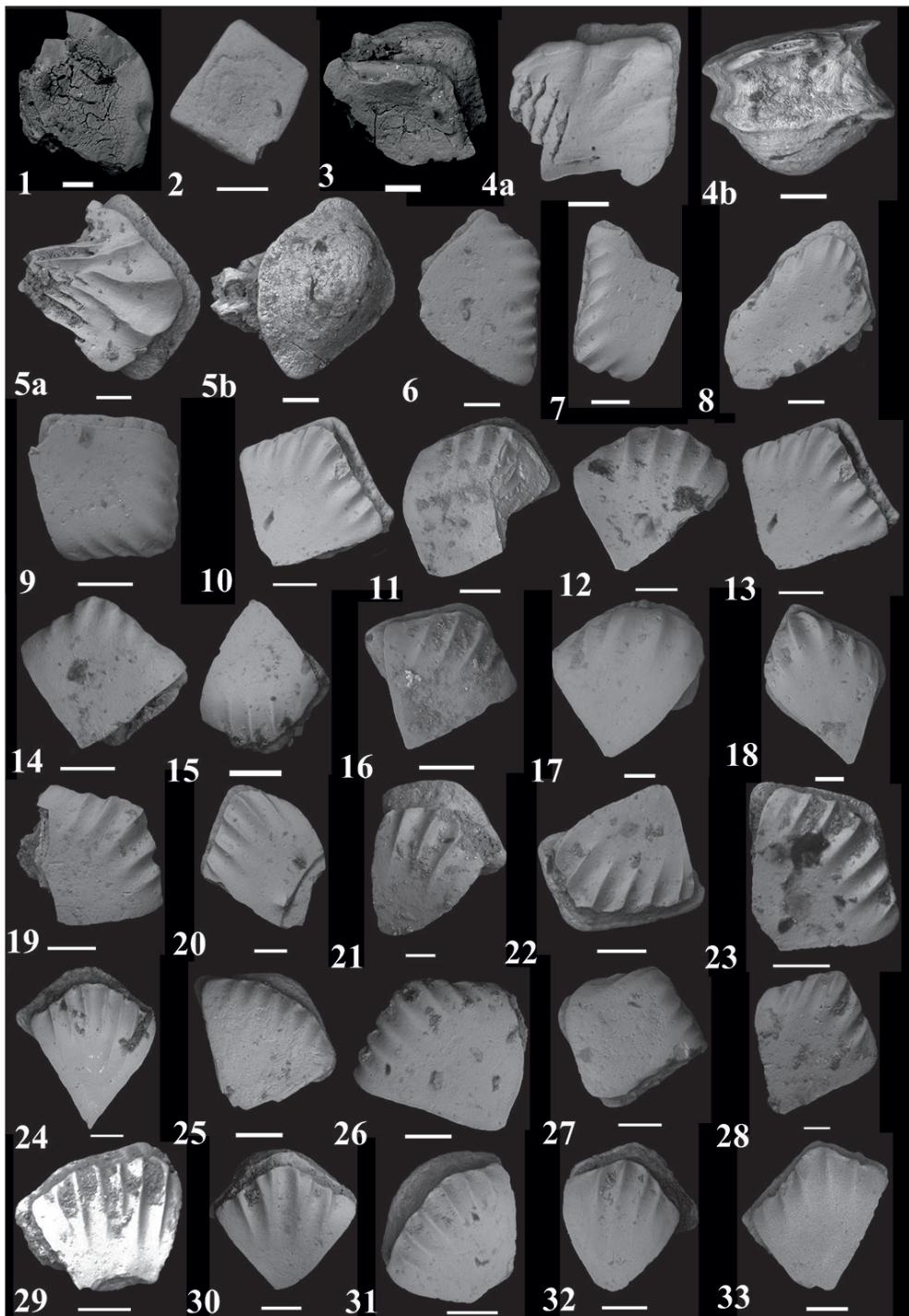


Plate V – Acanthodian scales from the Rataichitsy 12k boreholes. The scales come from the Přidolian, Upper Silurian.  
Scale bar 50 µm for Figures 17, 18, 21 and 28; 100 µm for Figures 1, 2, 3, 4a, 4b, 5a, 5b, 6, 7, 8, 9, 10,  
11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32 and 33.

Figure 1 – *Gomphonchus* sp. Specimen № 122/28-15, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 150, scale fragment, crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 2 – *Gomphonchus* sp. Specimen № 122/28-24, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 250, scale, crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage.

Figure 3 – *Gomphonchus* sp. Specimen № 122/28-12, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 180, scale fragment, anterior crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 4 – *Poracanthodes rataitchitsyensis* sp. nov. Specimen № 122/39-1, Rataichitsy 12k borehole, depth 481.0 m, scale: a – crown view, × 170; b – lateral view, × 200; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 5 – *Poracanthodes rataitchitsyensis* sp. nov. Specimen № 122/42-1, Rataichitsy 12k borehole, depth 484.7 m, scale: a – crown view, × 150; b – basal view, × 150; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 6 – *Cheiracanthoides* sp. Specimen № 122/38-5, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 150, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 7 – *Cheiracanthoides* sp. Specimen № 122/38-37, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 150, scale fragment, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 8 – *Cheiracanthoides* sp. Specimen № 122/38-43, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 150, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 9 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-2, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 250, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 10 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-7, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 11 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-10, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.

Figure 12 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-11, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 13 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-12, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 14 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-15, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 250, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 15 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-16, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 250, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.

Figure 16 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-18, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 250, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 17 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-19, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 300, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 18 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-21, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 350, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 19 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-22, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 250, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.

Figure 20 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-24, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 150, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 21 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-25, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 300, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 22 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-27, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 250, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 23 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-30, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 250, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.

Figure 24 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-32, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 150, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 25 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-40, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 26 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-41, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 27 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-45, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 200, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.

Figure 28 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/38-46, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 300, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 29 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-1, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 250, scale fragment, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 30 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-2, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 31 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-3, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 250, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.

Figure 32 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-4, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 250, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 33 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-6, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.

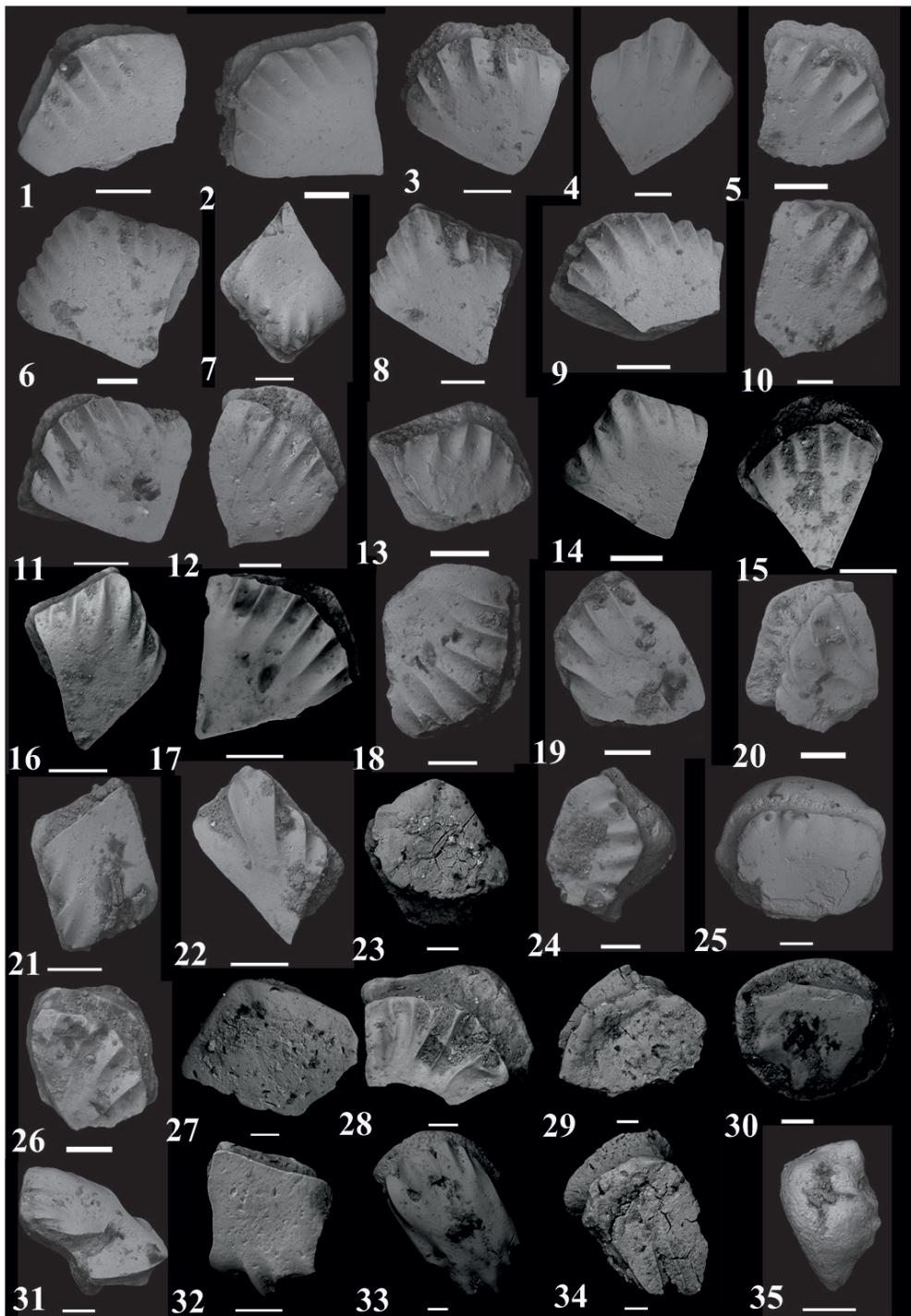


Plate VI – Acanthodian scales from the Komarovka 913/10 and Rataichitsy 12k boreholes.

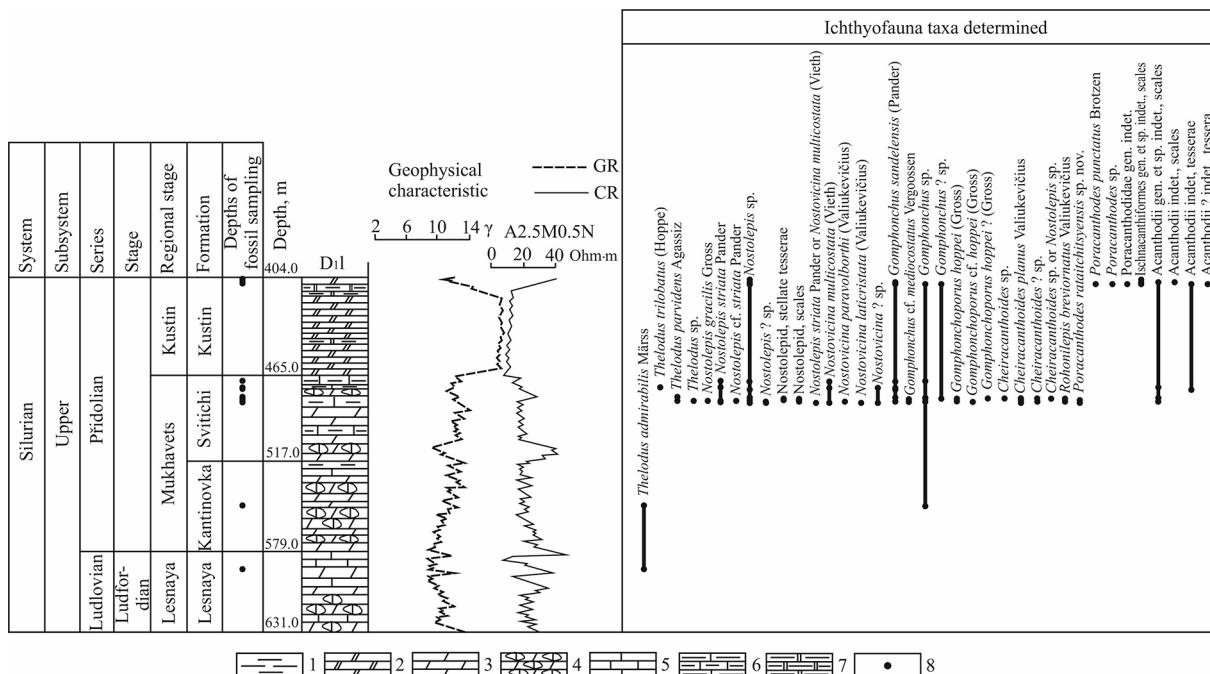
The scales come from the Přidolian, Upper Silurian. Scale bar 50 µm for Figures 10, 28 and 32; 100 µm for Figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 34 and 35.

- Figure 1 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-7, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 250, scale fragment, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.
- Figure 2 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-10, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 3 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-22, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 220, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 4 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998.
- Specimen № 122/40-23, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 180, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 5 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-24, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 250, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 6 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-25, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 150, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 7 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-29, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 190, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 8 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998.
- Specimen № 122/40-31, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 200, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 9 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-33, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 230, scale fragment, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 10 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-34, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 300, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.
- Figure 11 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-38, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 250, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 12 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-40, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 200, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 13 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 122/40-47, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 250, scale fragment, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 14 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 79/1a-1, Komarovka 913/10 borehole, depth 351.5 m, × 250, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage.
- Figure 15 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 79/18-3, Komarovka 913/10 borehole, depth 340.7 m, × 250, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 16 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 79/25-2, Komarovka 913/10 borehole, depth 342.6 m, × 250, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 17 – *Cheiracanthoides planus* Valiukevičius, 1998. Specimen № 79/29a-1, Komarovka 913/10 borehole, depth 357.5 m, × 250, scale, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 18 – *Cheiracanthoides* ? sp. Specimen № 122/38-3, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 220, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.
- Figure 19 – *Cheiracanthoides* ? sp. Specimen № 122/40-17, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 220, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 20 – *Cheiracanthoides* ? sp. Specimen № 122/38-17, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 200, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.
- Figure 21 – *Rohonilepis breviornatus* Valiukevičius, 2004. Specimen № 122/38-20, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 250, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.
- Figure 22 – *Rohonilepis breviornatus* Valiukevičius, 2004. Specimen № 122/40-36, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 250, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 23 – *Gomphonchus* ? sp. Specimen № 122/28-4, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 150, scale fragment, oblique crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 24 – *Gomphonchus* ? sp. Specimen № 122/28-19, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 160, scale, oblique crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 25 – *Gomphonchus* ? sp. Specimen № 122/38-44, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 130, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 26 – *Gomphonchus* ? sp. Specimen № 122/40-18, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 220, scale fragment, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.
- Figure 27 – *Poracanthodes punctatus* Brotzen, 1934. Specimen № 122/28-10, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 120, scale fragment, crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage. Figure 28 – *Nostovicina paravolborthi* (Valiukevičius, 2003). Specimen № 79/27-2, Komarovka 913/10 borehole, depth 344.1 m, × 300, scale fragment, crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 29 – *Poracanthodes* sp. Specimen № 122/28-9, Rataichitsy 12k borehole, depth 407.0 m, × 100, scale fragment, crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage.
- Figure 30 – *Nostovicina* ? sp. Specimen № 122/35-7, Rataichitsy 12k borehole, depth 473.4 m, × 150, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 31 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 122/38-29, Rataichitsy 12k borehole, depth 479.0 m, × 180, scale, oblique crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.
- Figure 32 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 79/25-3, Komarovka 913/10 borehole, depth 342.6 m, × 500, scale, oblique crown view; Tomashovka Formation, Kustin Regional Stage. Figure 33 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 122/35-8, Rataichitsy 12k borehole, depth 473.4 m, × 100, scale, crown view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage. Figure 34 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 122/26-3, Rataichitsy 12k borehole, depth 405.0 m, × 110, scale, oblique crown view; Kustin Formation, Kustin Regional Stage.
- Figure 35 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 122/40-32, Rataichitsy 12k borehole, depth 483.0 m, × 250, scale, basal view; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.

In the deposits of the Tomashovka Formation the taxonomic diversity of the found ichthyofauna remains is much greater. Numerous isolated scales of *Nostolepis* sp., *N. striata* Pander, 1856 [23], *N.* ? sp., *Nostovicina paravolborthi* (Valiukevičius, 2003) [36], *Cheiracanthoides* sp., *Gomphonchus* sp., *G. cf. volborthi* (Rohon, 1893) [28], *G. sandelensis* (Pander, 1856) [23], *G. cf. sandelensis*, *Gomphonchoporus hoppei* (Gross, 1947) [10], *Poracanthodes* sp., *P. punctatus* Brotzen, 1934 [4], *Ischnacanthiformes* gen. et sp. indet., *Acanthodii* gen. et sp. indet., tesserae of *Acanthodii* ? indet., some small fragments of the fin spines of *Acanthodii* gen. indet., as well as single plates of *Tylocodus deltoides* Rohon, 1893 [28] were determined there [14, 24]. Among the above-mentioned ichthyofauna taxa the species of *Poracanthodes punctatus* may be the most important for this part of the section, since it is the most typical for this stratigraphic level. In addition to the ichthyofauna remains scarce chitinous jaws of the scolecodonts, some single valves of the ostracods, some isolated pyritized tubes of the microconchids, few shell fragments of the brachiopods of *Dayia minor* Bouček, 1940 [3], rather abundant small pyritized shell fragments of the cephalopods of the order Orthoceratida, scarce tentaculite shells, abundant fragments of the crinoid stems, small fragments of the graptolites, numerous acritarchs and various miospores were also found in the deposits of the formation under consideration [14]. All the above-mentioned organic remains were found in the

light grey, dense, fine-grained, micaceous siltstones and light grey, dense, platy, clayey marls.

In the section of the Rataichitsy 12k borehole the ichthyofauna remains were found in the deposits of the **Kantinovka, Svitichi and Kustin Formations** (Text-Figure 3). The deposits of the Svitichi Formation are characterized by the greatest taxonomic diversity and the number of the found remains of ichthyofauna. The deposits of the Kustin Formation are characterized by somewhat less taxonomic diversity and the number of the found remains of ichthyofauna. In the deposits of the Kantinovka Formation some single findings of the ichthyofauna belonging to only two taxa were found. So, some isolated discrete scales of *Thelodus admirabilis* Märss, 1982 [15] and two isolated scales of *Gomphonchus* sp. of satisfactory preservation were identified in light grey with a greenish tint indistinctly laminated dense marls of the Kantinovka Formation. The species *Thelodus admirabilis* is stratigraphically important. In addition to some scarce vertebrate scales the remains of the invertebrates represented by the scolecodonts, ostracod valves, brachiopod shells, bryozoan skeletons and crinoid segments were also found in the deposits of the Kantinovka Formation. Not numerous conodonts were also found in the deposits of the same formation. It should be noted that the ostracods from this part of the section of the studied borehole were investigated previously by A. F. Abushik and T. I. Moisseeva [30], and the brachiopods – by T. L. Modzalevskaya and V. I. Pushkin [26, 30].



**Text-Figure 3** – Geological section of the Upper Silurian deposits of the Rataichitsy 12k borehole (from [26], Text-Figure 5.16) with the author's refinements and additions) with the ichthyofauna distribution:

1 – clays; 2 – dolomite marls; 3 – marls; 4 – lumpy limestones in marls; 5 – limestones; 6 – clayey limestones; 7 – clayey dolomites; 8 – fossil sampling sites

In the deposits of the Svitichi Formation not numerous scattered scales of *Thelodus* sp., *T. trilobatus* (Hoppe, 1931) [11], *Thelodus parvidens*, numerous isolated scales of *Nostolepis* sp., *N. gracilis* Gross, 1947 [10], *N. striata*, *N. cf. striata*, *N. ? sp.*, *Nostovicina multicostata* (Vieth, 1980) [41], *N. paravolborthi*, *N. laticristata* (Valiukevičius, 1994) [34], *N. ? sp.*, *Nostolepis striata* or *Nostovicina multicostata*, *Rohonilepis breviornatus* Valiukevičius, 2004 [37], *Gomphonchus* sp., *G. sandelensis*, *G. cf. mediocostatus* Vergoossen, 1999 [40], *G. ? sp.*, *Cheiracanthoides* sp., *C. planus* Valiukevičius, 1998 [35], *C. ? sp.*, *C. sp.* or *Nostolepis* sp., *Gomphonchoporus hoppei*, *G. cf. hoppei*, *G. hoppei* ?, *Poracanthodes rataitchitsyensis* sp. nov., *Ischnacanthiformes* gen. et sp. indet., some single stellate nostolepid tesserae, unidentified nostolepid scales, one tessera of Acanthodii indet. and indefinable scales of Acanthodii gen. et sp. indet were established in the light grey with greenish tint, cryptocrystalline, indistinctly laminated, sometimes, with weakly expressed thin wavy layering, dense, rather strong, massive, thick-platy, in some areas, slightly lumpy, clayey limestones. Along with the ichthyofauna remains very scarce scolecodonts, some single ostracod valves, not numerous small fragmentary and intact brachiopod shells, numerous segments of the crinoids, single skeletons of the bryozoans, some few conodonts were also found in the clayey limestones. The ostracods from this part of the section were previously studied by A. F. Abushik and T. I. Moisseeva [30], and the brachiopods – by T. L. Modzalevskaya and V. I. Pushkin [26, 30].

In the deposits of the Kustin Formation the ichthyofauna remains were found both in the clayey dolomites and dolomitic marls. The scales of *Gomphonchus* sp., *G. sandelensis*, *G. ? sp.*, *Nostolepis* sp., *Poracanthodes* sp., *P. punctatus*, *Porocanthodidae* gen. indet., *Ischnacanthiformes* gen. et sp. indet., the tessera fragments of Acanthodii indet. and Acanthodii ? indet. were determined in the light grey, dense, strong, cryptocrystalline slightly cavernous, platy, clayey dolomites with thin wavy lamination. Of all the above-listed ichthyofauna taxa the only species of *Poracanthodes punctatus* was not found in the underlying deposits. Hence, this species can be used as a zonal one for this stratigraphic level. Together with the above-mentioned ichthyofauna remains some single scolecodonts, very rare small fragments of the brachiopod shells were also found in the Kustin deposits. The scales of *Nostolepis* sp., *Gomphonchus sandelensis*, *Ischnacanthiformes* gen. et sp. indet., Acanthodii gen. et sp. indet. and Acanthodii indet were determined in grey with a greenish tint, dense, strong, platy, dolomitic marls without obvious layering, with a conchoidal fracture. Some scarce scolecodonts, few ostracods, infrequent microgastropods, single brachiopod

shells and very few crinoid segments were found along with them. The ostracods from this part of the section were also previously studied by A. F. Abushik and T. I. Moisseeva [30], and the brachiopods – by T. L. Modzalevskaya and V. I. Pushkin [26, 30].

## CORRELATION OF THE PŘIDOLIAN DEPOSITS OF BELARUS BASED ON THE ICHTHYOFaUNA

The deposits of the Kantinovka and Svitichi Formations in the section of the Rataichitsy 12k borehole drilled in the territory of the Podlasie-Brest Depression correspond in their volume to the Mukhavets Regional Stage of the Přidolian Series [27]. In the territory of the Volyn Monocline the Mukhavets Regional Stage corresponds in its volume to the Gushchin Formation in the section of the Komarovka 933/10 borehole [14]. According to the ichthyofauna remains the deposits of the Mukhavets Regional Stage correspond approximately to the upper part of the thelodont zone of *Thelodus admirabilis* and the acanthodian zone of *Nostolepis gracilis*, earlier accepted for the Kaugatuma deposits in the territory of the Baltic States [19]. According to the ichthyofauna remains the deposits of the Mukhavets Regional Stage can be compared with the sediments of the Minija Regional Stage and the rocks of the lower part of the Jūra Regional Stage of Lithuania [12, 29, 38], the deposits of the Kaugatuma Regional Stage of Estonia [19], the Ludlow Bone Bed Member, the Downton Castle Sandstones and the Temeside Shale Formation of Great Britain [19] and, probably, with deposits of the lower part of the Krasnaya Bukhta Formation of the Severnaya Zemlya [13, 17].

The deposits of the Kustin Formation of the same name Regional Stage in the section of the Rataichitsy 12k borehole correspond to the Tomashovka Formation identified in the sections of the Tomashovka 11 [27] and Komarovka 933/10 boreholes [14]. These deposits complete the section of the Přidolian in the territory of the Podlasie-Brest Depression and Volyn Monocline. According to the ichthyofauna remains these deposits correspond to the *Trimerolepis timanica* – *Poracanthodes punctatus* zone earlier identified in the Baltic States for Ohesaare deposits [19], and correlate rather well with the sediments of the upper part of the Jūra Regional Stage of Lithuania [12, 29, 38], the deposits of the Ohesaare Regional Stage of Estonia [16, 19], the rocks of the most part of the Ledbury Formation of Great Britain [19, 20], the deposits of the Holmestrand Formation of Norway [31], the rocks of the lower part of the Reliktovoe Formation of Novaya Zemlya [5], deposits of the upper part of the Krasnaya Bukhta Formation of Severnaya Zemlya [13, 17] and deposits of the Barlow Inlet Formation of Arctic Canada [8, 18, 19].

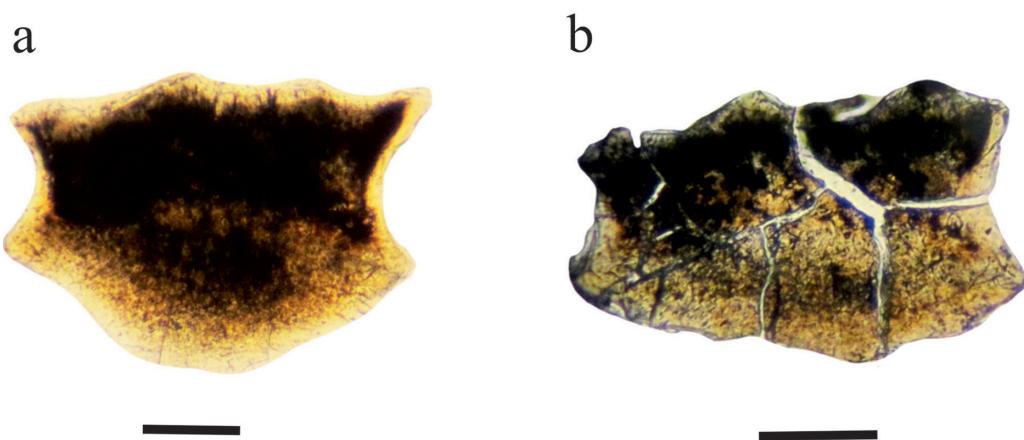
**SYSTEMATIC PALAEONTOLOGY**  
**Class ACANTHODII Owen, 1846**  
**Order Ischnacanthiformes Berg, 1940**  
**Family Poracanthodidae Vergoossen, 1997**  
**Genus *Poracanthodes* Brotzen, 1934**

**Diagnosis.** See R. H. Denison [7] and C. J. Burrow [6].

**Type species.** *Poracanthodes punctatus* Brotzen, 1934 [4].

**Remark.** According to the results of the recent studies, for example, C. J. Burrow [6], the acanthodians belong to the stem group of the class of Chondrichthyes. In this paper, the acanthodians are still considered traditionally in a class rank, i. e., as an Acanthodii Owen Class, 1846 [22].

*Poracanthodes rataitchitsyensis* sp. nov.  
 Plate V, figures 4a, 4b, 5a and 5b; Text-Figure 4



**Text-Figure 4** – Microstructure of a scale of *Poracanthodes rataitchitsyensis* sp. nov.  
 a – scale vertical section; b – scale vertical section in anise oil (scale slightly cracked). Specimen № 122/39-1,  
 Rataitchitsy 12k borehole, depth 481.0 m; Svitichi Formation, Mukhavets Regional Stage.  
 Scale bar 100 µm for Figures a and b.

**Etymology.** The name of the species is derived from the name of the village of Rataitchitsy, near which a borehole was drilled, in the core of which the scales of this new species of the acanthodians were found for the first time.

**Holotype.** Belarusian National Technical University (BNTU). Department of Mining. Specimen № 122/42-1, scale (Plate V, fig. 5).

**Type locality and horizon.** Rataitchitsy 12k borehole, depth 484.7 m; Belarus, Kamenets district, Brest region; Upper Silurian, Pridolian, Mukhavets Regional Stage, Svitichi Formation.

**Material.** 9 scales.

**Diagnosis.** The scales are small, up to 0.7 mm long. The crown is rhomboid, rounded-rhomboid. On the crown there are no more than four large, slightly curved, radially located ridges situated at a distance from each other, clearly expressed in its anterior part and gradually fading towards the middle part of the crown. Within the posterior part of the crown there are usually from five to

seven V-shaped arcade canals with small pores penetrating the crown and opening on its surface. The neck is high, thick. The base is moderately or strongly convex, rounded-rhomboid, elongated-oval, with a slightly expressed apex, usually slightly shifted forward. There are at least five growth lamellae in the crown. The anterior part of the crown is pierced by narrow, branching dentine tubules. The ascending and radial vascular canals are rather well expressed. In the neck there are large osteocytes with short processes. The base is characterized by an average amount of the osteocyte cavities. The Sharpey's fibers are narrow, not very distinct.

**Description. Morphology.** Small scales are 0.4 to 0.7 mm long, usually 0.4 to 0.5 mm wide and usually not more than 0.35 mm high. The crown of the scales is slightly flattened. The shape of the crown of the scales is rhomboid, rounded-rhomboid. The anterior part of the crown is usually rounded, but can also be angular, often slightly curved down. The sculpture of the crown is represented by 3–4 well-expressed, high,

slightly sinuous, fan-shaped ridges with wide elongated depressions located between them. At the anterior part of the crown, the ridges are very well expressed and gradually decrease and fade towards the middle part or going slightly beyond the middle part. The thin posterior section of the crown is usually pierced by 5–7 V-shaped arcade canals and not numerous small pores. The neck of the scales is well-expressed. It is rather high, thick, relatively smooth, rhomboid in plan. The rim outlining the junction of the neck and base is clear and well-developed. The base is moderately or strongly convex, rounded-rhomboid, elongated-oval, usually slightly protruding from the anterior margin of the crown. The apex of the base is weakly expressed, slightly shifted forward.

**Histology.** Because of the paucity of the found scales of the described species, only two scales were histologically studied. Unfortunately, their preservation turned out to be not very good, but despite this, some important features of the internal structure were still found out. There are at least five growing lamellae in the crown. The ascending canals are located in each lamella; they are long, sinuous, with quite numerous branches on top. The radial canals are wide, long, located above the surface of the base. There are V-shaped arcade canals with small pores. The pore canals are few, relatively small, uneven, penetrate the crown and open on its surface. In the neck there are large osteocytes which are supplied with short processes. The base is composed of the bone tissue and is characterized by an average amount of the osteocyte cavities. The Sharpey's fibers are narrow, relatively long, not very distinct.

**Variability.** The scales of this species vary in their crown shape, base configuration and the degree of its convexity – from strong to moderately convex. The crown sculpture varies in the number of ridges. A number of V-shaped canals in the posterior part of the crown section is also variable.

**Comparison.** In the morphological features the scales of the new species differ significantly from the scales of *Poracanthodes punctatus* Brotzen, 1934 [4, 16] by the different sculpture on the crown surface, crown shape, fewer pores on the crown, morphological features of V-shaped arcade canals on the crown, as well as the character of the branching of the radial and pore canals. The scales of the described species *Poracanthodes rataitchitsyensis* sp. nov. differ from those of *Poracanthodes menneri* (Valiukevičius, 1992) [33] by the presence of distinct ridges in the anterior section of the crown, a number of V-shaped canals in the posterior section of the crown, the height of the neck and the absence of large openings on its posterior side, and the internal structure. The scales of *Poracanthodes rataitchitsyensis* sp. nov. differ well from the scales of

*Poracanthodes exaratus* Valiukevičius, 1994 [34] in their crown sculpture, location of the pores, their number and size, the presence of V-shaped canals on the crown and slightly in the base shape. Due to the fact that the histology of the scales of *Poracanthodes exaratus* has not been done, it is impossible to say anything about how the internal structure of the scales of this species differs from the internal structure of the scales of the new species. Morphologically, the scales of the new species differ from the scales of *Poracanthodes canadensis* Burrow et Vergoossen, 1999 [21] in a much smaller number of the ridges on the crown surface and their appearance, crown shape, configuration and number of V-shaped arcade canals in the posterior section of the crown, the absence of clear rows of openings on the neck, a somewhat less expressed apex of the base, the number of growth lamellae of the crown, the nature of branching of the ascending and radial canals, a number of the osteocyte cavities at the base and the expressiveness of the Sharpey's fibers. The scales of the new species clearly differ from the scales of the species of *Poracanthodes marssae* Valiukevičius, 2004 [37] in a peculiar crown sculpture, its size and shape, a large number of the pores on the crown surface and their location, the presence of V-shaped arcade canals on the crown, the absence of numerous pores on the neck, the shape of the base and a position of the apex on it, as well as in some details of the microstructure. On the basis of the scale morphology of the new species differ from those of *Poracanthodes sulcatus* Valiukevičius, 2004 [37] in the sculpture on the crown surface represented by 3–4 well-defined, high, slightly curved ridges with wide and long depressions located between them, the nature of the pore canals, the more massive base and features of the internal structure.

**Geological age and geographical distribution.** Upper Silurian, Přidolian, Mukhavets Regional Stage, Svitichi Formation; Belarus, Kamenets district of the Brest region.

**Occurrence.** Belarus, Kamenets district, Brest region, Rataichitsy 12k borehole, depths – 484.7 and 481.0 m.

#### BRIEF TAPHONOMIC DESCRIPTION OF THE PŘIDOLIAN ICHTHYOFaUNA REMAINS

The ichthyofauna remains originating from the deposits of the Gushchin Formation of the Komarovka 933/10 borehole were found in the clayey marls. They are represented there only by some isolated scales of the thelodonts and acanthodians. The thelodont scales are better preserved than those of the acanthodians. The thelodont scales are more abundant than the

acanthodian scales. These are located randomly in the rocks, do not form group accumulations and have no signs of obvious roundness. The color of the scales is light brown, dark brown and black. Due to their fragmentation and strong scattering in the rock it is possible that before burial they were subject to mechanical displacement over a certain distance. It is also worth noting that together with the ichthyofauna scales few remains of the invertebrates of relatively good and satisfactory preservation were also found. It can be concluded that the habitat of the discovered animals was a shallow coastal zone of the shelf, where mainly carbonate sedimentation took place [14].

The skeletal elements of the ichthyofauna originating from the deposits of the Tomashovka Formation of the same borehole were found in the siltstones and clayey marls. Within these rocks they are mainly represented by numerous discrete scales of the acanthodians and, to much smaller degree, by some small fragments of the acanthodian fin spines. These micromeric remains are randomly located in the rocks; they do not form rather large group accumulations. Some of the found remains show obvious signs of roundness. The color of the ichthyofauna remains is light brown, dark brown, brown, dark grey and black. In addition to the ichthyofauna remains, various remains of the invertebrates were also found in the rocks of the formation under consideration, that are represented by broken calcareous tubes of the worms, scolecodonts, ostracod valves, fragmentary shells of brachiopods and cephalopods, tentaculite shells, fragments of crinoid stems and some small fragments of the graptolites. These are generally characterized by satisfactory preservation. Based on the preservation and features of the distribution of the fossils in the rocks, it can be concluded that all of them undoubtedly experienced transportation over some distance under the influence of the hydrodynamic processes in the water basin. It can be concluded from the above data that the habitat of the discovered vertebrates and invertebrates could be a coastal-shallow area of the sea where mainly terrigenous-carbonate sedimentation took place [14].

The ichthyofauna remains established in the deposits of the Kantinovka Formation of the Rataichitsy 12k borehole were found in the marls and are represented by some single scales of the thelodonts and acanthodians. The scales are very unevenly distributed in the rock and are strongly scattered. These scales are yellowish-orange, light brown and dark brown. Along with the scales of the agnathans and fishes rather abundant remains of the invertebrates, as well as few conodonts were found there. Their preservation is mostly satisfactory. The habitat of the discovered fossils was the marine shallow-water open shelf [9].

The skeletal elements of the ichthyofauna originating from the deposits of the Svitichi Formation

of the Rataichitsy 12k borehole were found in clayey limestones and are mainly represented by some isolated acanthodian scales, to a lesser extent, by the thelodont scales and rarely found acanthodian tesserae. The remains of the ichthyofauna in the clayey limestones are very unevenly distributed, they do not have a clear orientation and expressed confinement to the bedding planes. Some scales are slightly rounded. In general, most of the remains are fairly well-preserved. In color these scales are mainly light brown, brown, dark brown and black. The preservation of the remains, their fragmentation, scattering, roundness of some of them testifies to their allochthonous nature. Along with the ichthyofauna remains some scattered remains of various invertebrates and conodonts were also found in the clayey limestones, which preservation is generally quite good. The habitat of the discovered fossils was the marine shallow open shelf [9].

The ichthyofauna remains established in the deposits of the Kustin Formation of the Rataichitsy 12k borehole were found in the clayey dolomites and dolomitic marls. An analysis of the skeletal material of the vertebrates found in this part of the section indicates the predominance of the acanthodian scales over the findings of their tesserae. The remains of the acanthodians in these rocks are very unevenly distributed. Their preservation is relatively good or satisfactory. These scales are of different color – light grey, grey, dark grey, light brown, brown, dark brown and black. The invertebrates are represented there by the scolecodonts, ostracods, microgastropods, small fragments of the brachiopod shells and segments of the crinoids. The preservation of invertebrate and vertebrate remains is partly good and partly satisfactory. The fragmentation, isolation and separation of the remains in size and weight in the rocks may, to some extent, be evidence of their mechanical transportation by the bottom currents and wave movements. It can be concluded from all the above that the habitat of the discovered animals was the marine shallow-water open shelf [9].

## CONCLUSIONS

1. The paper provides updated information of the ichthyofauna of the Pridolian age established in the deposits of the Gushchin and Tomashovka Formations in the territory of the Volyn Monocline, as well as in the sediments of the Kantinovka, Svitichi and Kustin Formations within the Podlasie-Brest Depression (Komarovka 933/10 and Rataichitsy 12k boreholes).

2. The lithological description of the above-mentioned formations earlier identified in the Komarovka 933/10 and Rataichitsy 12k boreholes is given.

3. The considered deposits are correlated by their ichthyofauna remains with the well-studied synchronous deposits in the territory of the Baltic States, Great Britain, Sweden, Norway, Canada and Russia.

4. The data obtained of the Přidolian fish fauna identified in the Komarovka 933/10 and Rataichitsy 12k boreholes made it possible to significantly replenish its systematic composition in the territory of Belarus, to distinguish and describe a new species, to supplement the evidences of the geographical distribution of the ichthyofauna, as well as to consider the taphonomic characteristics of its vertebrate remains.

5. In addition, a number of skeletal elements of the Přidolian agnathans and fishes are presented in the paper as attached Plates.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author of the paper is deeply grateful to Dr. C. J. Burrow (University of Queensland, Queensland, Australia) for the discussions of some definitions of the ichthyofauna taxa, as well as to V.G. Lugin (Belarusian State Technological University, Center for Physical and Chemical Researches) for the help with the electron microscope photography, and to V.G. Filippova for her assistance in editing the manuscript in English.

## REFERENCES

1. Agassiz, L. Fishes of the Upper Ludlow Rock // The Silurian System / Ed. by R. I. Murchison. – London: John Murray, 1839. – 768 p.
2. Berg, L. S. Classification of fishes and fish-like animals, living and fossil / L. S. Berg // Tr. Zool. Ins. Akad. Nauk SSSR. – 1940. – Vol. 5, № 2. – P. 85–517 (in Russian).
3. Bouček, B. Über die Variabilität der Brachiopoden *Dayia navicula* (Sow.) und *Cyrtia exorrecta* (Wahl.) / B. Bouček // Mitt. Tschesch. Akad. Wissenschaften. – 1940. – P. 1–22.
4. Brotzen, F. Die Morphologie und Histologie der Proostea (Acanthodiden) Schuppen / F. Brotzen // Arkiv för Zoologi. – 1934. – Band 26A, № 23. – P. 1–27.
5. Burrow, C. J. Acanthodians from the Silurian–Devonian boundary beds of Novaya Zemlya Archipelago, Russia / C. J. Burrow, A. O. Ivanov, V. B. Ershova // GFF. – 2018. – Vol. 140, № 3. – P. 241–248.
6. Burrow, C. J. Handbook of Paleichthyology. Vol. 5: Acanthodii, Stem Chondrichthyes / C. J. Burrow. – München : Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 2021. – 135 p.
7. Denison, R. H. Handbook of Paleichthyology. Vol. 5: Acanthodii / R. H. Denison. – Stuggart; New York : G. Fischer Verlag, 1979. – 62 p.
8. Distribution of Silurian and Lower Devonian vertebrate microremains and conodonts in the Baillie-Hamilton and Cornwallis Island sections, Canadian Arctic / T. Märss [et al.] // Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Geology. – 1998. – Vol. 47. – P. 51–76.
9. Ecostratigraphy: results of investigations of the Silurian deposits in the Byelorussian part of the Podlasie-Brest Depression / V. I. Pushkin [et al.]. – Minsk : Nauka i tekhnika Publ., 1991. – 40 p.
10. Gross, W. Die Agnathen und Acanthodier des obersilurischen Beyrichienkalks / W. Gross // Palaeontographica Abt. A. – 1947. – Bd. 96. – S. 91–158.
11. Hoppe, K.-H. Die Coelolepiden und Acanthodier des Obersilurs der Insel Ösel / K.-H. Hoppe // Palaeontographica. – 1931. – Bd. 76. – S. 35–94.
12. Karatajūtė-Talimaa, V. Distribution of vertebrates in the Silurian of Lithuania / V. Karatajūtė-Talimaa, A. Brazauskas // Geologija. – 1994. – Vol. 17. – P. 106–13.
13. Karatajūtė-Talimaa, V. Upper Silurian thelodonts of Severnaya Zemlya Archipelago (Russia) / V. Karatajūtė-Talimaa, T. Märss // Geodiversitas. – 2002. – Vol. 24. – P. 405–443.
14. Lithological and stratigraphic characteristics of Precretaceous deposits of the platform cover of southwestern Belarus (from the results of studying the Komarovka 913/10 borehole) / D. P. Plax [et al.] // Litasfera. – 2012. – № 2 (37). – P. 3–21 (in Russian).
15. Märss, T. *Thelodus admirabilis* n. sp. (Agnatha) from the Upper Silurian of the East Baltic / T. Märss // Proceedings of the Academy of Sciences of the Estonian SSR. Geology, 1982. – Vol. 31, № 3. – P. 112–116.
16. Märss, T. Silurian Vertebrates of Estonia and West Latvia / T. Märss. – Tallinn : Valgus, 1986. – 104 p. (in Russian).
17. Märss, T. Ordovician and Lower Silurian thelodonts from Severnaya Zemlya Archipelago (Russia) / T. Märss, V. Karatajūtė-Talimaa // Geodiversitas. – 2002. – Vol. 24. – P. 381–404.
18. Märss, T. Silurian and Lower Devonian thelodonts and putative chondrichthyans from the Canadian Arctic Archipelago / T. Märss, M. V. H. Wilson, R. Thorsteinsson // Special Papers in Palaeontology. – 2006. – Vol. 75. – P. 1–140.
19. Märss, T. Revision of Silurian vertebrate biozones and their correlation with the conodont succession / T. Märss, P. Männik // Estonian Journal of Earth Sciences. – 2013. – Vol. 62, № 4. – P. 181–204.
20. Märss, T. Thelodonts and distribution of associated conodonts from the Wenlock-Lowermost Lochkovian of the Welsh Borderland / T. Märss, C. G. Miller // Palaeontology. – 2004. – Vol. 47. – P. 1211–1265.

21. **Microvertebrate** assemblages from the Upper Silurian of Cornwallis Island, Arctic Canada / C. J. Burrow [et al.] // Canadian Journal of Earth Sciences, 1999. – Vol. 36. – P. 349–361.
22. **Owen, R.** Lectures on the comparative anatomy and physiology of the vertebrate animals, delivered at the Royal College of Surgeons of England in 1844 and 1846. Part 1 : Fishes / R. Owen. – London : Longman, Brown, Green, and Longmans, 1846. – 308 p.
23. **Pander, C. H.** Monographie der fossilen Fische des Silurischen Systems der Russisch-Baltischen Gouvernements / C. H. Pander. – St. Petersburg : Buchdruckerei der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, 1856. – 91 s.
24. **Plax, D. P.** Stratigraphic distribution of the ichthyofauna remains in the Silurian deposits of Belarus / D. P. Plax // Actual problems of the Earth sciences: the use of natural resources and the preservation of the environment : materials V International scientific-practical conference, Brest, 27–29 Sept. 2021 : in 2 parts / Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, A. S. Pushkin Brest State University, Brest State Technical University; editorial board: S. A. Lysenko, M. A. Bogdasarov, A.A. Volchek. – Brest : BrSU, 2021. – Part 1. – P. 121–124 (in Russian).
25. **Pushkin, V. I.** Detailing of the Stratigraphic Chart of the Silurian of the Byelorussian part of the Podlasie-Brest Depression / V. I. Pushkin, V. F. Ropot // Dokl. Acad. Nauk BSSR. – 1989. – Vol. 33, № 11. – P. 1021–1024 (in Russian).
26. **Pushkin, V. I.** Silurian system / V. I. Pushkin // Geology of Belarus / A. S. Makhnach, R. G. Garetsky, A. V. Matveyev (eds.) [et al.]. – Minsk, 2001. – P. 171–186.
27. **Pushkin, V. I.** The Silurian system / Stratigraphic Charts of the Precambrian and Phanerozoic deposits of Belarus: explanatory note / V. I. Pushkin. – Minsk : State Enterprise «BelNIGRI», 2010. – P. 93–98 (with Stratigraphic Chart of the Silurian deposits of Belarus in 1 sheet) (in Russian).
28. **Rohon, J. V.** Die obersilurischen Fische von Oesel. II Teil. Selachii, Dipnoi, Ganoidei, Pteraspidae und Cephalaspidae / J. V. Rohon // Mémoirs de l'Academie Imperiale des Sciences de St. Petersburg. – 1893. – Vol. 41, № 5. – P. 1–124.
29. **Sidravičene, N. V.** The Silurian system // Geological map of the USSR. Scale of 1 : 1 000 000 (new series) : explanatory note. Sheet IV-(34), (35) / N. V. Sidraviciene, P. P. Lapinskas, V. I. Pushkin. – Vilnius; Leningrad, 1986. – P. 43–53 (in Russian).
30. **Silurian** and Early Devonian brachiopods and ostracodes of Belarus / A. F. Abushik [et al.]. – St. Petersburg: VSEGEI Publ., 2007. – 126 p. (in Russian).
31. **Silurian** vertebrate remains from the Oslo Region, Norway, and their implications for regional biostratigraphy / O. Bremer [et al.] // Norwegian Journal of Geology. – 2019. – Vol. 99. – P. 1–27.
32. **The Devonian** system / T. G. Obukhovskaya [et al.] // Stratigraphic Charts of the Precambrian and Phanerozoic deposits of Belarus: explanatory note. – Minsk : State Enterprise «BelNIGRI», 2010. – P. 98–114 (with Stratigraphic Chart of the Devonian deposits of Belarus in 2 sheets) (in Russian).
33. **Valiukevičius, J.** First articulated *Poracanthodes* from the Lower Devonian of Severnaya Zemlya / J. Valiukevičius // Fossil fishes as living animals. Vol. 1 / E. Mark-Kurik (ed.). – Tallinn : Academia Publ., 1992. – P. 193–214.
34. **Valiukevičius, J.** Acanthodians and their stratigraphic significance / J. Valiukevičius // Stratigraphy and Fauna of the Lower Devonian Tareya Key Section (Taimyr) / S. Cherkesova, V. Karatajūtė-Talimaa, R. Matukhin (eds.). – St. Petersburg : Nedra Publ., 1994. – P. 131–197; 236–243 (in Russian).
35. **Valiukevičius, J.** Acanthodians and zonal stratigraphy of Lower and Middle Devonian in East Baltic and Byelorussia / J. Valiukevičius // Palaeontographica Abt. A. – 1998. – Vol. 248. – P. 1–53.
36. **Valiukevičius, J.** New Late Silurian to Middle Devonian acanthodians of the Timan-Pechora region / J. Valiukevičius // Acta Geologica Polonica. – 2003. – Vol. 53, № 3. – P. 209–245.
37. **Valiukevičius, J.** Silurian acanthodian succession of the Lužni-4 borehole (Latvia) / J. Valiukevičius // Acta Universitatis Latviensis. – 2004. – Vol. 679. – P. 120–147.
38. **Valiukevičius, J.** Silurian acanthodian biostratigraphy of Lithuania / J. Valiukevičius // Geodiversitas. – 2005. – Vol. 27 (3). – P. 349–380.
39. **Vergoossen, J. M. J.** Revision of the poracanthodid acanthodians / J. M. J. Vergoossen // Palaeozoic Strata and Fossils of the Eurasian Arctic. Extended abstracts Special Publication 3 of Ichthyolith Issue // A. O. Ivanov, M. V. H. Wilson, A. Zhuravlev (eds.). – St. Petersburg : Geological Faculty of St. Petersburg State University, 1997. – P. 44–46.
40. **Vergoossen, J. M. J.** Late Silurian fish microfossils from an East Baltic-derived erratic from Oosterhaule, with a description of new acanthodian taxa / J. M. J. Vergoossen // Geologie en Mijnbouw. – 1999. – Vol. 78. – P. 231–251.
41. **Vieth, J.** Thelodontier-, Acanthodier- und Elasmobranchier-Schuppen aus dem Unter-Devon der Kanadischen Arktis (Agnatha, Pisces) / J. Vieth // Göttinger Arbeiten zur Geologie und Paläontologie. – 1980. – Bd. 23. – S. 1–69.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 26.11.2022

Рэцэнзент Ю. У. Заіка

## ПРЖЫДОЛЬСКАЯ ІХТЫЯФАЎНА БЕЛАРУСІ

Дз. П. Плакс

Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт  
пр. Незалежнасці, 65, 220013, Мінск, Беларусь  
E-mail: agnatha@mail.ru

У артыкуле прыводзяцца вынікі палеаіхтыялагічнага вывучэння парод пржыдольскага ўзросту, ускрытых свідравінамі Камароўка 93з/10 і Ратайчицы 12к на тэрыторыі Валынскай манакліналі і Падляска-Брэсцкай упадзіны ў межах Беларусі. Прадстаўленая інфармацыя па іхтыяфаўне дазваляе ўдакладніць і дапоўніць таксанамічны склад яе ў вышэйзгаданых адкладах у межах названых тектанічных структур, а таксама выкарыстоўваць яе для вызначэння ўзросту парод, іх расчленення і карэляцыі. Асобна ў артыкуле прыводзіцца апісанне новага віду акантода на аснове ізаліянавых лусак і разглядаецца кароткая тафанамічная характарыстыка шкілетных рэшткаў пржыдольскай іхтыяфаўны. Атрыманыя дадзеныя па іхтыяфаўне дапаўняюць інфармацыю аб яе стратыграфічным і геаграфічным распаўсюджванні.

## ПРЖИДОЛЬСКАЯ ИХТИОФАУНА БЕЛАРУСИ

Д. П. Плакс

Белорусский национальный технический университет  
пр. Независимости, 65, 220013, Минск, Беларусь  
E-mail: agnatha@mail.ru

В статье приводятся результаты палеоихтиологического изучения пород пржидольского возраста, вскрытых скважинами Комаровка 93з/10 и Ратайчицы 12к на территории Волынской моноклинали и Подляско-Брестской впадины в пределах Беларуси. Представленная информация по ихтиофауне позволяет уточнить и дополнить данные о таксономическом составе в вышеупомянутых отложениях в границах названных тектонических структур, а также использовать ее для определения возраста пород, их расчленения и корреляции. Отдельно в статье приводится описание нового вида акантода на основе изолированных чешуй и рассматривается краткая тафономическая характеристика скелетных остатков пржидольской ихтиофауны. Полученные данные по ихтиофауне дополняют информацию о ее стратиграфическом и географическом распространении.

УДК 551.735.1(476-12)

## СТРАТИГРАФІЯ І КОРРЕЛЯЦІЯ ОТЛОЖЕНИЙ ВІЗЭЙСКОГО ЯРУСА НИЖНЕГО КАРБОНА ЮГО-ВОСТОЧНОЇ БЕЛАРУСІ НА ТЕРРИТОРІЯХ, СОПРЕДЕЛЬНЫХ С ПРИПЯТСКИМ ПРОГИБОМ

В. И. Толстошев, П. О. Сахарук

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»  
Филиал «Институт геологии»  
ул. Акад. Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь  
E-mail: polina.sakharuk@gmail.com

В статье приводятся результаты стратиграфического расчленения визейских отложений юго-востока Беларуси в разрезах четырех скважин, пробуренных на сопредельных с Припятским прогибом структурах: Ястребовка 3-к и Абакумы 9-к (Брагинско-Лоевская структурная перемычка), Поддобрянка 37-к (юго-западный склон Воронежской антиклизы) и Черниговская 1-р (Днепровско-Донецкий прогиб). Проведена корреляция выделенных стратиграфических подразделений со стратотипами Донбасса, Московской синеклизы, Днепровского и Припятского прогибов. В стратиграфической схеме каменноугольной системы Беларуси в составе визейского яруса выделяются два подъяруса: нижний и верхний. В изученных разрезах скважин нижневизейский подъярус установлен только в отпорной скважине Черниговская 1-р, он представлен маломощной каолиновой пачкой пород, соответствующей по споровому комплексу нижней части гостовского горизонта. Верхневизейский подъярус в составе тульского, алексинского, михайловского и венёвского горизонтов установлен в разрезе скважины Черниговская 1-р, а в остальных трех изученных разрезах отсутствуют отложения венёвского горизонта. Полученные данные позволили уточнить представления о палеотектонике юго-восточной Беларуси в раннекаменноугольную эпоху.

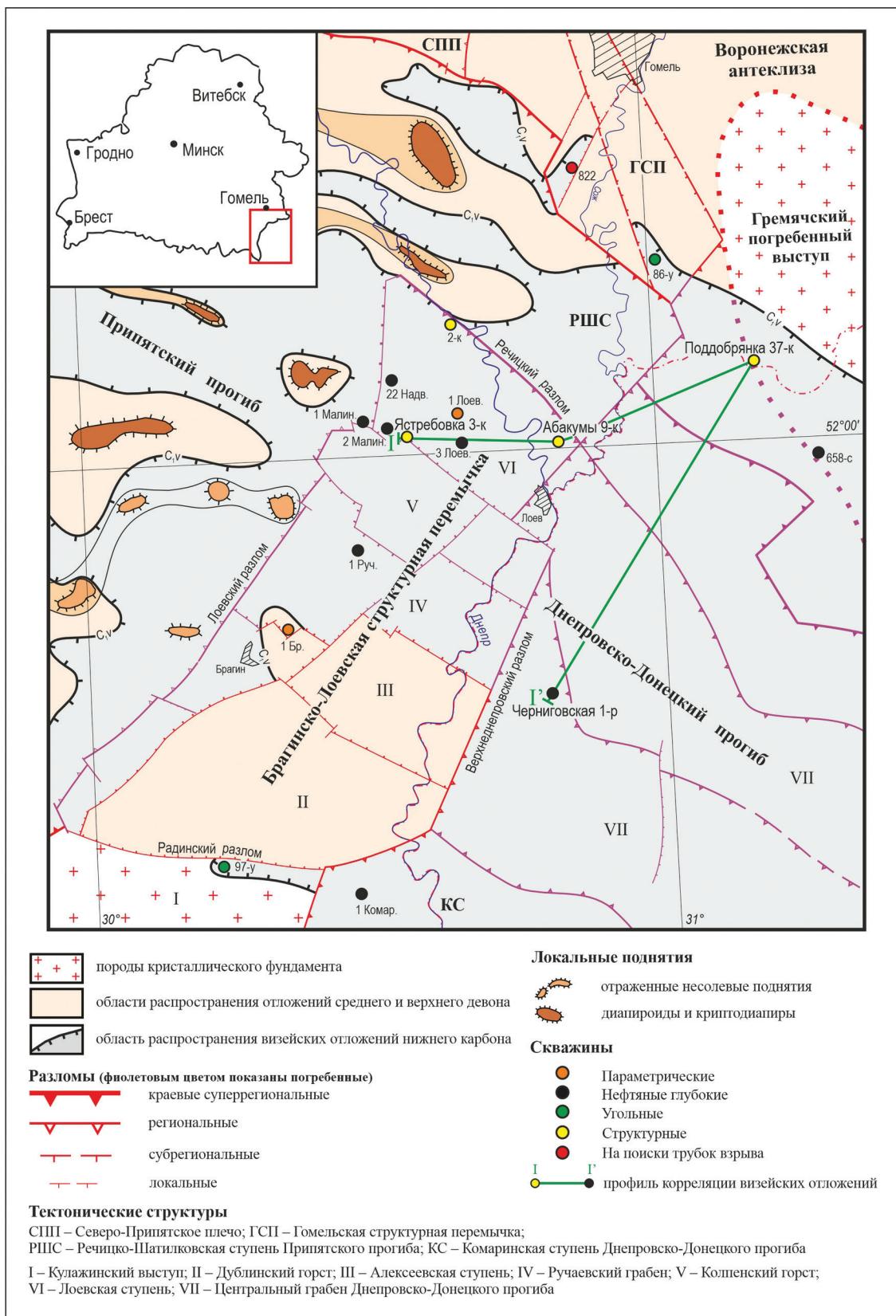
### ВВЕДЕНИЕ

Статья является продолжением серии публикаций по стратиграфии и корреляции отложений визейского яруса нижнего карбона. Ранее авторами статьи были рассмотрены указанные отложения в скважинах южной части Припятского прогиба [21], а в данной работе рассматриваются скважины, вскрывшие визейские образования на территории сопредельных с ним тектонических структур: Брагинско-Лоевской структурной перемычки, северо-западной части Днепровско-Донецкого прогиба и Гремячского погребенного выступа фундамента Воронежской антиклизы. В статье отражены результаты исследований, осуществляемых авторами в 2021–2022 гг. в филиале «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии» в рамках выполнения НИР 4 «Геологическое строение отложений визейского яруса нижнего карбона Припятского прогиба и сопредельных территорий и оценка их перспектив на полезные ископаемые» задания 4.01 «Исследование вещественного состава горных пород, строения и эволюции недостаточно изученных частей платформенного чехла и кристаллического фундамента Беларуси как основа проведения геологосъемочных работ нового поколения и минерагенического прогноза» подпрограммы 10.4 «Белорусские недра» Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг.

В статье приведены материалы по расчленению и корреляции визейских отложений в четырех

скважинах: Ястребовка 3-к, Абакумы 9-к (Брагинско-Лоевская перемычка), Поддобрянка 37-к (Гремячский погребенный выступ) и Черниговская 1-р (северо-западная часть Днепровско-Донецкого прогиба) (рис. 1). Визейские отложения в данных скважинах были детально изучены с применением палеонтологического и палинологического методов, а при составлении литологических колонок визейских образований авторы статьи взяли за основу детальное описание керна визейских отложений в отмеченных скважинах, выполненное В. К. Голубцовым и Г. И. Кедо. В работе широко использованы опубликованные и фондовые материалы прошлых лет по изучению литологии, стратиграфии и палеонтологии рассматриваемых образований в приведенных скважинах, а также на сопредельных структурах [1; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 12; 13; 15; 19]. Помимо вышеназванных исследований, при составлении тектонической схемы сопредельных с Припятским прогибом структур и рассмотрении палеотектоники их отдельных блоков и разломов были использованы опубликованные материалы [2; 16; 17; 18].

В процессе исследований авторы уточнили объемы ранее выделенных стратиграфических подразделений визейского яруса и перекрывающих их образований серпуховского яруса нижнего карбона с привлечением материалов ГИС. Стратиграфическое расчленение и корреляция отложений визейского и серпуховского ярусов в изученных разрезах скважин представлены в соответствии с новыми Стратиграфическими схемами докембрийских и фанерозийских отложений Беларуси 2010 г. [14].



**Рисунок 1 – Распространение визейских отложений на юго-востоке Беларуси  
(в Припятском прогибе и на сопредельных территориях)  
(составили В. И. Толстошев и П. О. Сахарук по материалам [4; 22])**

## СТРАТИГРАФІЯ І КОРРЕЛЯЦІЯ ВІЗЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕГО КАРБОНА

На изучаемой территории отложения визейского яруса широкой полосой протягиваются из северо-западной части Днепровско-Донецкого прогиба в Припятский прогиб, перекрывая при этом северную и западную части Брагинско-Лоевской структурной перемычки, юго-западный склон Гремячского погребенного выступа Воронежской антеклизы,

частично северо-восточную часть Припятского прогиба, соответствующую восточному окончанию погребенной Речицко-Шатилковской ступени, а также, предположительно, небольшие участки Гомельской структурной перемычки (см. рис. 1). На эрозионной разновозрастной поверхности данных структур – от кристаллического фундамента до полесского надгоризонта фаменского яруса верхнего девона – трансгрессивно залегают ненарушенные разломами преимущественно верхневизейские (тульско-мийловские) отложения (табл.).

**Таблица** – Стратиграфическое расчленение визейских отложений в скважинах на территориях, сопредельных с Припятским прогибом

№ п/п	Скважина	Альтитуда Забой	Кровля	Система	Каменноугольная							Подошва			
				Отдел	Нижний										
				Ярус	Визейский										
				Подъярус	Верхний				Нижний						
				Горизонт, пачка	C <sub>1</sub> vn	C <sub>1</sub> mh	C <sub>1</sub> al	C <sub>1</sub> tl	C <sub>1</sub> bb	C <sub>1</sub> gs	IV	III	II	I	Глубина
1	Черниговская 1-р	149,4 2940,0	C <sub>1</sub> sž	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	1436,0 -1286,6 26,0	1462,0 -1312,6 38,0	1500,0 -1350,6 34,0	1534,0 -1384,6 44,0	-	-	-	1578,0 -1428,6 10,0	1588,0 -1438,6	D <sub>3</sub> pl	
2	Ястrebовка 3-к	128,8 1930,0	-//-	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	830,0 -701,2 10,0	840,0 -711,2 16,5	856,5 -727,7 13,5	-	-	-	-	870,0 -741,2	D <sub>3</sub> ptr	
3	Абакумы 9-к	114,0 1200,0	-//-	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	938,0 -824,0 29,0	967,0 -853,0 20,0	987,0 -873,0 10,0	-	-	-	-	997,0 -883,0	D <sub>3</sub> tn	
4	Поддобрянка 37-к	138,0 900,0	-//-	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	841,2 -703,2 16,3	857,5 -719,5 13,7	871,2 -733,2 8,8	-	-	-	-	880,0 -742,0	AR-PR <sub>1</sub>	
5	Лоевская 1-р	137,8 2789,0	-//-	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	849,0 -711,2 18,5	867,5 -729,7 14,3	881,8 -744,0 18,2	-	-	900,0 -756,2 30,0	930,0 -792,2 15,0	945,0 -807,2	D <sub>3</sub> pl	
6	Лоевская 3-р	138,3 2502,0	-//-	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	905,0 -766,7 15,0	920,0 -781,7 30,0	950,0 -811,7 20,0	-	-	-	-	970,0 -831,7	D <sub>3</sub> ptr	
7	Малиновская 1-р	134,9 2561,0	-//-	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	870,0 -735,1 32,5	902,5 -767,6 23,8	926,3 -791,4 13,7	-	-	940,0 -805,1 62,5	1002,5 -867,6 20,0	1022,5 -887,6	D <sub>3</sub> pl	
8	Малиновская 2-р	135,4 2272,0	-//-	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	-	792,5 -657,1 10,0	802,5 -667,1 8,0	-	-	-	-	810,5 -675,1	-/-	
9	Ручаевская 1-р	131,9 2392,0	-//-	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	-	1062,5 -930,6 27,5	1090,0 -958,1 33,0	-	-	-	-	1123,0 -991,1	D <sub>3</sub> zd	

Как видно на карте (см. рис. 1), на рассматриваемых территориях пробурено небольшое количество скважин, которые неравномерно расположены на отмеченных выше структурах. На некоторых блоках не пробурено ни одной скважины, и изучение платформенного чехла здесь проводилось на основе электrorазведочных, гравиметрических и сейсморазведочных исследований. На Брагинско-Лоевской перемычке наиболее изученной бурением оказалась Лоевская ступень, где расположены сле-

дующие скважины: Ястrebовка 3-к (1967), Абакумы 9-к (1963), Васильево 2-к (1967) (структурные); параметрическая Лоевская 1-р (1975), нефтепоисковые: Лоевская 3-р (1989), Малиновская 2-р (1999) и Надвинская 22-р (1991); в Ручаевском грабене пробурены две скважины: нефтепоисковая Ручаевская 1-р (1990) и параметрическая Брагинская 1-р (в ней отложения нижнего карбона отсутствуют); на Кулажинском выступе – угольная скважина Кулажин 97-у (1957). На Комаринской ступени Днепров-

ско-Донецкого прогиба пробурена нефтепоисковая скважина Комаринская 1-р (1978). На юго-западном склоне Гремячского погребенного выступа расположено северное крыло Днепровско-Донецкого прогиба, которое выделяется под названием Северо-Приднепровская моноклиналь. На ее западном участке пробурены всего две скважины, вскрывшие каменноугольные (включая верхневизейские) отложения: Поддобрянка 37-к (1963) и Сорокошичи-Репки 658-с.

В северо-западной части Днепровско-Донецкого прогиба, в осевой зоне Центрального грабена, в 1953 г. была пробурена опорная скважина Черниговская 1-р. В инт. 1436,0–1578,0 м (мощность 142,0 м) она вскрыла отложения нижнего и верхнего подъярусов визейского яруса нижне-

го отдела каменноугольной системы. В изучении остатков фауны и спор растений из визейских отложений Черниговской скважины принимали участие Д. Е. Айзенверг, З. Д. Белоусова, Н. Е. Бражникова, В. К. Голубцов, А. М. Ищенко, Г. И. Кедо, Л. Ф. Ростовцева и др. [3; 6]. Выделенные в разрезе скважины стратиграфические подразделения нижнего карбона эти авторы сопоставили со стратотипами Донбасса и Московской синеклизы, а также Днепровского и Припятского прогибов (рис. 2). В данной работе с использованием новой стратиграфической схемы каменноугольных отложений Беларуси 2010 г. [14] границы и мощности стратиграфических подразделений визейского яруса в Черниговской скважине были уточнены по сравнению с ранее опубликованными материалами [3].

Общая стратиграфическая шкала				Припятский прогиб, Брагинско-Лоевская перемычка	Московская синеклиза (западное и южное крылья)	Днепровский прогиб	Донбасс										
Система	Отдел	Ярус	Подъярус				Горизонт	Свита	МФГ	Свита	Известняк	Зона					
Каменноугольная	Визейский	Серпуховский	Нижний	Берхний	Сожский	Стешевская	IX	$C_1^3(C)$	$C_1$	$C_1^3a$	Донбасс						
					Тарусская												
					Венёвский	Венёвская	X	$C_1^2(B)$	$B_{12}$	$C_1^4g_2$							
					Михайловский	Михайловская	XI	$C_1^1(A)$	$B_5$	$C_1^4g_1$							
					Алексинский	Алексинская	XII	$XIIa$	$B_1$	$C_1^4f_2$							
					Тульский	Тульская	XIIIb	$XIIIb$	$C_1^4e_1$	$C_1^4f_1$							
					Бобриковский	Бобриковская	XIIIh	$XIIIh$	$C_1^4d_2$	$C_1^4d_1$							
					Гостовский	Глубоковская	XIV	$XIV$	$C_1^4c$	$C_1^4b$							
					Кизеловский		XVd	$XVd$	$C_1^4a$	$C_1^4d$							

Рисунок 2 – Сопоставление стратиграфических схем визейских образований нижнего карбона [12; 14; 15]

Корреляция визейского комплекса пород выполнена по профилю I-I' (см. рис. 1) с привлечением скважин Ястребовка 3-к, Абакумы 9-к, Поддобрянка 37-к и Черниговская опорная 1-р (рис. 3). Сопоставление изученных разрезов визейских отложений в трех структурных скважинах с Черниговской опорной 1-р дало возможность надежно выделять визейские образования в Припятском прогибе и сопоставлять их с визейскими разрезами Днепровско-Донецкого прогиба.

В изучении палеонтологических остатков фауны и спор растений из визейских отложений в трех структурных скважинах принимали участие В. К. Голубцов (фораминиферы, водоросли), В. И. Курилин, А. В. Мацкевич (фораминиферы), Г. А. Белоусова (брахиоподы), Л. С. Линник (брахиоподы верхнего девона) и Г. Н. Сахарова (споры).

В стратиграфической схеме каменноугольных отложений Беларуси 2010 г. [14] визейский ярус разделен на нижний и верхний подъярусы. Нижний подъярус включает гостовский и бобриковский горизонты, а верхний – тульский, алексинский, михайловский и венёвский горизонты.

**Нижневизейский подъярус ( $C_1v_1$ ).** На Лоевской ступени отложения подъяруса отсутствуют в скважинах Ястребовка 3-к, Абакумы 9-к, Лоевская 3-р и Надвинская 22-р, но выделены в скв. Лоевская 1-р (см. табл.). На юго-западном склоне Гремячского выступа в скв. Поддобрянка 37-к данные отложения также отсутствуют.

В северо-западной части Днепровско-Донецкого прогиба нижневизейский подъярус представлен в скв. Черниговская 1-р маломощной глинисто-песчаниковой пачкой пород (инт. 1578,0–1588,0 м, мощность 10 м). В ее основании залегает песчаник (2,7 м по керну) темно- и грязно-серый, иногда зеленоватый, глинистый, мелкозернистый, кварцевый, слюдистый; в нижней части слоя (1,9 м керна) песчаник переходит в алевролиты, а в верхней (0,8 м керна) – конгломератовидный с белыми выцветами каолинизации. В песчанике встречаются редкие и тонкие прослои темно-серых до черных песчанистых глин, с большим количеством обуглившихся растительных остатков, в нижней части слоя – пиритизированных. Песчаник залегает трангрессивно на сильно выветрелых каолинизированных и пиритизированных туфах фаменского яруса (полесский надгоризонт) верхнего девона [6].

Верхняя часть пачки (инт. 1578,0–1585,0 м, мощность 7,0 м по ГИС и 5,7 м по керну) сложена глиной темно-серой и черной, слоистой, слабо слюдистой, некарбонатной, с прослойем песчаника (0,35 м) мелкозернистого, темно-серого, глинистого, слюдистого, с включением бурого угля, местами глина

переходит в алевролит. В средней части слоя глины отмечены отпечатки листьев. В 1959 г. Г. И. Кедо [6] в образце глины темно-серой (инт. 1581,6–1587,6 м по керну) определила многочисленные виды спор: *Leiotriletes subintortus* (Waltz) Naum., *Trachytriletes punctatus* (Waltz) Jush., *T. subintortus* (Naum.) Jush., *Acanthotriletes spinosus* Naum., *A. rotundiformis* Jush., *Lophotriletes granulosus* Jush., *Dictyotriletes scabrum* Naum., *Hymenozonotriletes pusillus* (Ibr.) Naum., *H. rugosiusculus* Naum., *H. radiatus* Jush., *Trematozonotriletes variabilis* (Waltz) comb. n., *T. vulgaris* Naum., *T. bialatus* Naum., *T. applicatus* (Lub.) comb. n., *Trilobozonotriletes incisotrilobus* Naum., *Stenozonotriletes laevis* Naum., *Simozonotriletes grosselimbatus* Jush., *Diatomozonotriletes speciosus* (Waltz) Naum., *Perisaccus* sp. Указанный комплекс спор Г. И. Кедо сопоставила вначале с аналогичным комплексом спор из сталиногорского горизонта визейского яруса нижнего карбона юго-западной части Подмосковного бассейна, но затем, после детального пересмотра палинологических материалов, рассматриваемые глинисто-песчаниковые образования были сопоставлены с нижней частью гостовского ( $C_1gs$ ) горизонта (свиты) нижнего визе Припятского прогиба [9].

Помимо скважины Черниговская 1-р, на изучаемой территории нижневизейские образования вскрыты лишь некоторыми скважинами. На Кулажинском выступе фундамента Брагинско-Лоевской перемычки в скв. Кулажин 97-у (инт. 570,0–595,0 м, мощность 25 м) вскрыта маломощная пачка красно-фиолетовых и сиренево-фиолетовых глин, песков и песчаников, предположительно соответствующая нижнему визе. Также нижневизейские отложения предположительно выделены в скважинах Терюха 86-у (инт. 695,3–719,7 м, мощность 24,4 м) и Чкалово 822 (инт. 546,8–591,0 м, вскрытая мощность 44,2 м) на Гомельской структурной перемычке и представлены красно-фиолетовыми и сиренево-фиолетовыми песками, песчаниками, алевролитами.

**Верхневизейский подъярус ( $C_1v_2$ ).** в скважинах Ястребовка 3-к, Абакумы 9-к и Поддобрянка 37-к представлен только отложениями тульского, алексинского и михайловского горизонтов (образования венёвского горизонта отсутствуют из-за размыва), а в скв. Черниговская 1-р установлен полный стратиграфический разрез подъяруса.

**Тульский горизонт ( $C_1tl$ ).** Отложения горизонта в скв. Ястребовка 3-к (инт. 856,5–870,0 м, мощность 13,5 м) сложены глиной кирпично-красной, участками коричневатой, жирной. По данным ГИС глина характеризуется высокими значениями (более 30 γ) на кривой гамма-каротажа (ГК).

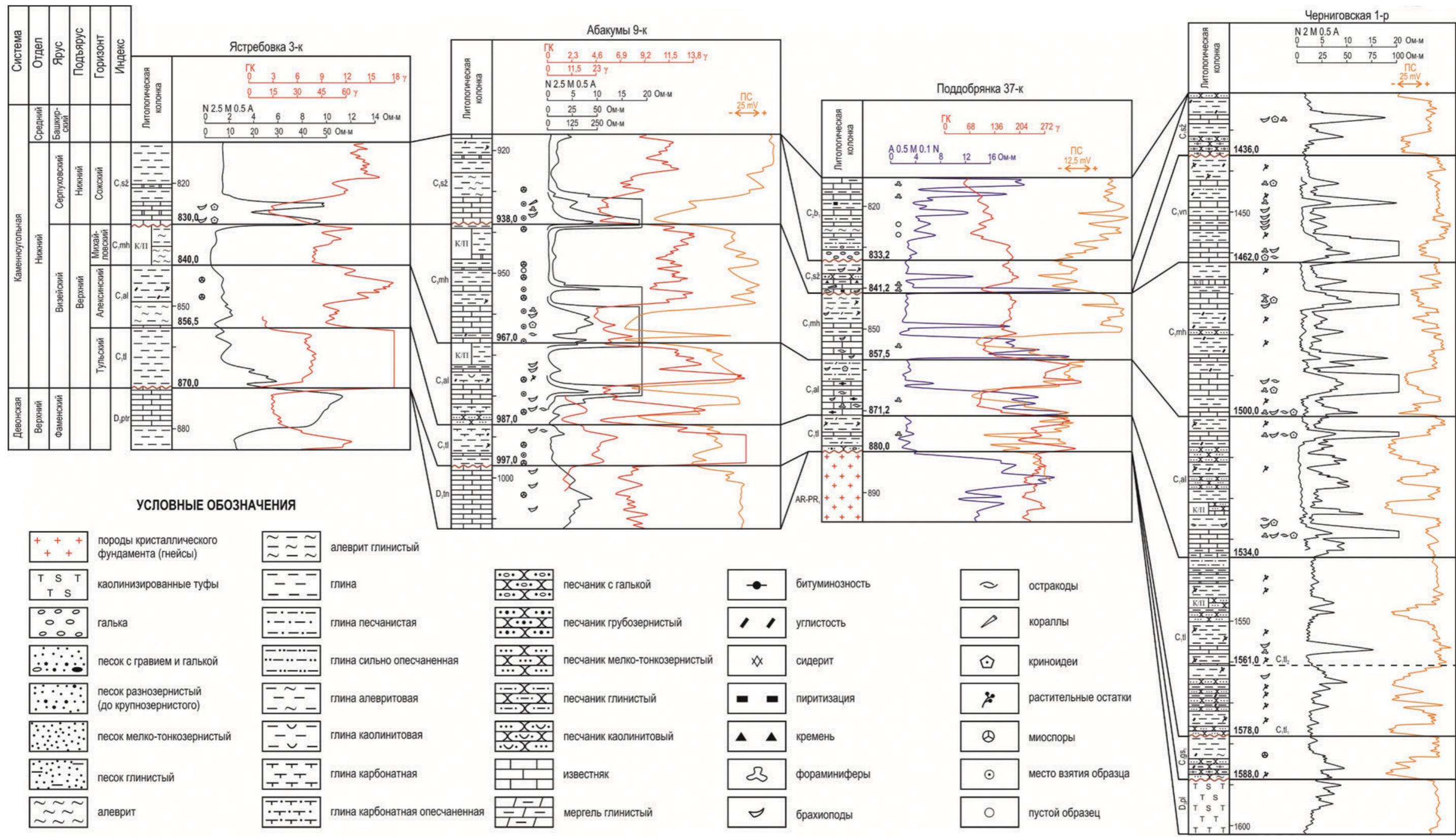


Рисунок 3 – Корреляция визейских отложений в скважинах Ястребовка 3-к, Абакумы 9-к, Поддобрянка 37-к и Черниговская 1-р по профилю I-I'

(составили В. И. Толстоеев и П. О. Сахарук с использованием материалов Г. И. Кедо, В. К. Голубцова)

Горизонты нижнего фамена: D<sub>3</sub>tn – тонежский, D<sub>3</sub>ptr – петриковский, D<sub>3</sub>pl – полесский надгоризонт верхнего фамена

В интервале 865,6–870,8 м поднято всего 1,4 м керна (27 %), представленного глиной. Здесь на криевой КС каротажной диаграммы выделяется предположительно пласт известняка (инт. 865,0–866,5 м, мощность 1,5 м), а в подошве отмечается, вероятно, прослой гравелитистого песчаника, залегающего трансгрессивно на толще онколитовых известняков петриковского горизонта нижнего фамена верхнего девона. Отметим, что маломощная глинистая толща в скважине Ястребовка 3-к хорошо сопоставляется с такой же толщей глин с повышенной радиоактивностью и прослойми известняков в скважине Абакумы 9-к, охарактеризованной тульским комплексом спор, и ее также, по-видимому, следует относить к верхнетульскому подгоризонту.

Отложения тульского горизонта в скв. Абакумы 9-к (инт. 987,0–997,0 м, мощность 10 м) представлены маломощной глинисто-известняковой толщей пород. Ее нижняя часть сложена глиной (2,8 м по керну) серой, зеленовато-серой, грязно-сиреневой, жирной, некарбонатной. В 0,7 м от ее кровли и в подошве встречены прослои (10–20 см) глины углистой, жирной, с пятнисто-брекчевидной текстурой из-за многочисленных черных углефицированных остатков растений и включений пирита. В слое глины отмечено шесть прослоев (мощностью от 3 до 15 см, на расстоянии (сверху вниз) от 0,3 до 0,7 м друг от друга) известняков темно-серых и серых, глинистых, крепких, трещиноватых, с трещинами, заполненными кальцитом. Этот слой глины с прослойми известняков и вышележащие отложения, по-видимому, представляют собой верхнюю часть тульского горизонта ( $t_{L_2}$ ), а нижнетульские ( $t_{L_1}$ ) образования здесь отсутствуют. Глинистый слой с прослойми известняков тульского горизонта трансгрессивно залегает на толще известняков темно-серых, тонко- и скрытокристаллических, изредка глинистых, плитчатых, с зеркалами скольжения, с трещинами (до 5 см), заполненными кальцитом, с наклоном слоев до 15–20°, с остатками остракод и брахиопод. В 1965 г. Л. С. Линник в образцах известняков с гл. 998,3, 1002,6 и 1007,4 м определила брахиоподы *Leiorhynchus lentiformis* Gürich, указывающие на задонский возраст пород нижнего фамена.

Выше по разрезу вскрыт слой (2,9 м по керну) глины темно-серой до черной, сильно известковистой. В 0,7 м от ее кровли встречен прослой (0,2 м) глины углистой, а в средней части слоя отмечен прослой (0,3 м) глины белесой, песчанистой, каолинизированной, с многочисленными обуглившимися растительными остатками. В слое глины содержатся остатки остракод и крупных брахиопод (*Productus*). Далее вверх по разрезу отмечен слой (0,7 м) песчаника светло-серого, мелкозернистого, крепкого,

кварцево-полевошпатового, сильно каолинизированного, с гнездами пирита, с обуглившимися растительными остатками. На песчанике залегает слой (1,6 м по керну) глины темно-серой до черной, плотной, сильно известковистой, с пиритизированными растительными остатками и следами ползания организмов, с остатками остракод и криноидей. В средней части глинистого слоя отмечен прослой (5 см) доломита светло-коричневого с темно-серыми пятнами. Верхняя (кровельная) часть тульского горизонта представлена слоем (0,8 м по керну) глины розово-коричневой, жирной, сильно известковистой, с многочисленными пиритизированными следами ползания организмов. На этой глине согласно залегает известняк алексинского горизонта.

В разные годы из отложений тульского горизонта в скв. Абакумы 9-к были изучены палеонтологические остатки фауны и споры растений. В 1963 г. в образцах глины из интервала 991,4–997,9 м (по керну) Г. Н. Сахарова определила споры, указывающие на тульский возраст вмещающих отложений, а М. М. Мацкевич в прослое известняка из этого же интервала определила фораминиферы, указывающие на поздневизейский возраст пород. В 1970 г. Г. А. Белоусова в образцах глины из отмеченного интервала определила брахиоподы *Gigantopproductus ex gr. giganteus* Martin., которые свидетельствуют о поздневизейском возрасте пород [14].

Тульский горизонт в скв. Поддобрянка 37-к (инт. 871,2–880,0 м, мощность 8,8 м) представлен маломощной глинистой толщей. В ее средней части залегает слой (1,0 м) известняка темно-серого, мелко-тонкозернистого, крепкого, с остатками фораминифер и брахиопод. В трех образцах из этого известняка В. К. Голубцов [7; 11] определил фораминиферы: *Hyperammina elegans* Raus. et Reitl., *H. vulgaris* Raus. et Reitl., *Endothyra ex gr. similis* Raus. et Reitl., *E. ruppisaformis* Schlyk., *E. obsoleta* Raus., *E. devexa* Raus., *E. ex gr. crassa* Brady, *Eostaffella parastruvei* Raus., *E. prisca* Raus., *Endostaffella parva* (Moell.), *Millerella minutissima* var. *crassa* (Golub.), *Tetrataxis media* Viss., *Pseudoendothyra struvei* (Moell.), *Archaeodiscus moelleri* Raus., *A. moelleri* var. *gigas* Raus., *A. krestovnikovi* Raus., а также водоросли *Calcifolium punctatum* Masl. Известняк разделяет глинистую толщу на две части: нижнюю – глинисто-алевролитовую и верхнюю – глинистую. В основании нижней части залегает глина светло-зеленовато-серая, комковатая, оскольчатая, каолинизированная, с чешуйками черной слюды, с зернами прозрачного или молочно-белого кварца размером до 2 мм, а также встречены обломки песчаника серого, крупно- и грубозернистого, кварцевого, слабосцементированного, сильно каолинизированного. Выше встречен прослоек (6 см) глины

бледно-голубой, тонкодисперсной, массивной, сильно карбонатной. Между этим прослойком глины и известняком находится слой глины темно-серой до черной, углистой, местами сильно алевритистой, переходящей в алевролит. В черной глине встречены обугленные остатки коры лепидодендронов. Верхняя часть толщи, залегающая выше известняка, сложена глиной темно-серой и серой, алевритистой, слюдистой, слоистой, некарбонатной, местами углистой, с многочисленными обугленными растительными остатками.

Тульские отложения в скв. Черниговская 1-р (инт. 1534,0–1578,0 м, мощность 44,0 м) представлены в разрезе в основном глинистой толщой, которая отчетливо делится на две подтолщи: нижнюю (глинисто-песчаниковую) и верхнюю (известняково-глинистую). Нижняя подтолща (инт. 1561,0–1578,0 м, мощность 17,0 м) сложена глинами темно-серыми и черными, плотными, слоистыми, местами листоватыми, некарбонатными, иногда песчанистыми и слюдистыми на плоскостях наслаждения, с линзами и прослойками бурых углей, с обуглившимися и пиритизированными растительными остатками. В разрезе подтолщи отмечено три слоя песчаников, которые расположены в ее подошвенной, средней и верхней частях. Нижний песчаник (0,6 м по керну) грязно-белый, кварцевый, средне-зернистый, рыхлый. Он является базальным слоем тульского горизонта и залегает трансгрессивно на сильно эродированной поверхности образований нижнего визе. Средний песчаник (0,3 м по керну) серый, кварцевый, мелкозернистый, слюдистый, с включением бурого угля. Верхний песчаник (3,0 м по керну) светло-серый, тонкозернистый, слюдистый, слоистый, переходящий местами в алевролиты с прослойками черных углистых глин с тонкими прослойками (до 2 см) бурого угля и прослойками (до 5 см) кварцевого гравелита светло-серого, крепкого [6].

Г. И. Кедо [6] в образце черной глины (инт. 1569,0–1575,0 м) определила многочисленные споры: *Leiotriletes inermis* (Waltz) Naum., *L. platyrugosus* (Waltz) Naum., *Trachytriletes subintortus* Naum., *Acanthotriletes parvispinosus* (Luber), *Lophotriletes parviverrucosus* (Waltz) Jush., *Euryzonotriletes triangulates* Naum., *Hymenozonotriletes pusillus* (Ibr.) Naum., *E. variabilis* Naum., *Hymenozonotriletes limpidus* Jush., *Stenozonotriletes luculentus* Naum., *Trematozonotriletes bialatus* (Waltz) Naum., *T. crassipterus* (Waltz) Jush., *T. goniacanthus* (Waltz) Naum., *T. variabilis* (Waltz) var. *irregularis* (Andr.) Naum., *T. variabilis* (Waltz) var. *spinosis* var. n., *T. gibberosus* Naum. var. *polizonalis* Jush., *Simozonotriletes intortus* (Waltz) Naum., *Trilobozonotriletes inciso-trilobus* Naum., *Diatomozonotriletes speciosus* (Loose) Naum., *Zonoletes*

*rariatus* Jush., *Perisaccus primigenius* Naum., и отнесла вмещающие отложения к нижней части тульского горизонта при сравнении с аналогичными комплексами спор нижнетульского подгоризонта скважин Припятского прогиба.

Верхняя подтолща залегает в интервале 1534,0–1561,0 м (мощность 27,0 м) и сложена глинами с двумя пластами известняков в нижней части ее разреза. Глины темно-серые и черные, плотные, слоистые, иногда слюдистые на плоскостях наслаждения, некарбонатные, с обуглившимися растительными остатками. Известняки темно- и светло-серые, крепкие, местами глинистые, кристаллические. Нижний маломощный прослой (0,1 м) известняка (гл. 1561,0 м) залегает в основании подтолщи. Выше по разрезу следует прослой (0,4 м) глины черной, перемятой, жирной, с растительными остатками, и затем слой (1,5 м по керну) известняка крепкого, кристаллического. На контакте с этим известняком в перекрывающей его глине темно-серой и известковистой встречены остатки фауны брахиопод.

В обоих известняках была встречена довольно обильная фауна фораминифер. Наиболее характерные виды определила сначала Н. Е. Бражникова, а затем В. К. Голубцов [6]: *Brunisia spirillinoides* Raus., *Endothyra ex gr. similis* Raus. et Reitl., *E. crassa* var. *compressa* Raus. et Reitl., *Archaeodiscus karreri* Brady, *A. karreri* var. *nana* Raus., *A. krestovnikovi* Raus., *A. spirillinoides* Raus., *Eostaffella ex gr. mediocris* Viss. В отличие от данных Н. Е. Бражниковой, относившей изучаемые отложения к алексинскому горизонту, В. К. Голубцов выделенный комплекс фораминифер определил как верхнетульский, по сопоставлению с аналогичными отложениями Припятского прогиба.

Г. И. Кедо в образце глины серой (инт. 1534,0–1541,0 м по керну) определила виды спор: *Leiotriletes platyrugosus* (Waltz) Naum., *Trachytriletes punctulatus* (Waltz) Naum., *T. subintortus* Naum., *Acanthotriletes multisetus* (Luber), *Lophotriletes parviverrucosus* (Waltz) Jush., *Hymenozonotriletes pusillus* (Ibr.) Naum., *Trematozonotriletes bialatus* (Waltz) Naum., *Stenozonotriletes conformis* Naum., *Perisaccus primigenius* Naum., и отметила, что указанный комплекс спор характеризует вмещающие его отложения как верхнетульские. В целом, отложения тульского горизонта сопоставляются с микрофаунистическими горизонтами XIII и XIIa Днепровского прогиба, зонами C<sub>1</sub>e<sub>1</sub>–C<sub>1</sub>f<sub>1</sub> Донбасса и тульской свитой Московской синеклизы (см. рис. 2) [12; 14; 15].

**Алексинский горизонт (C<sub>1</sub>al).** Отложения горизонта в скв. Ястребовка 3-к выделены в интервале 840,0–856,5 м, мощность составляет 16,5 м. Данные

отложения отчетливо делятся на две литологические пачки: нижнюю (инт. 848,5–856,5 м, мощность 8,0 м) и верхнюю (инт. 840,0–848,5 м, мощность 8,5 м).

В основании нижней пачки залегает известняк (0,15 м по керну) серый, мелкокристаллический, плотный, крепкий, выше по разрезу он переходит в алевролит (1,6 м) светло-серый, кварцевый, глинистый, слюдистый, плотный, некрепкий. Нижняя пачка скважины сопоставляется с нижним реперным алексинским известняком ( $RC_1^{val}$ ) в скважинах Абакумы 9-к и Поддобрянка 37-к (см. рис. 3).

Верхняя пачка в нижней части (1,1 м по керну) сложена глиной черной, углистой, листоватой, с прослойками угля (до 1 см), а в верхней (1,6 м по керну) выполнена глиной серой, алевритовой, плотной, в кровле углистой (5 см), с обуглившимися растительными остатками. В 1970 г. Г. Н. Сахарова выполнила палинологический анализ пород в верхней пачке (инт. 844,0–848,0 м) и определила большое количество спор вида *Hymenozonotrites pusillus* (Ibr.) Naum. (33 %), на основании чего отнесла эти образования к верхнему подъярусу визейского яруса.

Толща алексинских образований в скв. Абакумы 9-к (инт. 967,0–987,0 м, мощность 20 м) отчетливо делится на две части: нижнюю – глинисто-известняковую и верхнюю – глинистую. Нижняя часть включает два слоя известняков и разделяющий их слой глины. Нижний (инт. 984,0–987,0 м, мощность 3,0 м (по ГИС), керна поднято 1,8 м) и верхний (инт. 977,0–981,0 м, мощность 4,0 м (по ГИС), керна – 0,7 м) известняки серые и светло-серые, мелкокристаллические, крепкие, массивные, с выделениями кальцита, с остатками фораминифер, крупных остракод и брахиопод, а в верхнем известняке встречен коралл *Syringopora* sp. В интервале 979,9–981,1 м керн не поднят. Разделяющая известняки глина (мощность по ГИС – 3,0 м, в керне 1,7 м) темно-серая до черной, углистая, слоистая, с зеркалами скольжения, на контакте с известняками сильно известковистая, с остатками микрофлоры, углистая, переходящая в уголь, с пиритизированными растительными остатками, встречаются крупные отпечатки коры лепидодендронов со следами прикрепления листьев. В 0,3 м от кровли слоя встречен прослой (0,2 м) глины светло-серой, белесой, жирной, каолинизированной, с включением зерен кварца. В подошве слоя (0,3 м) в глине отмечены конкреции сидерита.

В 1963 г. В. К. Голубцов, а затем В. И. Курилин [5] в нижнем и верхнем известняках определили общий комплекс видов фораминифер: *Archaediscus moelleri* Raus., *A. moelleri* var. *gigas* Raus., *Eostaffella parastruvei* Raus., *Pseudoendothyra* ex gr. *struvei* Moell., *P. concinna* Schlyk., *P. biconvexa* Golub., *Eostaffella*

ex gr., *mosquensis* Viss., *Omphalotis* ex gr. *omphalota* (Raus. et Reitl.), *Hyperammina vulgaris* Raus. et Reitl., *H. elegans* (Raus. et Reitl.), *Ammodiscus volgensis* Raus., *Endothyra* ex gr. *bradyi* Mikh., *E. ex gr. similis* Raus. et Reitl., *Endostaffella parva* (Moell.), который свидетельствует об алексинском возрасте вмещающих пород. В 1963 г. Г. Н. Сахарова в образцах глин из отмеченных выше интервалов разреза определила споры, характерные для алексинского горизонта. В 1970 г. Г. А. Белоусова в нижнем известняке (инт. 983,6–991,4 м по керну) определила брахиоподы *Semiplanus semiplanus* (Schwet.) var. *plicata* Janischewski, а в верхнем (инт. 973,6–979,9 м по керну) – брахиоподы *Phricodothyris lineata* (Martin), которые указывают на поздневизейский возраст пород [14].

Выше разрез сложен глиной темно-серой, слоистой, некарбонатной, с мелкими зеркалами скольжения, с остатками крупных тонкостворчатых брахиопод. В кровле верхней (глинистой) части горизонта керн не поднят (в интервале 969,5–973,6 м).

В скв. Поддобрянка 37-к (инт. 857,5–871,2 м, мощность 13,7 м) алексинские отложения залегают на тульских без видимого перерыва и по литологическому составу отчетливо расчленяются на две подтолщи: нижнюю – глинисто-известняковую (инт. 863,0–871,2 м) и верхнюю – глинистую (инт. 857,5–863,0 м). В основании нижней подтолщи вскрыт слой известняка (инт. 865,0–871,2 м, мощность 6,2 м) серого и светло-серого с желтоватым оттенком, органогенного, крепкого, массивного, мелко-тонкозернистого, с прожилками (1–2 мм) и гнездами (до 1 см) белого кальцита, часто с остатками мелкой фауны (фораминиферы, остракоды и др.), битуминозного в нижней части слоя. Далее вверх по разрезу следуют глина (1,0 м) черная, листоватая, углистая, с большим количеством растительных остатков и известняк (1,0 м) серый, органогенный, крепкий, мелко-тонкозернистый, битуминозный. В нижнем известняке В. К. Голубцов определил фораминиферы: *Hyperammina vulgaris* Raus. et Reitl., *H. elegans* var. *major* (Golub.), *H. elegans* Raus. et Reitl., *Tuberitina maljavkini* Mikh., *T. rotunda* Golub., *Ammodiscus glomospiroides* Brazhn. et Pot., *A. volgensis* Raus., *Endothyra* ex gr. *similis* Raus. et Reitl., *E. pannosaformis* Schlyk., *E. ex gr. crassa* Brady, *E. ex gr. bradi* Mikh., *E. ex gr. prisca* Raus. et Reitl., *E. obsoleta* Raus., *Omphalotis* ex gr. *omphalota* (Raus. et Reitl.), *Globoendothyra globulus* (Eichw.), *Eostaffella parastruvei* Raus., *E. proikensis* Raus., *E. prisca* Raus., *E. prisca* var. *settella* Gan., *Endostaffella parva* (Moell.), *Millerella tantilla* Gan., *Pseudoendothyra lenticularis* Golub., *Ps. biconvexa* Golub., *Palaeotextularia longiseptata* Lip., *P. consobrina* Lip., *Tetrataxis eominima* Raus., *T. media* Viss., *Archaediscus krestovnikovi* var. *koktjubensis* Raus.,

а также водоросли *Calcifolium okense* Schw. et Bir., *C. punctatum* Masl., *Kulikia sphaerica* Golub.

Верхняя подтолща выполнена преимущественно глиной черной, плотной, песчанистой, слюдистой, некарбонатной. В ее верхней части наблюдается тонкая (2–3 мм) горизонтальная или слабо наклонная слоистость, здесь же встречаются остатки фауны (в основном брахиопод и криноидей) различной сохранности, а на глубине 859,5 м отмечен прослой (2 см) угля бурого. По всему разрезу встречаются мелкие углефицированные растительные остатки, а также буровато-желтые примазки пирита.

Отложения алексинского горизонта в скв. Черниговская 1-р (инт. 1500,0–1534,0 м, мощность 34,0 м) представлены в разрезе глинисто-известняковой толщей пород с прослоями песчаников. Глины темно-серые, плитчатые, тонкослюдистые, некарбонатные, с обуглившимися растительными остатками, в верхней половине разреза местами углистые. В нижней части толщи в темно-серой глине (иант. 1524,0–1527,0 м), залегающей на нижнем известняке, содержатся остатки богатой фауны (брахиоподы, остракоды, криноидей и др.). В средней части толщи глина сильно песчанистая, местами переходящая в песчаники мелко- и тонкозернистые.

В разрезе представлены два слоя известняков. Один из них залегает в подошве (иант. 1527,0–1534,0 м, мощность 7,0 м) горизонта, а другой – в его верхней части, вблизи от кровли (иант. 1503,0–1507,0 м, мощность 4,0 м). Оба известняка выделены авторами в качестве литологического-геофизических реферов алексинского горизонта: нижнего ( $RC_1^{v}al_1^1$ ) и верхнего ( $RC_1^{v}al_1^2$ ) [19]. Они прослеживаются в визейском разрезе и во многих скважинах Припятского прогиба. Известняки темно-серые, органогенные, крепкие, в основном кристаллические, верхний известняк в нижней части глинистый, с остатками фауны. На геофизической кривой КС каротажной диаграммы (ГИС) известняки отмечаются высокими значениями (более 125 Ом·м). Нижний известняк горизонта залегает согласно на глинах тульского горизонта.

В средней части рассматриваемой толщи по данным ГИС прослеживаются три прослоя песчаников с глубинами залегания подошвы 1512,0, 1517,0 и 1524,0 м и мощностью от 2 до 3 м. Керн поднят только из верхнего прослоя (0,3 м), представленного песчаником темно-серым и светло-серым, мелкозернистым, кварцевым, крепким, слюдистым, с растительным дегритом.

В известняках Н. Е. Бражникова, Л. Ф. Ростовцева и В. К. Голубцов определили виды фораминифер: *Planoarchaediscus* aff. *spirillinoides*

Raus., *Archaeodiscus itinerarius* var. *supressa* Shlyk., *A. krestovnikovi* Raus., *Howchinia exilis* Viss., *Millerella pressula* Gan., *M. infulaeformis* Gan. Они сопоставляются с аналогичным комплексом фораминифер из XII микрофаунистического горизонта (МФГ) Днепровского прогиба, нижней части свиты  $C_1^2(B)$  и нижней части зоны  $C_1^v f_2$  Донбасса, а также алексинской свитой Московской синеклизы (см. рис. 2) [3; 12; 14; 15]. Д. Е. Айзенвергом определены брахиоподы: *Antiquatoria* cf. *hindi* (M.-W.), *Phricodothyris lineata* Mart. Помимо этого, встречены водоросли: *Calcifolium okense* Schwez. et Bir., *C. punctatum* Schwez. et Bir. (определения Л. Ф. Ростовцевой), остракоды: *Cavelina nebrascensis* (Geinitz.), *C. minuta* Posner (определения З. Д. Белоусовой).

**Михайловский горизонт ( $C_1 mh$ ).** В скв. Ястребовка 3-к по данным ГИС михайловские отложения выделяются в виде сокращенного разреза (иант. 830,0–840,0 м, мощность 10,0 м), который включает две маломощные литологические пачки: нижнюю (иант. 835,0–840,0 м, мощность 5,0 м) и верхнюю (иант. 830,0–835,0 м, мощность 5,0 м). Керн (1,3 м) поднят только из верхней пачки и представлен глиной серой, алевритовой, плотной. Нижняя пачка предположительно сложена алевролитом, таким же как и в нижней части алексинского горизонта. Этот алевролит сопоставляется с нижним реперным михайловским известняком ( $RC_1^{v}mh_2^1$ ) в скважинах Абакумы 9-к и Поддобрянка 37-к.

Образования михайловского горизонта в скв. Абакумы 9-к (иант. 938,0–967,0 м, мощность 29,0 м) также отчетливо делятся на две части: нижнюю – глинисто-известняковую (иант. 957,0–967,0 м, мощность 10,0 м) и верхнюю – глинистую (иант. 938,0–957,0 м, мощность 19,0 м). Нижняя часть горизонта сложена известняком серым, мелкокристаллическим, очень крепким, массивным, с выделениями кальцита. В слое известняка залегает два прослоя глин. Нижний прослой (0,2 м по керну) сложен глиной черной, углистой, тонкоплитчатой, тонкослюдистой на плоскостях наслойения, в ее подошве отмечен прослой (до 3 см) пирита. Верхний прослой (0,4 м по керну) выполнен глиной светло-серой и зелено-вато-серой, алевритистой и слюдистой, неяснослюдистой, некарбонатной, каолинизированной, с многочисленными остатками стигмарий растений. В ее подошве залегает сидерит (5 см) светло-коричневый, скрытокристаллический, очень крепкий. В интервале 966,2–967,1 м керн не поднят.

В известняке содержатся остатки фораминифер, остракод, брахиопод и криноидей. В 1963 г. В. К. Голубцов в образцах из слоя известняка (иант. 955,2–969,5 м по керну) определил большое количество видов фораминифер: *Eostaffella parastruvei* Raus.,

*E. ikensis* Viss., *Hyperammina vulgaris* (Raus. et Reitl.), *Millerella minutissima* (Raus.), *Tetrataxis minima* Lee et Chen, *Archaediscus krestovnikovi* Raus., *Mediocris ex gr. mediocris* (Viss.), *Archaediscus krestovnikovi* var. *pusilla* Raus., *Planoarchaediscus spirillinoides* var. *facetus* Golub., *Tetrataxis media* Viss., *Archaediscus karreri* Brady, *Endothyra ex gr. prisca* Raus. et Reitl., *Ammodiscus volgensis* Raus., *Howchinia gibba* (Moell.), *Endothyra pannusaformis* Schlyk., *Archaediscus moelleri* Raus., *Tubertina maljavkini* Mikh., *Endothyra obsoleta* Raus., *Millerella minutissima* var. *crassa* (Golub.), *Archaelagena rauserae* Golub., *Eostaffella mosquensis* Viss., *Tetrataxis eominima* Raus., *Millerella tantilla* Gan., *Paleotextularia longiseptata* Lip., *Endothyra ex gr. bradyi* Mikh., которые указывают на михайловский возраст отложений. В этом же году Г. Н. Сахарова в нижнем прослое глины (инт. 967,1–969,5 м по керну) определила споры, которые характерны для михайловского горизонта [14].

Верхняя часть разреза михайловского горизонта сложена глиной темно-серой до черной, жирной, некарбонатной, тонкоплитчатой, в ее нижней части встречен прослой (0,15 м) сидерита светло-коричневого, скрытоизвестнякового, очень крепкого. В 1963 г. Г. Н. Сахарова в образцах глины из интервалов (по керну): 947,7–955,2 и 955,2–961,8 м определила споры, указывающие на михайловский возраст вмещающих пород.

Отложения михайловского горизонта в скв. Поддобрянка 37-к (инт. 841,2–857,5 м, мощность 16,3 м) залегают согласно на алексинских глинах и по литологическим особенностям также расчленяются на две подтолщи: нижнюю – глинисто-известняковую (инт. 849,0–857,5 м, мощность 8,5 м) и верхнюю – глинистую (инт. 841,0–849,0 м, мощность 8,0 м). В основании нижней подтолщи находится слой (инт. 851,7–857,5 м, мощность 5,8 м) известняка серого до светло-серого, темно-серого в нижней части, органогенного, плотного, крепкого, мелкокристаллического, в подошве (последние 20 см керна) глинистого. По всему слою встречаются многочисленные остатки фауны фораминифер, брахиопод и остракод. На известняке залегает слой (1,7 м) глины черной, алевритистой, плотной, аргиллитоподобной, с многочисленными зеркалами скольжения, с пиритизированными растительными остатками и частыми вкраплениями (до 2–3 см в поперечнике) латунно-желтого марказита. В кровле подтолщи по данным ГИС отмечается слой (1,0 м) известняка, керн которого не поднят. В нижнем известняке В. К. Голубцов определил фораминиферы: *Hyperammina vulgaris* Raus. et Reitl., *H. elegans* Raus. et Reitl., *Tuberitina maljavkini* Mikh., *T. grandis* Golub., *T. rotunda* Golub., *Ammodiscus glomospiroides* Brazhn.

et Pot., *A. volgensis* Raus., *Archaediscus moelleri* Raus., *A. perlucidus* Golub., *Endothyra ex gr. similis* Raus. et Reitl., *E. ex gr. crassa* Brady, *E. similis* Raus. et Reitl., *E. bradyi* Mikh., *E. pannusaformis* Schlyk., *E. prisca* Raus. et Reitl., *Omphalotis omphalota* (Raus. et Reitl.), *O. omphalota* var. *minima* (Raus. et Reitl.), *O. ex gr. omphalota* (Raus. et Reitl.), *Endothyranopsis crassa* var. *sphaerica* (Raus. et Reitl.), *Eostaffella prisca* Raus., *E. ex gr. mosquensis* Viss., *E. mosquensis* var. *acuta* Raus., *E. parastruvei* Raus., *E. ikensis* Viss., *E. proikensis* Raus., *Endostaffella parva* (Moell.), *Millerella minutissima* (Raus.), *M. minutissima* var. *crassa* (Golub.), *M. tantilla* Gan., *Howchinia gibba* (Moell.), *Tetrataxis media* Viss., *Palaeotextularia longiseptata* Lip., *Climacammina ex gr. prisca* Lip., *Cribrospira mikhailovi* Raus., а также водоросли *Calcifolium okense* Schw. et Bir., *C. punctatum* Masl., *Girvanella ducii* Weth.

Верхняя подтолща сложена глиной темно-серой до черной, часто углистой, алевритистой, плотной, аргиллитоподобной, некарбонатной, с пиритизированными растительными остатками, слоистой за счет тонких горизонтальных прослойков (1–2 мм) алеврита светло-серого, кварцевого, сильно слюдистого. В ее нижней части отмечен прослой (5 см) угля черного, бурого. Выше, на глубине 847,0 м (по керну), залегает прослой (20 см) глины темно-серой, плотной, карбонатной, с многочисленными остатками брахиопод и другой фауны хорошей сохранности. В глинистой подтолще (включая прослойку угля) довольно часто встречаются примазки тонкодисперсного пирита.

В скв. Черниговская 1-р (инт. 1462,0–1500,0 м, мощность 38,0 м) михайловские отложения выделяются в разрезе в виде глинисто-известняковой толщи пород. В отличие от образований алексинского горизонта, данная толща более глинистая, но в ней также содержатся два слоя известняков: в подошве (инт. 1489,0–1500,0 м, мощность 11,0 м) и в верхней части вблизи от кровли (инт. 1471,0–1474,0 м, мощность 3,0 м). Между этими известняками (инт. 1474,0–1489,0 м) залегает глина черная, углистая, жирная, с гнездами песка и прослоями в нижней части (0,4 м) известняка темно-серого, глинистого, а в верхней – песчаника (0,2 м) мелкозернистого, крепкого. В кровле (инт. 1462,0–1471,0 м, мощность 9,0 м) толщи отмечена глина темно-серая, слюдистая, песчанистая, иногда жирная, слоистая, с отпечатками коры лепидодендронов.

Известняки светло-серые и темно-серые, органогенные, крепкие, кристаллические, с остатками фауны крупных брахиопод (*Gigantoprotodus*), фораминифер, криноидей, крупных остракод и др. Оба известняка выделены авторами статьи в качестве литолого-геофизических реперов михайлов-

ского горизонта: нижнего ( $RC_1^v mh_2^1$ ) и верхнего ( $RC_1^v mh_2^2$ ) [19]. Верхний известняк нередко ошибочно принимается за подошвенный венёвский известняк. Отметим, что в нижней части толщи (инт. 1493,0–1499,2 м, 6 м по бурению) поднято небольшое количество керна (1,5 м), поэтому уточнение нижней части разреза проведено с использованием данных ГИС. Нижняя часть здесь состоит из двух сближенных пластов известняков разной мощности (2,0 и 5,0 м), разделенных слоем (инт. 1494,0–1498,0 м, мощность 4,0 м) черной глины.

В известняках Н. Е. Бражниковой, Л. Ф. Ростовцевой и В. К. Голубцовым определены остатки обильной фауны фораминифер: *Omphalotis omphalota* (Raus. et Reitl.), *Bradyina rotula* (Eichw.), *Archaeodiscus moelleri* var. *gigas* Raus., *A. intermedia* Brazhn. et Pot. и др., которые являются характерными для XI МФГ Днепровского прогиба и верхней половины зоны  $C_1^v f_2 - C_1^v g_1$  Донбасса и сопоставляются с михайловской свитой Московской синеклизы (см. рис. 2) [12; 14; 15]. Также здесь встречены водоросли *Calcifolium okense* Schwez. et Bir., Д. Е. Айзенвергом определен вид брахиоподы *Gigantoprotuctus giganteus* (Sow.) [3].

**Венёвский горизонт ( $C_1^v n_1$ ).** Отложения венёвского горизонта, как отмечалось выше, в разрезах скважин Ястребовка 3-к, Абакумы 9-к, Поддобрянка 37-к отсутствуют из-за размыва. На отложениях михайловского горизонта в данных скважинах трансгрессивно залегают образования сожского горизонта серпуховского яруса (см. рис. 3).

Отложения венёвского горизонта пройдены опорной скважиной Черниговская 1-р в интервале 1436,0–1462,0 м, их мощность составляет 26,0 м. Они представлены глинисто-известняковой толщой, которая является более карбонатной по сравнению с образованиями алексинского и михайловского горизонтов. Венёвская толща сложена переслаиванием глин и известняков. В ее нижней части на подошвенном известняке залегает глина светло-серая, зеленовато-серая до ярко-зеленой, неслоистая, жирная и алевритистая с многочисленными отпечатками стеблей и стигмарий растений. В интервале 1449,0–1454,0 м выделяется глина темно-серая, слоистая, известковистая, с остатками фауны брахиопод и двумя прослойками известняков.

Верхняя часть толщи (инт. 1436,0–1447,0 м) сложена глиной темно-серой до черной, жирной, слоистой, углистой, часто переходящей в уголь с пиритом и с большим количеством отпечатков стеблей и обуглившейся древесины, с прослойками (до 5 см) глинистых известняков. В ее среднем участке отмечен слой (1,2 м) глины светло-серой, песчанистой, слюдистой, с растительными остатками.

В рассматриваемой венёвской толще среди глин залегают пять слоев известняков в интервалах (по ГИС): 1457,0–1462,0 м (мощность 5,0 м), 1453,0–1454,0 м (1,0 м), 1451,0–1452,0 м (1,0 м), 1447,0–1449,0 м (2,0 м) и 1442,0–1443,5 м (1,5 м). Известняки серые, крепкие, массивные, в верхней части слоя кристаллические, а внизу – глинистые, с остатками фауны фораминифер, брахиопод, остракод, криноидей. В подошве горизонта лежит известняк (инт. 1457,0–1462,0 м) серый, крепкий, натечно-почковидный, местами глинистый, брекчевидный из-за почковидного строения, с остатками фауны, который выделен в качестве литолого-геофизического репера венёвского горизонта ( $RC_1^v n_1$ ).

В нижнем известняке и двух вышележащих слоях известняков (инт. 1457,0–1462,0 м, 1442,0–1443,5 м и 1451,0–1452,0 м) Н. Е. Бражникова и Л. Ф. Ростовцева определили виды фораминифер: *Endothyranopsis crassa* var. *sphaerica* Raus. et Reitl., *E. crassa* (Brady) var. *crassa* Brazhn., *Loeblichia ukrainica* (Brazhn.), *Archaeodiscus borealis* Reitl., характерные для X МФГ Днепровского прогиба, верхней половины свиты  $C_1^2(B)$  зоны  $C_1^v g_2$  Донбасса и сопоставляемые с венёвской свитой Московской синеклизы (см. рис. 2) [3; 12; 14; 15].

## ПАЛЕОТЕКТОНИКА ИЗУЧЕННОГО РЕГИОНА

Рассмотренные в статье разрезы четырех скважин, вскрывших визейские отложения, позволили уточнить представления о палеотектонике сопредельных с Припятским прогибом структур в течение раннекаменноугольной эпохи.

В турнейском веке раннего карбона (358,9–346,7 млн лет назад) на протяжении 12,2 млн лет [23] значительно снизились темпы погружения Припятского грабена и в несколько раз уменьшились амплитуды и скорости подвижек по разломам [4]. В турнейском веке произошли две крупные морские трансгрессии.

Раннетурнейская (малевская) трансгрессия моря была обширной, перекрывшей площадь Припятского прогиба и смежных с ним областей. Припятский, Днепровско-Донецкий и Подмосковный бассейны представляли собой единое море. Морские воды перекрыли борта Припятского и Днепровского грабенов, и начиная с турнейского века Припятско-Днепровско-Донецкий палеорифт вступил в стадию формирования над ним поздней наложенной синеклизы, которая включала турнейско-ранневизейскую и поздневизейско-позднекаменноугольную фазы [4]. К концу утинского времени море заметно обмелело в результате регрессии.

В черепетское время началась еще более обширная позднетурнейская трансгрессия, когда

Припятский морской бассейн соединялся проливом со Львовским бассейном [8; 19]. В это время продолжилось формирование поздней наложенной синеклизы над погребенным Припятско-Днепровско-Донецким авлакогеном. В конце кизеловского времени произошла регрессия моря, выраженная в разрезах скважин Припятского прогиба опесчаненностью кизеловских отложений и наличием маломощных прослойков угля.

В косьвинское время позднего турне море покинуло территорию Припятского и Днепровского прогибов, но сохранялось в Донецком бассейне. На протяжении 2,44 млн лет [23] происходил интенсивный размыв накопившихся осадков. В турнейском веке этому способствовал теплый и влажный климат, так как данная территория находилась в приэкваториальной зоне.

В начальную турнейско-ранневизейскую fazu стадии наложенной синеклизы Припятский прогиб оставался самостоятельной структурой и был отделен от Днепровско-Донецкого прогиба Брагинско-Лоевской перемычкой [4]. Перемычка представляла собой приподнятую структуру, ограниченную региональными разломами: на западе и востоке соответственно Лоевским и Верхнеднепровским, а на севере – Речицким гребневым [2; 20]. Она простидалась на север от Украинского щита и была разбита разноранговыми разломами на несколько крупных структур (отмеченных выше), которые, в свою очередь, были нарушены локальными разрывами на большое количество мелких блоков. Приведенные в таблице разрезы скважин свидетельствуют о том, что на Брагинско-Лоевской перемычке турнейские отложения отсутствуют, а образования нижне-го визе выделены только в двух скважинах.

Завершилась турнейско-ранневизейская начальная фаза стадии наложенной синеклизы подъемом территории Припятского прогиба, регрессией позднетурнейского моря и накоплением в гостовско-бобриковское время раннего визе (346,7–341,44 млн лет назад) в течение 5,26 млн лет [23] терригенной каолинитовой угленосной пестроцветной формации, сложенной песчаными и глинистыми породами с прослойками бокситов, давсонита и углей [4], формировавшейся в континентальных условиях в пресноводных озерных водоемах и речных долинах [4; 8; 19]. На Кулажинском выступе фундамента Брагинско-Лоевской перемычки сохранились от размыва маломощные нижневизейские отложения, по-видимому, в небольшой погребенной ранневизейской палеодолине, расположенной возле Радинского субрегионального разлома, отделяющего выступ от Дублинского горста [2]. Поверхность фундамента на выступе имела наклон с юга на се-

вер, а на Дублинском горсте поверхность франских образований верхнего девона была наклонена с севера на юг. В условиях теплого и влажного климата [8] обильные дождевые воды стекали с обеих поверхностей, образовав небольшую Кулажинскую реку, которая текла на восток и падала в виде водопада с уступа Верхнеднепровского разлома, а затем в Днепровском прогибе впадала в Палео-Днепр [10; 19]. На Гомельской структурной перемычке предположительно нижневизейские отложения (выделенные в разрезах скважин Териюха 86-у и Чкалово 822), по-видимому, также являются остатками небольших погребенных речных долин.

Поздневизейско-позднекаменноугольная фаза стадии поздней наложенной синеклизы началась в раннетульское время позднего визе в результате погружения запада Восточно-Европейской платформы, что привело к обширной трансгрессии моря из Московской синеклизы и Днепровско-Донецкого прогиба на территорию Припятского прогиба. Брагинско-Лоевская перемычка также испытывала медленное погружение, но еще оставалась приподнятой структурой. В связи с продолжающимся погружением и расширением трансгрессии в позднетульское и последующее время раннего и среднего карбона северная часть Брагинско-Лоевской перемычки в течение поздневизейско-позднекаменноугольной фазы была погребена и вместе с Припятским прогибом превратилась в западную центриклинальную часть синеклизы, наложенной на Припятско-Днепровско-Донецкий палеорифт [4]. На северном борту погребенного Днепровского грабена и на юго-западном склоне Гремячского погребенного выступа в поздневизейско-позднекаменноугольную fazu сформировалось северное крыло поздней наложенной синеклизы, выделяемое как Северо-Приднепровская моноклиналь [4].

В позднекаменноугольную эпоху данной фазы территории Беларуси и Припятского прогиба вздымалась и подвергалась интенсивному размыву, о чем свидетельствуют, в том числе, сокращенные разрезы визейских отложений в изученных скважинах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полнота разрезов и мощности отложений визейского яруса за пределами Припятского прогиба различны. Установлено, что разрезы визейских образований значительно сокращены в изученных скважинах на территории Брагинско-Лоевской перемычки (Ястребовка 3-к, Абакумы 9-к) и Гремячского погребенного выступа Воронежской антеклизы (Поддобрянка 37-к), и только в северо-западной части Днепровско-Донецкого проги-

ба, в разрезе скв. Черниговская 1-р, представлены отложения всех четырех горизонтов (тульского, алексинского, михайловского и венёвского) верхненевизейского подъяруса (в остальных изученных скважинах отсутствуют отложения венёвского горизонта). Отложения нижневизейского подъяруса (гостовский и бобриковский горизонты) в разрезах изученных скважин присутствуют только в скв. Черниговская 1-р и представлены образованиями сильно сокращенной из-за размыва первой пачки-цикла (I) гостовского горизонта.

Рассмотренные разрезы скважин, вскрывших визейские отложения за пределами Припятского

прогиба, уточняют стратиграфию данных образований и расширяют представления о палеотектонике изучаемого региона в течение раннекаменноугольной эпохи. В последующем это позволит выделять образования визейского яруса в разрезах глубоких нефтяных скважин, пробуренных без подъема керна из надсолевой части чехла, а также проводить корреляцию данных образований в разрезах скважин Припятского прогиба и на сопредельных территориях Брагинско-Лоевской перемычки, юго-западного склона Воронежской антеклизы, северо-западной части Днепровско-Донецкого прогиба.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусова, Г. А. Брахиоподы серпуховского надгоризонта нижнего карбона Припятской впадины / Г. А. Белоусова // Проблемы региональной геологии Белоруссии. – Минск, 1974. – С. 113–117.
2. Бескопыльный, В. Н. Пояснительная записка к картам структурного районирования подсолевого и межсолевого комплексов Припятского прогиба для решения задач эффективного освоения ресурсов углеводородов / В. Н. Бескопыльный, Р. Е. Айзберг, Я. Г. Грибик. – Минск ; Гомель, 2011. – 43 с.
3. Витенко, В. А. Черниговская опорная скважина. Опорные скважины СССР / В. А. Витенко // Тр. ВНИГРИ. – Л. : Гостоптехиздат, 1960. – Вып. ХХIV. – С. 5–52.
4. Геология Беларуси / А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Ин-т геологич. наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
5. Голубцов, В. К. Ассоциации фораминифер и корреляция намюра Припятской впадины и северной окраины Донбасса / В. К. Голубцов, В. И. Курилин // Фауна и стратиграфия палеозоя и мезозоя Прибалтики и Белоруссии. – Вильнюс, 1975. – С. 93–104.
6. Голубцов, В. К. К находке отложений яснополянского подъяруса нижнего карбона в Черниговской опорной скважине / В. К. Голубцов, Г. И. Кедо // Докл. АН СССР. – 1959. – Т. 127, № 1. – С. 159–161.
7. Голубцов, В. К. Стратиграфия и фораминиферы визейского яруса Припятского прогиба / В. К. Голубцов // Палеонтология и стратиграфия БССР. – Минск, 1957. – Сб. 2. – С. 44–209.
8. Голубцов, В. К. Фации территории Белоруссии в палеозое и раннем мезозое / В. К. Голубцов, А. С. Махнач. – Минск : Изд-во АН БССР, 1961. – 182 с.
9. Кедо, Г. И. О возрасте каолиновой толщи нижнего карбона Припятского прогиба / Г. И. Кедо, В. К. Голубцов // Геология запада Восточно-Европейской платформы. – Минск, 1981. – С. 92–102.
10. Лукин, А. Е. О бобриковском горизонте визейского яруса Днепровско-Донецкой впадины / А. Е. Лукин, Г. И. Вакарчук // Доклады АН СССР. – 1976. – Т. 227, № 4. – С. 939–942.
11. Решения Межведомственного регионального стратиграфического совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Белоруссии, 1981 г. (с унифицированными стратиграфическими корреляционными таблицами). – Л. : ВСЕГЕИ, 1983. – 135 с.
12. Решения Межведомственного регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы с региональными стратиграфическими схемами. Каменноугольная система (Ленинград, 1988 г.). – Ленинград, 1990. – 40 с., схемы.
13. Стратиграфические и палеонтологические исследования в Белоруссии / В. К. Голубцов [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1978. – 248 с.
14. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: объясн. зап. / под ред. С. А. Кручека [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 282 с. + приложение из 15 стратиграфических схем.
15. Стратиграфические схемы фанерозойских образований Украины для геологических карт нового поколения. Каменноугольная система. – Киев, 1993.
16. Тектоника Белоруссии / под ред. Р. Г. Гарецкого. – Минск : Наука и техника, 1976. – 198 с.
17. Тектоника Припятского прогиба / под ред. Р. Г. Гарецкого. – Минск : Наука и техника, 1979. – 176 с.
18. Тектоническая карта Белоруссии, 1974 г. Масштаб 1:500 000 / Р. Г. Гарецкий (гл. ред.). – М. : ГУГК, 1977. – 6 л.
19. Толстошееев, В. И. Надсолевые девонские и каменноугольные отложения Припятского прогиба / В. И. Толстошееев. – Минск : Наука и техника, 1988. – 150 с.
20. Толстошееев, В. И. О строении поверхности кристаллического фундамента Брагинско-Лоевской перемычки и сопредельных территорий / В. И. Толстошееев, С. А. Кручек, П. О. Сахарук // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 3–22.
21. Толстошееев, В. И. Стратиграфия и корреляция отложений визейского яруса нижнего карбона в южной части Припятского прогиба / В. И. Толстошееев, П. О. Сахарук // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 24–37.

22. Толстошев, В. И. Строение поверхности каменноугольных отложений Брагинско-Лоевской седловины и сопредельных территорий / В. И. Толстошев, П. О. Сахарук, С. А. Кручек // Літасфера. – 2020. – № 2 (53). – С. 3–20.
23. The ICS International Chronostratigraphic Chart / K. M. Cohen [et al.]. – Episodes. – 2013, updated in 2022. – № 36. – P. 199–204.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 20.03.2023

Рэцэнзент Я. Г. Грыбік

**СТРАТЫГРАФІЯ І КАРЭЛЯЦЫЯ АДКЛАДАЎ ВІЗЭЙСКАГА ЯРУСА НІЖНЯГА КАРБОНУ  
ПАҮДНЁВА-УСХОДНЯЙ БЕЛАРУСІ НА ТЭРЫТОРЫЯХ,  
СУМЕЖНЫХ З ПРЫПЯЦКІМ ПРАГІНАМ**

**У. І. Талсташэеў, П. А. Сахарук**

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»  
Філіял «Інстытут геалогіі»  
вул. Акад. Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь  
E-mail: polina.sakharuk@gmail.com

У артыкуле прыводзяцца вынікі стратыграфічнага расчлянення візэйскіх адкладаў паўднёвага ўсходу Беларусі у разрэзах чатырох свідравін, прасвідраваных на сумежных з Прыпяцкім прагінам структурах: Ястробоўка 3-к і Абакумы 9-к (Брагінска-Лоўская структурная перамычка), Паддабранка 37-к (паўднёва-заходні скіл Варонежскай антэклізы) і Чарнігаўская 1-р (Дняпроўска-Данецкі прагін). Праведзена карэляцыя выдзеленых стратыграфічных падраздзяленняў са стрататыпамі Данбаса, Маскоўскай сінеклізі, Дняпроўскага і Прыпяцкага прагінаў. У стратыграфічнай схеме каменнавугальнай сістэмы Беларусі ў складзе візэйскага яруса вылучаюцца два пад'ярусы: ніжні і верхні. У вывучаных разрэзах свідравін ніжневізэйскі пад'ярус усталяваны толькі ў апорнай свідравіне Чарнігаўская 1-р, ён прадстаўлены маламагутным каалінавым пачкам парод, які адпавядае па споравым комплексе ніжняй частцы гостаўскага гарызонту. Верхневізэйскі пад'ярус у складзе тульскага, алексінскага, міхайліўскага і вянёўскага гарызонтай усталяваны ў разрэзе свідравіны Чарнігаўская 1-р, а ў астатніх трох вывучаных разрэзах адсутнічаюць адклады вянёўскага гарыzonту. Атрыманыя дадзеныя дазволілі ўдакладніць уяўленні аб палеатектоніцы паўднёва-ўсходняй Беларусі ў ранекаменнавугальную эпоху.

**STRATIGRAPHY AND CORRELATION OF THE LOWER CARBONIFEROUS VISEAN  
DEPOSITS OF SOUTH-EASTERN BELARUS IN THE TERRITORIES ADJACENT  
TO THE PRIPYAT TROUGH**

**V. Tolstosheev, P. Sakharuk**

State Enterprise «Research and Production Center for Geology»  
Branch «Institute of Geology»  
7 Akad. Kuprevich St, 220084, Minsk, Belarus  
E-mail: polina.sakharuk@gmail.com

The article presents the results of stratigraphic subdivision of the Visean deposits of the south-east of Belarus in the sections of four wells, drilled on the structures adjacent to the Pripyat trough: Yastrebovka 3-k and Abakumy 9-k (Bragin-Loev structural bridge), Poddobryanka 37-k (southwestern slope of the Voronezh antecline) and Chernigov 1-r (Dnieper-Donets trough). The identified stratigraphic units were correlated with the stratotypes of the Donbas, Moscow synclise, Dnieper and Pripyat troughs. In the stratigraphic chart of the Carboniferous system of Belarus, there are two substages in the Visean stage: Lower and Upper. In the studied borehole sections, the Lower Visean substage was identified only in the key well Chernigov 1-r; it is represented by a thin kaolin rock member corresponding to the lower part of the Gostov horizon by the spore complex. The Upper Visean substage, subdivided into the Tula, Aleksin, Mikhailov and Venev horizons, was determined in the section of the well Chernigov 1-r. Deposits of the Venev horizon are missing in the other three studied sections. The obtained data made it possible to clarify the paleotectonics of southeastern Belarus in the Early Carboniferous.

UDC 549.892.1/2

## PALEOGENE AMBER PLACERS IN THE ADJACENT TERRITORIES OF POLAND, BELARUS AND UKRAINE

M. Bahdasarau<sup>1,2</sup>, M. Sheshka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>A. S. Pushkin Brest State University  
21 Cosmonauts Boulevard, 224016, Brest, Belarus  
E-mail: bahdasarau@gmail.com  
<sup>2</sup>Brest State Technical University  
267 Moskovskaya St, 224017, Brest, Belarus  
E-mail: optimum@tut.by

*The paper presents the modern geological and genetic model of amber-bearing deposits of Poland, Belarus and Ukraine in combination with the concept of the prognostic and prospecting system of amber. It is determined that this system depends on the modern ideas about the genesis of fossil resins and actual data on the development of the investigated territory in the Paleogene, which has a fundamental influence on the methodological basis of forecasting and searching for new deposits. The results of the field and desk studies of 1991–2020 allowed us to detail the stratigraphic features of amber-bearing deposits and to revise the key sites and reference sections within the study area, to perform correlation analysis of the stratigraphic confinement, geological settings and preconditions of amber deposits formation in the Paleogene deposits.*

### INTRODUCTION

Amber placers of various scale and age have been known for a long time from the territory of Poland, Belarus and Ukraine. A number of attempts have been made to reconstruct their stratigraphic succession, interpret their origin, establish search criteria and determine the scales at which amber raw materials are manifested. The most promising regions have been defined in the three countries and a theoretical base for the solution of local search tasks has been prepared in general. At the same time, according to the leading amber experts of the second half of the 20th century [26; 52; 57; 60], these territories were considered as not very promising for many years due to the alleged accumulation of only secondary repeatedly redeposited placers. According to their opinion, the Baltic Shield territory was the main and only source of amber placers in the area between the Baltic and the Black seas, and the so-called Baltic Paleogene amber tail area became gradually exhausted with the increasing distance from the primary source.

In the 1990s – early 2000s, several amber-producing territories have been recognized in the Paleogene, resulting in distinguishing a large number of separate placers [2; 3; 23; 24; 41; 48]. The Eocene-Oligocene marine transgression was supposed to approach not only from the northwest, but also from the southeast, e.g. along the present-day Dnipro River. These data significantly change our ideas on the paleogeography in the southern part of the world's largest amber-bearing province, the facies regime of amber accumulation, and the prospects for searching new amber placers. This work considers the spatial-temporal and facies diversity of the formation of amber-bearing deposits in

the adjacent territories of Poland, Belarus and Ukraine. Productive successions are correlated and the directions of further amber prospecting are substantiated.

### MATERIAL

The authors have analyzed numerous published and archive materials concerning the peculiarities of location of resin accumulations and individual finds, materials of geological survey, exploration and prospecting works, on this basis, paleogeographic reconstruction of the conditions of their formation was performed and the most important search features for resin occurrences of different ages were determined. The research is based on the analysis of data from 38 wells drilled on the territory of Poland, 194 – Belarus, and 45 – Ukraine coupled with author's dataset and literature references [2; 10; 25; 41; 48; 51]. Formation, lithological-facial, paleogeomorphological, mineralogical, petrographic, granulometric methods, as well as basics of lithogenesis theory to reveal sedimentation, diagenesis, catagenesis and peculiarities of formation of granulometric and material composition of continental, transitional and marine deposits were used.

### STRATIGRAPHIC POSITION AND CORRELATION OF THE AMBER-BEARING DEPOSITS

The study area is located within several conjugated units building the sedimentary cover of the East European Platform: the Mesozoic-Cenozoic cover of the Ukrainian Shield (northern and northwest slopes), the Volhynia-Podolia plate (northern part of the Volhynia-Odessa

Homocline, Lviv-Lublin Paleozoic Depression and Volhynia Paleozoic Elevation), the Podlasie-Lublin fault-block zone (Lukowsko-Ratnovsky Horst) being a part of the North-Ukrainian megazone of activation determined by L.S. Haletskyi [16], the Podlasie-Brest Trough and the Polissia Saddle [38; 39; 58]. The North-Ukrainian zone has been dynamically active from the Early Proterozoic till present. Intensive deformation within its limits in the Phanerozoic, which are reflected in a horst-and-graben structure, led to the development of marine transgressions and redistribution of loose material in individual sedimentary basins.

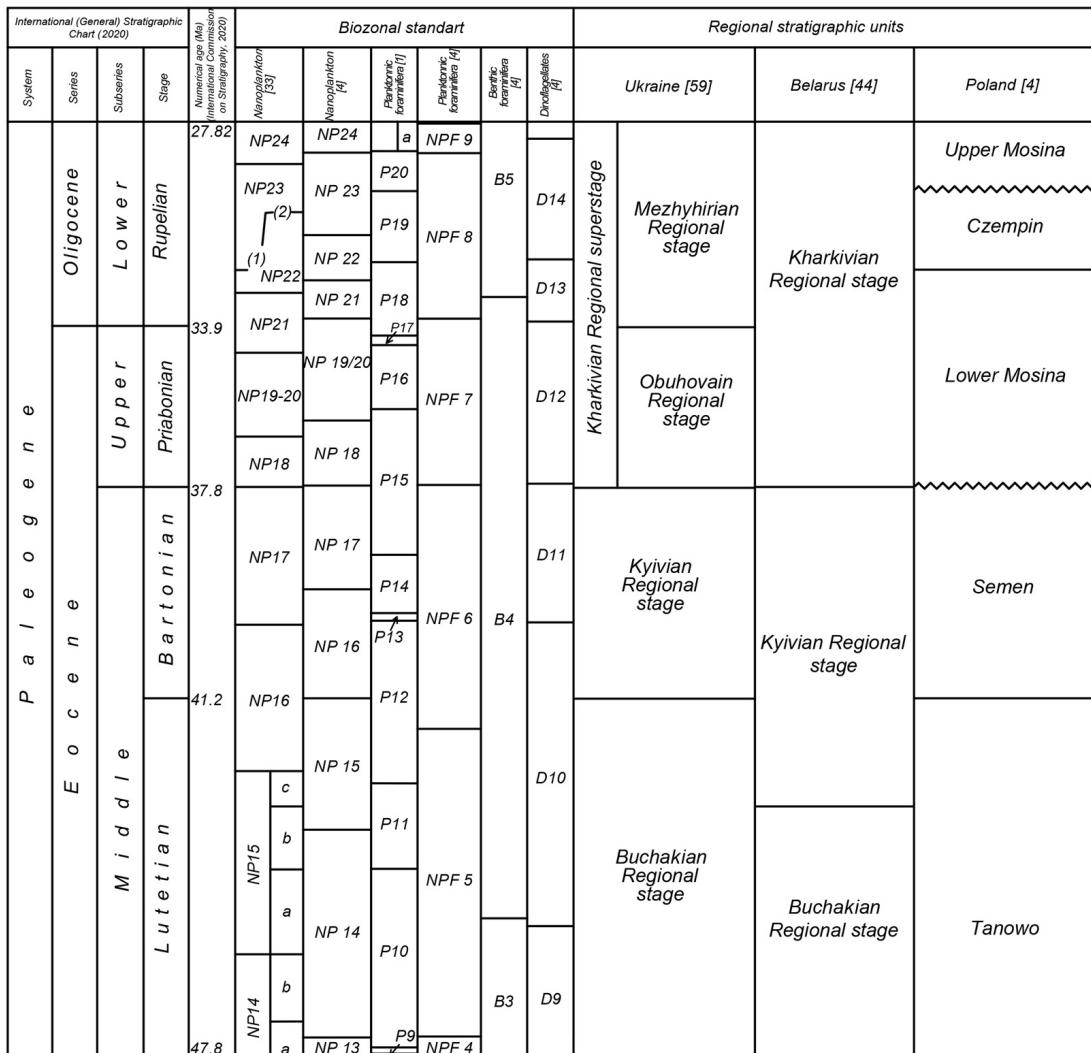
The study area within Ukraine geomorphologically belongs to the Southern Polissia region [50] of accumulation lowlands (subareas of the Prypiat-Volhyn, Zhytomir and Kyiv moraine-outwash plains), the Volhynia-Podolia area of layered denudation levels and accumulative sandy plains (subareas of the Volhynia denudation plain and Small Polissia alluvial-fluvio-glacial plain). In Belarus [36], the study area is located within lowlands and plains of the Pre-Polissia and Polissia Lowlands (subareas of the Belarusian and, partially, Ukrainian Polissia in the extreme south), and in Poland – within the Middle Polish Lowlands with a denudation moraine, fluvio-glacial and lacustrine-glacial relief and the presence of depressions marking glacier runoff, and within Lublin Polissia to the northeast of Lublin. The long evolution of the landscape has predetermined specific features for the sedimentation of amber-bearing deposits and amber concentration in paleogeomorphological traps. For example, in the Paleogene of the Prypiat-Volhyn subarea of moraine-outwash plains, there were several levels of amber accumulation (Obukhovian, Berekian horizons) in the Volhynia denudation plain; in the Zhytomir moraine-outwash plain, amber was mainly accumulated in the Mezhyhirian horizon.

Paleogene amber placers in the study area were formed in the Eocene and Oligocene. Deposits of this age were observed in numerous sections and have a complex setting, related with subsequent transgressive and regressive cycles and local deformation. In the Ukraine they include the Kyivian, Obukhovian and Mezhyhirian horizons, in Belarus – the Kyivian and Kharkivian horizons (the latter corresponding to the Obukhovian and Mezhyhirian horizons), and in Poland – the Semen Formation (Figs. 1, 2).

Deposits of the Kyivian horizon are widely distributed, they do not occur only on the elevated parts of the Ukrainian Shield and the Volhynia-Podolia Plate due to washout and exaration during neotectonic processes. The lower part of the horizon comprises green phosphoritized poorly sorted sands of different tints, with pebbles of crystalline rocks, phosphorites

and marcasite concretions; the upper part includes light gray, bluish and greenish marls gradually passing into clay limestones, micaceous carbonized clays, glauconite quartz sands and sandstones. The average thickness of these deposits is ~15 m. The Middle Eocene age of the Kyivian horizon is based on pollen assemblages and algal flora. Moreover, it yielded a relatively representative community of foraminifera [12; 13; 19], corresponding to the P12 (*Acarinina rotundimarginata*) and P14 (*Globigerina turcmenica*) zones. Sediments of the Kyivian horizon include abundant and diverse (> 100 species) calcareous nannoplankton including key taxa enabling to relate the sediments to the *Chiphragmalithus alatus* and *Discoaster tani nodifer* nannoplankton zones (NP15–NP16). Joint overlapping of the stratigraphic ranges of the P12–P14 and NP15–NP16 zones points to the Middle Eocene (late Lutetian–Bartonian) age of the Kyivian horizon, which is confirmed by K-Ar geochronology on authigenic glauconite at 38.5–45.0 Ma [37]. The composition of microfauna in deposits comprising the lower part of the Kyivian horizon correlates them to the upper Lutetian; independent age determinations include nannoplankton studies indicating zone NP16 and dinoflagellate studies pointing to zone D9 [64]. Deposits of the Kyivian horizon yield numerous sponge spicules, e. g. *Sterraster fabiformis*, *Sphaeraster paucus*, *Amphiaster aculeatus*, *Ophioxea robusta*, *Orthomesotriaena ordinaria humila*, *Protriaena permodesta*, *Discoides symmetricus*, and *Plagiotriaena nulla* that point to the upper part of the Lutetian–Bartonian interval. *Cornacuspiongida*, the majority of which lived on tidal marsh soils, prevail. Among Tetraxonida small trienes are predominant. The listed features enabled to easily determine these deposits in Paleogene successions [20].

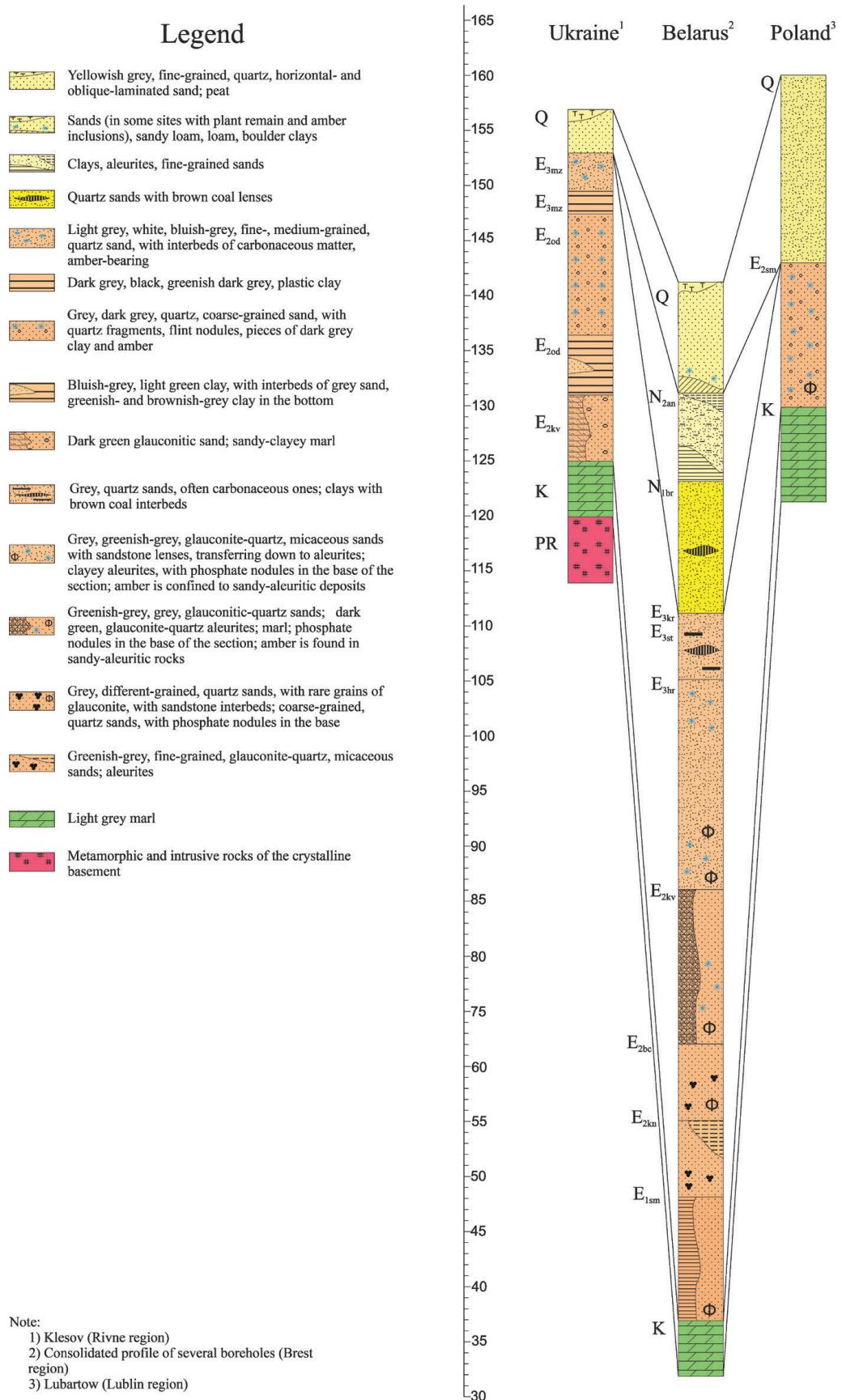
Deposits of the Obukhovian horizon in the study area are represented by glauconite quartz sands and argillo-arenaceous aleurites, greenish and bluish gray in color, with interlayers of clays resembling the underlying rocks of the Kyivian horizon, and also by non-calcareous glauconite sands, glauconite mica clays, aleurite clays, clay aleurites, reaching a thickness of ~15 m. The contact with the overlying sediments of the Mezhyhirian horizon is defined by an uneven surface, the presence of phosphorite pebbles, gravel and interlayers of coal clays. Mollusks, foraminifera, nummulites, radiolarians, sponge spicules, diatoms, dinoflagellates and palynomorphs have been studied from the Obukhovian sediments. The pollen assemblage is similar to that from the Kyivian horizon; angiosperm pollen dominates and gymnosperms are represented mainly by *Pinus*, among which the thermophilic species *Pinus mirabilis* Anan, *P. balejana* Travers, *P. cembra* L., and *P. cf. ruthenica* Anan have been determined [34; 42].



**Figure 1** – Stratigraphic correlation of amber-bearing deposits [1; 4; 33; 44; 59]

Deposits of the Mezhyhirian horizon in the study area are represented by uniform fine-grained glauconite quartz, micaceous non-calcareous sands with insignificant interlayers of sandy aleurites, rarer clays, and with a thickness of ~5 m. In the region of Klesiv village, macrofossils including cones of coniferous trees of the Pinaceae: *Pinus thomassiana* (Goepp), *P. paleostrobus* (Ett.) Heer, *P. parabrevis* Killper, *P. echinostrobus* Saporta, and *P. spinosa* Herbst have been found in their base [34; 42]. In general, the pollen and spore assemblage in the Mezhyhirian horizon is dominated by representatives of the gymnosperm families Pinaceae [59], Taxodiaceae, and Sciadopityaceae, which contribute to 62–91 % of the assemblages; representatives of angiosperms: *Fagus*, *Castanea*, *Castanopsis*, *Quercus*, and *Carpinus*, etc. have also been noted. On the crystalline rocks of the Ukrainian Shield deposits of the Mezhyhirian horizon representing dinocyst zone

D 13 [64] are developed as grey and light grey sands with yellowish, greenish and brownish tints, green aleurites and aleurite clays with glauconite and a large amount of amber, deposited on weathered magmatic rocks overlapped by a thin layer of Quaternary sediments. Interlayers of poorly sorted humus sands with thin interlayers of brown coals and lignites, in places with amber inclusions, often compose the basal part of the horizon. In some cases, the lower part of the succession is composed of poorly sorted sands with numerous phosphorite concretions, interlayers of gravels and ferruginous sands [59]. Average-sized spicules of Tetraxonida with a disintegrated skeleton prevail, the spicules of Hexactina and Pentactina being almost absent. Spicules of Cornacuspongida are not present. The sponge spicules have been noted in the lower part of Mezhyhirian succession comprising clays and aleurites, pointing to shoaling of the basin [20].



**Figure 2 – Geological structures of amber-bearing deposits in the adjacent territories of Poland, Belarus and Ukraine [2; 10; 25; 51]**

In Belarus, deposits of the Kharkivian horizon, whose age was based on the study of spores and pollen, algal flora, mollusks and sponges, and confirmed with isotope geochronometry, correspond to the Obukhovian and Mezhyhirian of Ukraine. Two pollen assemblages were distinguished. The first is characteristic of the lower part of the Kharkivian horizon and is very similar in taxonomic composition to the Obukhovian. The early Eocene (Priabonian) age of deposits in the lower part of the Kharkivian horizon is confirmed by microphytoplankton, diatoms, silicoflagellates [19] and sponges. The isotope age of authigenic glauconite is at 37.0, 37.5 and  $38 \pm 2$  Ma [37]. The second pollen assemblage characterized by the presence of angiosperms and gymnosperms is similar to the assemblages from the Mezhyhirian horizon. Thus, according to paleontological data, the age of the Kharkivian horizon is late Eocene – early Oligocene (Priabonian-Rupelian). The average thickness of the Kharkivian horizon reaches 20–25 m, laterally thinning out to 5–10 m [44].

Deposits of the Semen Formation represented by glauconite quartz sands with quartz gravel, pieces of amber and phosphorites, aleurites and clays with traces of glauconite and amber, and also by calcareous sandy loams with fauna were related to the late Bartonian in the 1960s based on macrofauna [62]. The age of the lower part of the Semen Formation was based on the assessment of planktonic foraminifera *Globirapsis (Globiratheka) semiinvoluta* (zones NPF6–7) and nannoplankton (zones NP16–NP17) [45; 46]. The boundary of the middle and upper Eocene is also confirmed by study of core samples of the Lubartów L-3 and Kostomloty K-1 boreholes performed by experts from the Polish Geological Institute in 1996, when foraminifera represented by the benthic taxa *Pyramidulina minor*, *Vaginulina alzanensis*, *Lenticulina dimorpha* and *L. grodnensis* [17] was described. Microfauna of the upper part of the succession is typical of the *Truncatorotaloides robri* Zone and confirms its early Eocene age [47].

The conducted palynological studies [18; 53; 56] showed that the Semen Formation can be assigned to the uppermost part of the middle Eocene – Bartonian, and partially also to the lowest part of the upper Eocene – lower Priabonian. The presence of a marine microplankton assemblage was confirmed in 1996 in the C-3 well log. It comprises taxa characteristic for the Bartonian, such as *Heteraulacysta parosa*, confirming dinocyst zone D11, and characteristic for the Priabonian *Aerosphaeridium diktyoplokum* and *Rhomboiodinium perforatum*, pointing to dinocyst zone D12 [61].

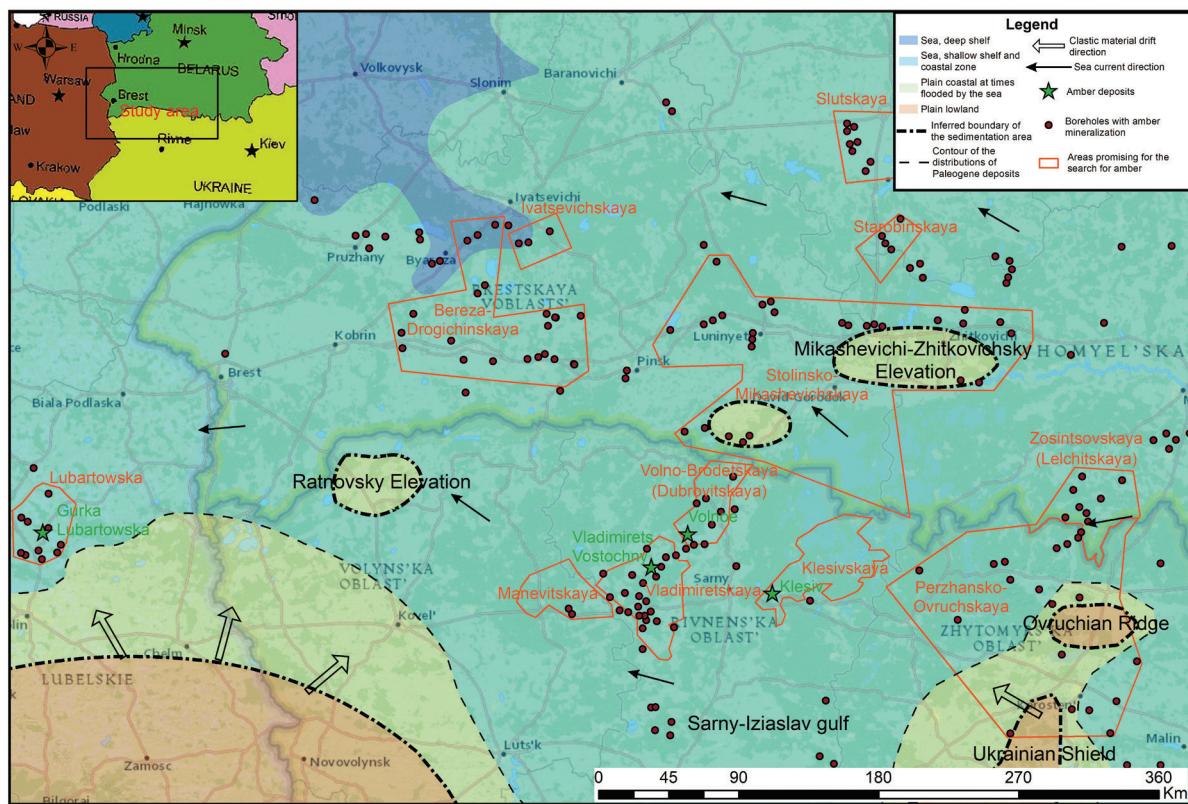
A relatively rich nanoplankton assemblage occurs in the Semen Formation. Studies performed in 1996–1997 in the Kostomloty K-1 borehole established the existence of a nannoplankton assemblage with

the key species *Chiasmolithus gigas* and *Dicroaster sublodensis* representing the upper Lutetian zone NP15 [15] being the oldest deposits of this formation. Thus, the beginning of the Eocene transgression in this region should be dated at the middle Lutetian. In the upper part of the succession, the presence of nannoplankton assemblages of zones NP16 and NP17 [30; 45; 46] was established. In the succession of the Sokolian trough on the northern slope of Roztocze (to the south of the study area), deposits of this formation yield a Bartonian nannoplankton assemblage of zone NP16 [15] and directly around the Semen Lake – calcareous nannoplankton of zones NP17 and NP18 [14].

The association of heavy minerals in deposits of the Semen Formation belongs to the tourmaline-zircon complex with andalusite and topaz characteristic of the upper Eocene, with some differences including increase in garnet contribution that reflects the connection of Eocene strata with the source area of the Ukrainian Shield [6]. The studies 2016–2017 have confirmed the similarity of transparent mineral associations from successions of the Semen Formation in Poland and Paleogene sediments (Mezhyhirian, Obukhovian horizons) from the Novi Petrivtsi outcrop in Ukraine [25; 51]. This data shows that the sediments studied were formed from the weathering of pegmatites and metamorphic rocks in the Ukrainian Shield. Results obtained in 1996–1997 [40] have confirmed the age of the minerals in this formation. Radiometric studies of deposits of the Semen Formation [5; 32] indicated the ages of  $39.5 \pm 3.0$  Ma,  $41.7 \pm 0.4$  Ma and  $42.2 \pm 3.0$  Ma pointing to the late Eocene, which is fully concordant with the results of biostratigraphic analysis. The average thickness of the deposits reaches 16 m [4; 58].

## PALEOGEOGRAPHIC SETTING AND CONDITIONS FOR THE FORMATION OF AMBER PLACERS

The development of the study area in the Eocene – Oligocene (Fig. 3) is generally connected with the general paleogeographic evolution of the East European Platform and they resulted from global geodynamic processes and are defined by the position of the area with regard to particular lithospheric plates. In this interval, the disintegration of Pangea II, Gondwana in particular, had already come to an end and the distribution of continents and oceans resembling modern geography had begun to be shaped. On the Eurasian continent, a wide strip of dry land extended from the Central French Massif to the Ukrainian Shield as a result of the formation of Laramian elevations. This landmass separated the North Sea Trough from the troughs adjoining the Tethys Ocean [28].



**Figure 3 – Paleogeographic map of the Kharkivian time (late Eocene – early Oligocene) with forecast of amber-bearing [2; 10; 25; 41; 48; 51]**

In Kyivian time (late middle Eocene) the basins located in the Prypiat-Dnipro region and in the west of Belarus became connected for the first time in the Paleogene. A large marine basin that covered a land area near the Ukrainian Shield in the form of the submeridional Sarny-Iziaslav gulf was formed. The northern coastline of this basin reached the present-day latitude of Minsk; in the south the sea occupied the northern slopes of the Ukrainian Shield, with the Ovruchian Ridge and a number of elevations to the west of it as islands. However, a large part of the study area covered by the sea remained rather shallow. The thickness of the Kyivian horizon seldom exceeds 10–15 m. On the other hand, in such considerable large basin, lateral facies variability (sands – clay sands – aleurites – marls) reflecting a transition from coastal areas and elevations to the deepest parts of the shelf is clearly manifested. This succession of facies was often disturbed by sea currents, similar to present-day alongshore currents of inland seas, and by paleorivers. For example, the deltaic sands and pebbles of the large paleoriver flowing from the Ukrainian Shield replaced marine marls and aleurites in the succession on the northern slope of the Ratnovsky Elevation [8]. In depressed lowland areas marls were accumulated at depths of up to 300 m. To the coast they pass into clay

glauconite-quartz, often calcareous aleurites. Poorly sorted monomineral quartz sands were accumulated on the sea margins. In the most complete successions, the Kyivian horizon is represented by diverse facies pointing to transgressive, inundation, and regressive settings. The land area surrounding the Kyivian Sea most likely represented a slightly elevated and slightly incised lowland plain.

In Kharkivian time (late Eocene – early Oligocene) the study area was covered by a sea which was the last and most extensive of the Paleogene seas; its appearance was preceded by a short break in sedimentation, as testified by the sharp contact between the aleurites of the Kyivian horizon and the glauconite quartz sandstones of the Obukhovian horizon. The absence of an angular unconformity, and the presence of washout and abrasion traces points to the development of an ingressional characteristic of platform regions with a flat lowland relief. The Kharkivian Sea represented a large channel-zone connecting basins of the Dnipro-Donets Depression and Western Europe. The sea basin had a maximum surface area in the late Eocene. In the south, the Kharkivian Sea encroached far into the interior of the Ukrainian Shield. At the end of the Eocene, the sea became much shallower, but remained in the territory of present-day Belarus. In the early Oligocene (Rupelian)

it became even shallower and its area was gradually reduced. This process was interrupted by short-term ingressions confirmed by the formation of rhythmic alternations of sand and aleurite (in the regions of Kobryn and Kamenets towns in the Podlasie-Brest Trough) [8]. Despite that, the connection between the basins of the Dnipro-Donets Depression and the Baltic Synclise through the Polissia Saddle and the Podlasie-Brest Trough was not disturbed till the end of the early Oligocene.

The Kharkivian Sea which occupied a larger area than the Kyivian Sea was considerably shallower (the average depth of the basin was estimated at 60–100 m) [27]. Shallow terrigenous regressive sediments began to develop in place of relatively deep-water marine carbonates of the middle Eocene. They are represented by rather monotonous strata of non-calcareous glauconite quartz sands, with a low mica and a variable clay and iron content, sometimes with a clay-siliceous matrix, and attaining an average thickness of up to 20–25 m. The thickness is reduced to 5–10 m above basement elevations in places of active post-sedimentary washout and exaration. The Kharkivian Sea abounded with shallows and banks. Large islands were exposed above the sea-level in the Mikashevichi-Zhitkovichsky Elevation, Lukówsko-Ratnovsky Horst, Polissia Saddle, and the northern part of the Ukrainian Shield; the Ovruchian Ridge and a series of elevations to the west of it: Dvylivske, Mykolaivske, Yurovske, Zhubrovychi, etc., were also exposed above sea-level. A set of small islands and submarine highs reaching 40–50 m in height appeared in places where local structures developed. The seabed of the Kharkivian Sea did not contain any significant depressions, characteristic for the middle Eocene Kyivian Sea; which can be connected with the fact that at the turn of the middle and late Eocene these areas experienced some uplift. Individual areas of plunging seabed could have been present near the Ovruchian Ridge from which amber deposits (Koziuli, Syrnytska) are known. Gradual shoaling and shrinking of the sea area in the early Oligocene, interrupted by ingressions, resulted in continuous migration of the coastline. The coastline was also affected by tectonic activity, as marine currents developed in tectonic depressions. Changes in the composition of sponge spicule assemblages testify in favour of this conclusion [20].

The sedimentary conditions in the Paleogene basin of Middle Polish Lowlands, where amber deposits were discovered near Lublin, were specific. Computer modeling has shown that a graben existed here during the late Bartonian – early Rupelian. It was filled with shoreface sand sediments formed along the faults bounding the graben and washed up by littoral waves. Tidal current activity occurred in the axial part of the

graben. When tectonic activity of the graben ceased, it became buried with regressive sands overlapping with coastal gravels. Later, the strata were removed by Pleistocene glacial erosion [11].

It should be noted that a reservoir is in the closest connection with the surrounding catchment area, reflecting features of its sediments. The main criterion for the determination of catchment areas supplying material to ancient basins is the petrographic and mineral composition of the terrigenous sediments. Despite differences in the location, size and depth, the stability of debris source areas is characteristic of the Kyivian and Kharkivian seas.

The grain-size composition of coastal sediments represented by poorly sorted sands with low contribution of gravels and pebbles, and also their small thickness testifies for insignificant elevation and a rather flat relief of the eroded land. Lack of breaks in sedimentation in the peripheral parts of the basins and traces of underwater slumps of coastal sediments point to a rather calm tectonic regime.

Intrusive, metamorphic and sedimentary rocks, and weathering crusts developed on these complexes from the early Precambrian to the Late Cretaceous compose the geological structure of the source area. Thick Upper Cretaceous chalk and marl deposits widely covered successively older rocks in most of the study area. Crystalline basement rocks and Proterozoic sandstones were exposed only in the Lukówsko-Ratnovsky Horst, the Mikashevichi-Zhitkovichsky Elevation, and in the NW part of the Ukrainian Shield.

These rocks to a varying degree participated in the formation of sediments of the Kyivian and Kharkivian seas. However, repeatedly washed and redistributed Upper Cretaceous rocks played a key role, as shown by comparative lithological and mineralogical studies [8]. This is confirmed by the poverty of heavy and secondary minerals, a typical homogeneity of accessory minerals common for the Paleogene and Cretaceous rocks, and the degree of increasing the roundness of the rock minerals. Admixture of material from disintegrated crystalline rocks is present during different stages of evolution of the Paleogene seas. The petrographic composition of the gravel-pebble fractions, and also the presence and distribution areas of the non-rounded, especially unstable minerals testify for its origin.

Clasts of gravel-pebble material are of largest interest from this point of view. Therefore, gravels composed of sandstones, Ovruchian quartzites and blue quartz typical of metamorphic and intrusive rocks of the Osnitskyi and Perzhanian complexes of the Ukrainian Shield and rocks of the same age of the Mikashevichi-Zhitkovichsky Elevation appear in the base of the Kyivian horizon. At the same time, small fragments

of granites, diorites, quartzites, sandstones, and mica schists appear in deposits along the southern slope of the Belarusian Anteclide. In the clasts, the presence of feldspars represented by plagioclases and microcline may be also observed, which is unusual for Paleogene strata.

Gravel-pebble clasts of crystalline rocks with a significantly high specific weight and therefore with low ability for displacement point to local sources of drift. Apart from them, rocks of the Kyivian and Kharkivian horizons contain also amber derived from the area of active amber formation within the Ukrainian Shield. Amber-bearing deposits are developed along the entire southern sea coast. Based on facies analysis [8], high amber concentrations were genetically connected with deltaic deposits. Within the study area two deltas have been recognized – the Klesiv delta where the amber deposits are connected with the Obukhovian and Mezhyhirian horizons, and the Parchev delta with amber-bearing deposits of the Semen Formation [15; 57]. Following sea-level fluctuations, the resin deposits in deltas and lagoons were washed out by alongshore currents, whose directions were defined mostly by monsoon winds as in the Baltic Region [9]: in winter – by southeast winds, and in summer – by northwest winds. The wide distribution of resins results from their small density and high buoyancy. Amber became concentrated in quiet coastal sites (gulfs) or within seabed hollows.

Limited data on the sources of terrigenous material is provided by the mineralogy of clastic grains in sands and aleurites. Metamorphic rocks of the Ukrainian Shield considerably enriched the marine sediments with sillimanite, staurolite, kyanite, tourmaline, garnets and leucoxenes. A number of specific features clearly distinguishes the sediments of the Kyivian and Kharkivian horizons. The Kharkivian horizon contains double the amount of garnets, triple – of leucoxene and tourmaline, tenfold – of sillimanite, and does not have pyroxenes and amphiboles in the association. Obviously, a replacement of the eroded rocks took place on the Ukrainian Shield at the end of the middle Eocene.

Thus, analysis of the sedimentary basin recharge has shown that the landmass surrounding the Kyivian and Kharkivian seas had a hydrographic network consisting of rivers transporting debris from the Belarusian Anteclide, Ukrainian Shield, Mikashevich-Zhitkovichsky Elevation, Lukowsko-Ratnovsky Horst, Polissia Saddle and other emerged areas. Sea paleocurrents played a major role in debris distribution during the maximal sea-levels.

The existence of brown coal and lignite interlayers in the lower part of the Mezhyhirian horizon (and its

analogues in adjacent areas) indicates the interrelation between the processes of coal formation and evolution of land vegetation. Such interlayers are known in ancient alluvial sediments in the periphery of the Ovruchian Ridge [49]. Three stages of fossil resin transformation have been distinguished: 1) land-marsh, 2) marine, 3) surface and underground catagenesis. Considering the specific paleogeographic conditions in the Dnipro brown-coal basin, in the early middle Eocene (characterized by warm humid subtropical climate, low flat relief, dominance of boggy watersheds and littoral forestlands) soil formation was replaced by bogging and peatland formation where protoamber was formed. Following washout of brown coal and placer formation in the glauconite-bearing setting, protoamber attained the characteristics of amber-succinate [35].

Debris with resin of coniferous trees, growing in the Eocene in a subtropical and warm-temperate climate on vast areas from the Elbe River to the Urals and from Scandinavia to the Black Sea coast, was transported by rivers from the landmasses located in the regions of the Meta-Carpathian Swell and the Ukrainian Shield. In some river mouths small deltas were formed in the area from the present-day Vistula River valley to the Prypiat River sources. In their distal parts, resiniferous protoamber-bearing deposits were accumulated in favorable hydrodynamic conditions [10; 31]. Later, these deposits were eroded and the resins became dispersed by marine alongshore currents. After diagenesis they were redeposited as amber in the barrier facies of regressive upper Eocene and lower Oligocene sediments [22]. This conclusion is drawn from the analysis of the paleogeography of the source areas, in particular a rather narrow neck of land between the epicontinental Eocene sea of Northeast Europe and the Paratethys where there was no place for the development of large rivers. The marginal (distal) parts of alongshore barriers formed by repeatedly redeposited material occur along the Siedlce-Bielsk Podlaski line to the west [23; 24].

Resin diagenesis took place in the littoral zone of a shallow shelf sea with normal salinity [63]. The common glauconite distribution in amber-bearing formations and the finds of marine fauna in all amber manifestation's points to the solely marine environment of amber accumulation. Most likely, areas of primary amber accumulation were located further to the south, as evidenced by a coastal zone in the Eocene confirmed e. g. by the distribution of upper Middle Eocene strata in Roztocze in the Sokolian Trough succession [14]. The presence of redeposited amber in the Miocene sediments of the Fore-Carpathian Foredeep [43] indicates also that amber-bearing deposits were widespread in the Eocene of Roztocze, from where they were removed by erosion.

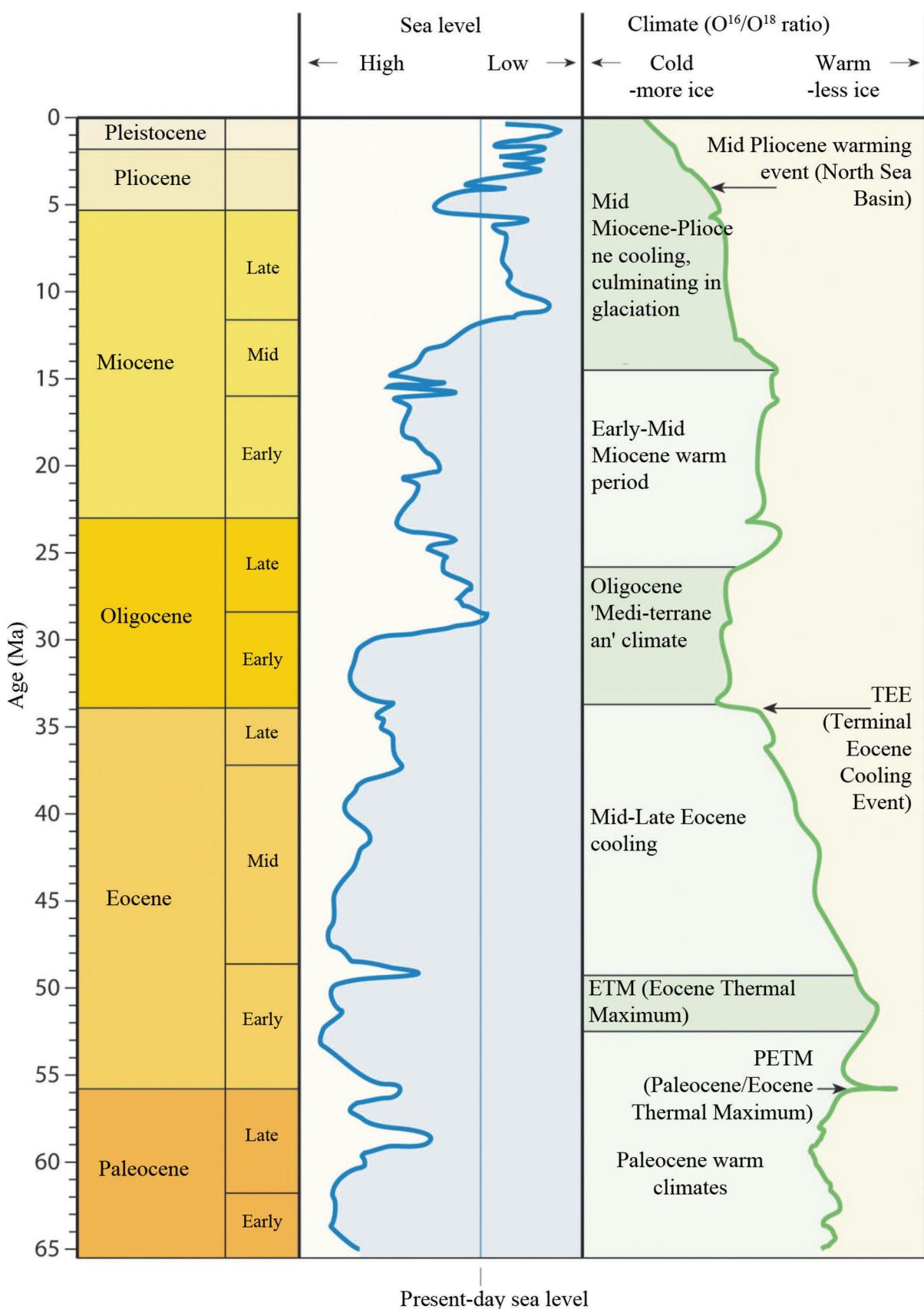


Figure 4 – Sea-level curve and climate change from the Paleocene to Pliocene [7]

Till now there is no common opinion regarding the causes of profuse resin exudation by plants, which afterwards was turned into amber. According to some views, the process could be promoted by colder climate as a result of gradual glaciation of Antarctica as a consequence of the geotectonic breakup of Gondwana. As displayed on the curve of climate change in the Paleogene (Fig. 4), the rate of climate cooling exponentially increased in the course of time. At the turn of the middle and late Eocene, this cooling was strong enough to overpower the adaptation ability of the existing phytocenoses, i. e. the increase in resin-yielding trees in the Eocene could be one of the plant reactions to increased stress levels. The conifers *Glyptostrobus*, *Sequoia* and *Metasequoia* are traditionally considered as the main resin producers. Studies of amber and modern resins by Raman spectroscopy [29] have given new results – succinate is most similar to the resins of *Cedrus atlantica* and *Psuedolarix vehri* (Pinaceae) and *Agathis australis* (Araucariaceae), whose resin yielding, however, is not as intensive today. Therefore, different taxonomic groups could be the source of resin, which confirms the external nature of factors causing increased resin-yielding. In addition to climate cooling, the succinosis phenomenon could be also caused by intensified volcanic activity. Together with the progressive transgression of the Eocene sea, volcanic activity undoubtedly exerted direct impact on the late Eocene cooling when considerable volumes of volcanic ash were emitted into the atmosphere, causing the blockage of stomas in plant leaves. The oldest sediments in the amber-yielding region belong to the Bartonian and Priabonian. This means that factors leading to increased resin yielding must have appeared much earlier, most likely in the Lutetian [54]. The latter conclusion corresponds to the beginning of Eocene cooling that apparently points to the interrelation between resin production and climatic change [55]. It is also confirmed by the analysis of the kerogen evolution diagram [21] of amber-like resins of different age (according to the position of particular points on the diagram it is possible to judge the post-diagenetic processes affecting resin transformation).

## DISCUSSION

The required paleogeographic conditions of amber deposit formation were: profuse resin exudation by conifers; introduction of this resin into marine sediments in a reducing geochemical setting after which it turned into amber; and creation of favorable geological settings for placer formation [2; 3]. The fulfillment of these prerequisites was largely provided by the ingressions of the Kharkivian Sea on

densely overgrown by conifers large landmasses and islands. Subsequent erosion and removal of the non-lithified sediments from the flooded land led to the introduction of resins into marine sediments and was followed by redistribution of the material until placers were formed. Three zones differing in hydrodynamic setting and lithological variability can be distinguished in the present-day distribution of potential amber-bearing deposits: the zone of beaches and coastal strips, the shallow shelf zone, and the relatively deep shelf zone.

The zonation of the grain-size composition in the present-day beach sediments of the Baltic, Barents and Black Seas [26] shows that at clastic material density of about  $1.0 \text{ g/cm}^3$  the waves displace its largest aggregates which can then be buried among the sand and pebble sediments at close distances from the land. On the contrary, the fine fractions are carried away from the coast into the sea, often in suspension. With regard to the distribution of fossil resin lumps, their zonal accumulation may be observed at a certain distance from the coastline where wave action does not occur. The material washed into the sea is accumulated below the storm-weather wave-base. Therefore, the sand varieties representing the ingressive stage of the Kharkivian Sea and the coastal facies from the period of maximum flooding of this sea (Priabonian) are the most prospective for amber-bearing placers, especially in zones of multiple relative coastline uplift and submergence. The coastal and shallow-water facies of this age are generally located to the south of the Belarus border in Poland and northern Ukraine in the vicinity of the Ukrainian Shield. Considering the above, as well as having analyzed the results of mineralogical sampling for amber, the following promising areas can be identified in the Paleogene sediments of the study area (see Fig. 3).

The regression stage of the Kharkivian Sea (Rupelian) was followed by the accumulation of a belt of coastal marine sediments. In the extended land areas, soil mainly consisting of quartz sands and aleurites was extensively washed out by atmospheric precipitation; resin exudation of renewed vegetation was at a typical scale. Paleogeography did not favor the burial and accumulation of considerable volumes of resin on the land. Because of variable relief of the drying seabed, the coastal zone was characterized by relative resistance to the abrasion activity of waves. Under such conditions the introduction of amber into fresh coastal marine deposits was accomplished by watercourses that developed on land and eroded the earlier accumulated amber-bearing deposits. The most favorable situation for the formation of placers at the regressive stage of the Kharkivian Sea existed in the deltas of paleorivers and on the adjacent shelf areas.

In some cases, the sediments of such zones are overlapped by late liman delta formations and continental deposits of the Upper Oligocene and Neogene. The hypsometric position of the surface of such sites is one of the main reasons for formation of river valleys within their limits in the Neogene. Accumulation of the terrigenous components in the Neogene sediments occurred at that time not only due to the introduction of material from the elevated landmasses and its successive deposition in the sea, but rather due to the processing of the basement rocks. Alluvial sediment processing led to the intensive destruction of placers of marine origin. In this case, the presence of Upper Oligocene and Neogene sediments indicates that the basement rocks are unaffected by erosion; therefore, it is an important search criterion for the identification of amber placers. Kharkivian time deposits that were not subject to erosion and were accumulated mostly in shallow marine conditions have the highest prospects for the detection of new deposits.

## CONCLUSIONS

The formation of amber placers within the study area is defined by the combination of stratigraphic, structural, facies, mineralogical, paleogeographic, geomorphological, geochemical, hydrodynamic, and paleotectonic factors, and also erosional truncation and incision. At the same

time, it should be understood that the analysis of the stratigraphic position, structural setting and facies, as well as other cases of possible amber accumulation both in primary and secondary placers should also consider the fact that in the course of resource development even a number of favourable factors cannot compensate the impact of unfavourable parameters in full. It is also necessary to pay attention to structures concentrating amber (paleogeomorphological traps). The reliability of data on the prognostic resources of fossil resins, their assignment to certain formational and genetic types of predictable amber manifestations is the fundamental basis in the development and determination of the priority of future exploration activities. The emergence of new data and ideas on the characteristics of the distribution of amber inevitably requires a reassessment of its resources, control of its reliability, and acquisition of enhanced geological knowledge.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors of the paper express their gratitude to J. R. Kasiński, B. Kosmowska-Ceranowicz, V. A. Nesterovsky, J. Nićychoruk, E. A. Remezova, G. I. Rudko, P. Šinkūnas and Ł. Zbucki for fruitful discussions of this material. The authors are also grateful to the reviewer for his valuable advices and comments made during the review of the manuscript.

## REFERENCES

1. **A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy** / W. A. Berggren [et al.] // Geochronology, time scales and global stratigraphic correlations. Special publication № 54. – 1995. – P. 129–212.
2. **Bahdasarau, M. A.** Amber and other fossil resins of Eurasia / M. A. Bahdasarau. – 2nd ed., revised. and add. – Brest : Brest A. S. Pushkin State University, 2017. – 216 p. (in Russian).
3. **Bahdasarau, M. A.** Fossil Resins of Northern Eurasia / M. A. Bahdasarau; Belarusian Research Geological Prospecting Institute. – Minsk, 2009. – 46 p. (in Russian with English summary).
4. **Budowa geologiczna Polski. Tom I: Stratygrafia, cz. 3a Kenozoiak, Paleogen i neogen** / T. M. Peryt, M. Piwocki (Eds); Państwowy Instytut Geologiczny. – Warszawa, 2004. – 368 p.
5. **Buraczyński, J.** Middle Eocene in the Solokija Graben on Roztocze Upland / J. Buraczyński, Z. Krzowski // Geological Quarterly. – 1994. – № 38. – P. 739–758.
6. **Bursztynonośne osady trzeciorzędowe okolic Parczewa** / B. Kosmowska-Ceranowicz [et al.] // Prace Muzeum Ziemi. – 1990. – № 41. – P. 21–35.
7. **Cenozoic** / R. Knox [et al.] // Petroleum geological atlas of the Southern Permian Basin area / H. Doornenbal, A. Stevenson (Eds); European Ass. Geoscientists and Engineers. – Houten, 2010. – P. 212–223.
8. **Cenozoic paleogeography of Belarus** / A. V. Matveiev (Ed.) ; Institute of Geological Sciences of the NAS of Belarus. – Minsk, 2002. – 228 p. (in Russian).
9. **Cincura, L.** Paleoclimatic problems of Fennoscandia from the viewpoint of the Tethys realm / L. Cincura // Terra (Finl.). – 1989. – № 1 (101). – P. 42–45.
10. **Czuryłowicz, K.** Geologiczno-złożowe uwarunkowania nagromadzeń bursztynu w utworach paleogeńskich w rejonie Parczewa i Lubartów: PhD. Thesis / K. Czuryłowicz; University of Warsaw, Faculty of Geology. – Warszawa, 2014.
11. **Czuryłowicz, K.** The origin and depositional architecture of Paleogene quartz-glaucite sands in the Lubartów area, Eastern Poland / K. Czuryłowicz [et al.] // Geological Quarterly. – 2014. – № 58. – P. 125–144.
12. **Fursenko, A. V.** On Paleographic and Stratigraphic Significance of Foraminifers in Upper Eocene Sediments of Belarus and Lithuania / A. V. Fursenko, K. B. Fursenko // Scien. Com. of the Institute of Geology and Geography of the Academy of Sciences of the LithSSR. – 1960. – № 12. – P. 17–32 (in Russian).

13. Fursenko, A. V. Upper Eocene Foraminifers in Belarus and Their Stratigraphic Significance / A. V. Fursenko, K. B. Fursenko // Paleontology and Stratigraphy of the BSSR. – Minsk, 1961. – P. 246–347 (in Russian).
14. Gaździcka, E. Middle Eocene calcareous nannofossils from the Roztocze Region (SE Poland) – their biostratigraphic and paleogeographic significance / E. Gaździcka // Geological Quarterly. – 1994. – № 38. – P. 727–734.
15. Gaździcka, E. Wyniki analizy nanoplanktonu wapiennego w utworach eocenu Lubelszczyzny / E. Gaździcka // Realizacja projektu prac geologicznych dla określenia perspektyw występowania złóż bursztynu w utworach eocenu Lubelszczyzny / J. R. Kasiński (Ed.); Państwowy Instytut Geologiczny. – Warszawa, 1997 (Narodowe Archiwum Geologiczne).
16. Geology and Minerals of Ukraine: Atlas / L. S. Haletskyi (Ed.). – Kyiv, 2001. – 167 p. (in Russian).
17. Giel, M. D. Wyniki badań mikropaleontologicznych z obszaru północnej Lubelszczyzny / M. D. Giel // Realizacja projektu prac geologicznych dla określenia perspektyw występowania złóż bursztynu w utworach eocenu Lubelszczyzny / J. R. Kasiński (Ed.); Państwowy Instytut Geologiczny. – Warszawa, 1997 (Narodowe Archiwum Geologiczne).
18. Grabowska, I. Wyniki analiz sporowo-pylkowych 5 próbek z trzech profili: Narol 1, Piekielko 4, Laszczówka 3 (Wyżyna Lubelska) / I. Grabowska; Państwowy Instytut Geologiczny. – Warszawa, 1992 (Narodowe Archiwum Geologiczne).
19. Grigialis, A. A. New Data on Stratigraphy and Paleogeography of Paleogene Sediments in the West of the European Part of the USSR / A. A. Grigialis, A. F. Burlak, V. Yu. Zosimowicz // Soviet Geology. – 1988. – № 12. – P. 43–54 (in Russian).
20. Ivanik, M. M. Paleogene Spongillofauna of the East European Platform and Adjacent Regions / M. M. Ivanik. – Kyiv : Institute of Geological Sciences, 2003. – 202 p. (in Russian).
21. Ivanova, A. V. The Epoches of Formation and Regularities of Amber Formation in Nature / A. V. Ivanova, S. A. Machulina, L. B. Zaitseva // Lithology and Mineral Resources. – 2012. – № 1. – P. 21–25 (in Russian).
22. Karnkowski, P. H. Paleografia i architektura utworów paleogenu Lubelszczyzny (Południowo-wschodnia Polska) / P. H. Karnkowski, J. R. Kasiński // Wyzwania geologii regionu lubelskiego w XXI wieku: materiały konferencyjne 83 zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Białej Podlaskiej / W. Mizerski (Ed.). – Warszawa, 2014. – P. 22.
23. Kasiński, J. R. Amber in the Northern Lublin Region – origin and occurrence / J. R. Kasiński, E. Tolkanowicz // Investigations into amber / B. Kosmowska-Ceranowicz, H. Paner (Eds.) – Gdańsk : The Archeological Museum in Gdańsk, 1999. – P. 41–51.
24. Kasiński, J. R. Projekt prac geologicznych dla określenia perspektyw występowania bursztynu w utworach eocenu Lubelszczyzny / J. R. Kasiński, A. Saternus, E. Tolkanowicz; Państwowy Instytut Geologiczny. – Warszawa, 1994 (Narodowe Archiwum Geologiczne).
25. Kasiński, J. R. Złoża bursztynu północnej Lubelszczyzny: historia poznania, budowa geologiczna, perspektywy / J. R. Kasiński // Lubelski bursztyn – znaleziska, geologia, złoża, perspektywy / L. Gazda (Ed.); Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Chełmie. – Chełm, 2016. – P. 71–92.
26. Katinas, V. I. Amber and Amber-Bearing Deposits in the Southern Baltic Region / V. I. Katinas // Coll. of scientific works of Lithuanian Research Institute of Geological Prospecting, Is. 20. – Vilnius, 1971. – 150 p. (in Russian).
27. Katinas, V. I. Amber-Bearing Terrigenous Glauconite Paleogene Formation in the Baltic Region and Belarus / V. I. Katinas // Tectonics, Facies and Formations in the West of the East European Platform / R. H. Haretskyi (Ed.). – Minsk : Nauka i Tekhnika, 1987. – P. 184–189 (in Russian).
28. Khain, V. Ye. Evolution of Geological Conditions in the Earth's History / V. Ye. Khain // Evolution of Geological Processes in the Earth's History. – M. : Nauka, 1993. – P. 29–38 (in Russian).
29. Kosmowska-Ceranowicz, B. Amber in Poland and in the World / B. Kosmowska-Ceranowicz. – Warszawa : Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, 2012. – 299 p.
30. Kosmowska-Ceranowicz, B. On new research of Tertiary sediments in Polish Lowlands / B. Kosmowska-Ceranowicz, K. Pożaryska // Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences de la Terre. – 1984. – № 29. – P. 81–90.
31. Kramarska, R. Paleogene amber in situ in Poland and neighbouring countries – geology, mining and perspectives / R. Kramarska, J. R. Kasiński, V. V. Sivkov // Górnictwo Odkrywkowe. – 2008. – № 50. – P. 97–110.
32. Krzowski, Z. Eocene in Mielnik on the Bug River / Z. Krzowski // Geological Quarterly. – 1997. – № 41. – P. 61–68.
33. Martini, E. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation / E. Martini // Proc. II Plankt. Conf. Rome. – 1971. – Vol. 2. – P. 739–785.
34. Matsui, V. M. Amber of Ukraine (a state of the problem) / V. M. Matsui, V. A. Nesterovskyi. – Kyiv : Terra, 1995. – 56 p. (in Russian).
35. Matsui, V. M. Evolution of Amber-Producing Vegetation and Formation of Fossil Resin Deposits / V. M. Matsui. – Kyiv : Naukova Dumka, 2016. – 143 p. (in Russian).
36. Matveiev, A. V. The Relief of Belarus / A. V. Matveiev, B. N. Hurskyi, R. I. Levitska. – Minsk : Universitetskoie, 1988. – 320 p. (in Russian).
37. Murashko, L. I. The Isotopic Age of Paleogene Glauconite Quarz Rocks in Belarus / L. I. Murashko // Litasfera. – 1994. – № 1. – P. 182–184 (in Russian).
38. National Atlas of Belarus. Tectonic map. – Minsk, 2002. – P. 46–47 (in Byelorussian).
39. National Atlas of Ukraine. Tectonic map. – Kiev, 2008. – P. 44–45 (in Ukrainian).
40. Nawrocka-Miklaszewska, M. Minerały ciężkie z eoceńskich i czwartorzędowych osadów Lubelszczyzny / M. Nawrocka-Miklaszewska // Realizacja projektu prac geologicznych dla określenia perspektyw występowania złóż bursztynu w utworach

eocenu Lubelszczyzny / J. R. Kasiński (Ed.); Państwowy Instytut Geologiczny. – Warszawa, 1997 (Narodowe Archiwum Geologiczne).

41. **Nesterovsky, V. A.** Geology and Gemmologic Evaluation of Semiprecious Raw Materials of the Sedimentary Complexes in Ukraine / V. A. Nesterovskiy; Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine. – Kyiv, 2006. – 41 p. (in Ukrainian with English summary).

42. **On the position of Amber-Bearing Strata in the Cenozoic Reference Section of Northern Ukraine** / A. N. Liashenko [et al.] // GeoJournal. – 1997. – № 1–2. – P. 78–82 (in Russian).

43. **Pawłowski, S.** Geology of the Tarnobrzeg native sulphur deposit / S. Pawłowski, K. Pawłowska, B. Kubica // Prace Instytutu Geologicznego. – 1985. – № 114. – 92 p.

44. **Stratigraphic** schemes of the Precambrian and Phanerozoic deposits of Belarus: Explanatory Note / S. A. Kruchek (Ed.); Belarusian Research Geological Prospecting Institute. – Minsk, 2010. – 282 p. (in Russian).

45. **Pożaryska, K.** Les organismes planctoniques de l'Eocene Supérieur de Siemień, Pologne orientale / K. Pożaryska, S. Locker // Review of Micropaleontology. – 1971. – № 14. – P. 57–72.

46. **Pożaryska, K.** On the Upper Eocene in Poland / K. Pożaryska, E. Odrzywolska-Bieńska // Geological Quarterly. – 1977. – № 21. – P. 59–70.

47. **Pożaryska, K.** Upper Eocene Foraminifera of East Poland and their paleogeographical meaning / K. Pożaryska // Acta Paleontologica Polonica. – 1977. – № 22. – P. 3–54.

48. **Problems** of amber-bearing in Belarus / L. F. Azhgirevich [et al.]; V. A. Moskvich (Ed.). – Minsk : BELGEO. – 2000. – 144 p. (in Russian).

49. **Remezova, E. A.** On the Issue of Paleogeomorphological Criteria for Search of Amber Deposit Prospecting in the Northwest of the Ukrainian Shield / E. A. Remezova // Herald of Zhytomyr State Technological University. Technical Sciences. – 2001. – № 19. – P. 202–204 (in Ukrainian).

50. **Roslyi, I. M.** Geomorphological Zoning / I. M. Roslyi // Geographical Encyclopedia of Ukraine / M. P. Bazhan (Ed.). – Kyiv : Ukrainian Soviet Encyclopedia, 1989. – P. 256–257 (in Russian).

51. **Rudko, G. I.** Amber deposits in Ukraine and their geological and economic assessment / G. I. Rudko, S. F. Litwinyuk; State Commission of Ukraine for Mineral Resources. – Kyiv, Chernivtsi : Bookrek, 2017. – 240 p. (in Ukrainian).

52. **Savkevich, S. S.** Amber / S. S. Savkevich. – Leningrad : Nedra, 1970. – 190 p. (in Russian).

53. **Słodkowska, B.** Badania palinologiczne osadów trzeciorzędowych z arkuszy Hrebenne i Lubycza Królewska / B. Słodkowska; Państwowy Instytut Geologiczny. – Warszawa, 1993 (Narodowe Archiwum Geologiczne).

54. **Słodkowska, B.** Klimatyczny i środowiskowy wymiar wzmożonej rezynty – przyczyny powstania bogatych złóż bursztynu bałtyckiego / B. Słodkowska, J. R. Kasiński // Zmiany klimatyczne w przeszłości geologicznej: Konferencja naukowa. Referaty i postery. – Warszawa, 24–25 list. 2015 / Państwowy Instytut Geologiczny. – Warszawa, 2015. – P. 72–73.

55. **Słodkowska, B.** The Eocene Climatic Optimum and the formation of the Baltic amber deposits / B. Słodkowska, R. Kramarska, J. R. Kasiński, // Amberif 2013: XX International Amber Researcher Symposium. – Gdańsk, 22–23 mar. 2013 / Muzeum Ziemi PAN. – Gdańsk, 2013. – P. 28–32.

56. **Słodkowska, B.** Wyniki badań palinologicznych próbek osadów trzeciorzędowych przeprowadzonych na arkuszu Kąkolewnica 1:50000 z profili: Zosinowo 1, Rudnik 2 i Sawki 3 / B. Słodkowska; Państwowy Instytut Geologiczny. – Warszawa, 1996 (Narodowe Archiwum Geologiczne).

57. **Srebrodolskyi, B. I.** Geological Structure and Regularities of Amber Deposit Location in the USSR / B. I. Srebrodolskyi. – Kyiv : Naukova Dumka, 1984. – 166 p. (in Russian).

58. **Stupnicka, E.** Geologia regionalna Polski / E Stupnicka. – Warszawa : Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, 2016. – 342 p.

59. **The stratigraphic** scheme of Paleogene Sediments in Ukraine (unified) / D. Ye. Makarenko [et al.]. – Kyiv : Naukova Dumka, 1987. – 116 p. (in Russian).

60. **Trofimov, V. S.** Amber / V. S. Trofimov. – M. : Nedra, 1974. – 183 p. (in Russian).

61. **Ważyńska, H.** Wyniki badań palinologicznych próbek osadów trzeciorzędowych z otworu wiertniczego Czemierniki, arkusz Radzyń Podlaski 1:50000 / H. Ważyńska // Realizacja projektu prac geologicznych dla określenia perspektywy występowania złóż bursztynu w utworach eocenu Lubelszczyzny / J. R. Kasiński (Ed.); Państwowy Instytut Geologiczny. – Warszawa, 1997 (Narodowe Archiwum Geologiczne).

62. **Woźny, E.** Fosforyty i Bursztyny z Siemienia koło Parczewa / E. Woźny // Przegląd Geologiczny. – 1966. – № 14. – P. 277–278.

63. **Woźny, E.** Pelecypods from the Upper Eocene of East Poland / E. Woźny // Acta Paleontologia Polonica. – 1977. – № 22. – P. 93–112.

64. **Zosimovych, V. Yu.** The Problematic Issues of Stratigraphy of Amber-Bearing Deposits in Ukrainian Polissia / V. Yu. Zosimovych, T. W. Szewczenko, T. S. Ryabokon // Ukrainian Amber World: Theses of reports of the 1st International Conference / P. F. Hozhyk (Ed.) ; Institute of Geology of the NAS of Ukraine. – Kyiv, 2007. – P. 20–23 (in Ukrainian).

Артыкул паступіў у рэдакцыю 10.03.2023

Рэцэнзент А. В. Мацвеев

ПАЛЕАГЕНАВЫЯ РОССЫПЫ БУРШТИНУ  
СУМЕЖНЫХ ТЭРЫТОРИЙ ПОЛЬШЧЫ, БЕЛАРУСІ І УКРАІНЫ

М. А. Багдасараў<sup>1,2</sup>, М. М. Шэшка<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Брэсцкі дзяржаўны ўніверсітэт імя А. С. Пушкіна  
бул. Касманаўтаў, 21, 224665, Брэст, Беларусь  
E-mail: bahdasarau@gmail.com

<sup>2</sup>Брэсцкі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт  
вул. Маскоўская, 267, 224017, Брэст, Беларусь  
E-mail: optimum@tut.by

У працы прадстаўлена сучасная геолага-генетычная мадэль бурштынаносных адкладаў Польшчы, Беларусі і Украіны ў спалученні з канцепцыяй прагнозна-пошукавай сістэмы бурштыну. Вызначана, што гэта сістэма залежыць ад сучасных уяўленняў аб генезісе выканнёвых смол і фактычных дадзеных аб развіцці даследуемай тэрыторыі ў палеагене, што аказвае прынцыпавы ўплыў на метадычныя асновы прагнозу і пошуку новых залежаў. Вынікі палявых і камеральных работ 1991–2020 гг. дазволілі ўдакладніць стратыграфію бурштынаносных адкладаў і правесці рэвізію ключавых участкаў і апорных разрэзаў у межах даследуемай тэрыторыі, выканаваць карэляацыйны аналіз стратыграфічнай прымеркаванасці, геалагічных абставін і перадумоў фармавання залежаў.

ПАЛЕОГЕНОВЫЕ РОССЫПИ ЯНТАРЯ  
СМЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПОЛЬШИ, БЕЛАРУСИ И УКРАИНЫ

М. А. Богдасаров<sup>1,2</sup>, Н. Н. Шешко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина  
бул. Космонавтов, 21, 224665, Брест, Беларусь  
E-mail: bahdasarau@gmail.com

<sup>2</sup>Брестский государственный технический университет  
ул. Московская, 267, 224017, Брест, Беларусь  
E-mail: optimum@tut.by

В работе представлена современная геолого-генетическая модель янтареносных отложений Польши, Беларуси и Украины в сочетании с концепцией прогнозно-поисковой системы янтаря. Определено, что эта система зависит от современных представлений о генезисе ископаемых смол и фактических данных о развитии исследуемой территории в палеогене, что оказывает принципиальное влияние на методические основы прогноза и поисков новых залежей. Материалы полевых и камеральных работ 1991–2020 гг. позволили уточнить стратиграфию янтареносных отложений и провести ревизию ключевых участков и опорных разрезов в пределах исследуемой территории, выполнить корреляционный анализ стратиграфической приуроченности, геологических обстановок и предпосылок формирования залежей янтаря в палеогеновых отложениях.

УДК 551.793+551.89

## ПАЛИНОСТРАТИГРАФИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ НАРЕВСКОГО (ВЕРХНЯЯ ЧАСТЬ) И БЕЛОВЕЖСКОГО (БОРКОВСКИЙ ПОДГОРИЗОНТ) ГОРИЗОНТОВ ПЛЕЙСТОЦЕНА БЕЛАРУСИ

А. В. Шидловская, Т. Б. Рылова

ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси»  
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь  
E-mail: anne.shidlovska@gmail.com, rylova\_tatyana18@mail.ru

*Обобщены результаты многолетних палинологических исследований отложений борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси, а также подстилающих их пород верхней части наревского горизонта. Данна детальная характеристика региональных пыльцевых зон, выделенных в рассматриваемых отложениях. Выполнены реконструкции растительности и палеотемпературных параметров для соответствующих интервалов времени.*

### ВВЕДЕНИЕ

В стратиграфической схеме четвертичных отложений Беларуси [37] в составе среднего плейстоцена выделен беловежский горизонт, который располагается между ледниками наревским и березинским горизонтами.

Отложения верхней части наревского горизонта представлены ледниками, водно-ледниковыми и перигляциальными образованиями, генетически связанными с залегающими выше отложениями беловежского горизонта. Данный горизонт коррелируется с донским горизонтом на территории России [40 и др.], Sanian 1 на территории Польши [43 и др.] и др.

Беловежский горизонт объединяет три подгоризонта: борковский, нижнинский и могилевский. Голостратотипом нижнего борковского подгоризонта является разрез скв. 153 у д. Борки Пружанского района Брестской области [6], изученный Л. Н. Вознячуком, С. С. Маныкиным, Л. Г. Пузановым, А. К. Ковальчуком и др. В 1980 и 1991 гг. на той же площади были пробурены соответственно скв. 2 [2] и 2Г [41], позволившие уточнить стратиграфическое положение и палеонтологическую характеристику межледниковой толщи. Парагенетотипом борковского подгоризонта считаются отложения, соответствующие «нижнему оптимуму» в обн. Нижнинский Ров в Шкловском районе Могилевской области [10; 14; 24].

Борковский подгоризонт коррелируется с гла́зовским подгоризонтом мучакапского горизонта в схеме центральных районов европейской части России [40 и др.], нижней частью фердинандувской сукцессии плейстоцена Польши [43 и др.] и интерглациалом II или III кромерского комплекса Нидерландов [37; 45 и др.] и др.

На территории Беларуси отложения борковского подгоризонта изучены многими исследователями

более чем по 30 разрезам комплексом геологических и палеонтологических методов [1; 5; 7; 10; 12; 14; 22; 23; 24; 25; 30; 32; 41]. В настоящей работе предпринята попытка обобщить имеющиеся материалы, которые касаются палиностратиграфического расчленения отложений борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси и подстилающих их верхненаревских отложений, а также детально охарактеризовать растительность и климат соответствующих временных этапов.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу данной работы положены материалы палинологических исследований разрезов беловежского горизонта плейстоцена Беларуси. Подстилающие верхненаревские отложения изучены спорово-пыльцевым методом примерно в десятке разрезов, в то время как собственно беловежские известны в более чем тридцати местонахождениях (рис. 1).

Схема палиностратиграфического расчленения беловежского горизонта [28; 32; 37] представлена в табл. 1.

Имеющиеся спорово-пыльцевые диаграммы построены либо, по возможности, перестроены по единой методике и обработаны с помощью специализированного программного обеспечения PolPal [44]. Вычисление процентного содержания пыльцы каждого таксона древесных, кустарниковых и травянистых наземных растений производилось от суммы AP + NAP (без водных), а таксонов водных растений и спор – от суммы AP + NAP + подсчитываемый таксон. Выделенные в разрезах локальные пыльцевые зоны сопоставлены с региональными пыльцевыми зонами в соответствии с принятой стратиграфической схемой (табл. 2).



**Рисунок 1 – Кarta-схема расположения разрезов, вскрывающих отложения наревского (верхняя часть) и беловежского (борковский подгоризонт) горизонтов плейстоцена Беларуси, изученных палинологическим методом**

**Таблица 1 – Схема палиностратиграфического расчленения отложений беловежского горизонта плейстоцена Беларуси, а также подстилающих его верхненаревских и перекрывающих нижнеберезинских отложений**

Система	Отдел	Подотдел	Горизонт	Подгоризонт	Пыльцевые зоны (PAZ)	
Четвертичная	Плейстоцен	Средний	Беловежский	Bерезинский	bz-s-1	NAP – <i>Betula</i> – <i>Larix</i>
				Могилевский	mg 5	<i>Betula</i> – <i>Pinus</i> – <i>Picea</i>
					mg 4	<i>Picea</i> – <i>Pinus</i> – <i>Betula</i> – <i>Carpinus</i>
					mg 3	<i>Carpinus</i> – <i>Quercus</i> – <i>Alnus</i>
					mg 2	<i>Quercus</i> – <i>Ulmus</i> – <i>Tilia</i>
				Нижнинский	mg 1	<i>Larix</i> – <i>Betula</i> – <i>Pinus</i>
					nz 3	NAP – <i>Betula nana</i>
					nz 2	<i>Pinus</i> – <i>Picea</i> – <i>Betula</i>
				Борковский	nz 1	NAP – <i>Larix</i> – <i>Betula</i>
					brk 8	<i>Pinus</i> – <i>Betula</i> – <i>Larix</i>
					brk 7	<i>Pinus</i> – <i>Picea</i> – <i>Betula</i>
					brk 6	<i>Pinus</i> – <i>Picea</i>
					brk 5	<i>Quercus</i> – <i>Picea</i>
					brk 4	<i>Quercus</i> – <i>Ulmus</i> – <i>Corylus</i>
					brk 3	<i>Quercus</i> – <i>Ulmus</i>
					brk 2	<i>Pinus</i> – <i>Betula</i>
				Наревский	brk 1	<i>Betula</i> – <i>Larix</i> – <i>Picea</i>
					nr-f-4	<i>Betula</i> – <i>Picea</i> – <i>Larix</i> – NAP
					nr-f-3	<i>Betula nana</i> – <i>Artemisia</i> – <i>Chenopodiaceae</i>
					nr-f-2	<i>Picea</i> – NAP
					nr-f-1	NAP – <i>Betula nana</i>

**Таблица 2 – Разрезы, вскрывающие отложения наревского (верхняя часть) и беловежского (борковский подгоризонт) горизонтов плейстоцена Беларуси, изученных палинологическим методом**

Область	Район	Разрез	Пыльцевые зоны (PAZ) верхней части наревского горизонта				Региональные пыльцевые зоны (R PAZ) борковского подгоризонта беловежского горизонта							
			nr-f-1	nr-f-2	nr-f-3	nr-f-4	brk 1	brk 2	brk 3	brk 4	brk 5	brk 6	brk 7	brk 8
Брестская	Берёзовский	Голицы скв. 1474 (Величкевич и др., 1993)						b1 <sub>1</sub>	b1 <sub>2</sub>	b1 <sub>3</sub>	b1 <sub>4</sub>			
		Голицы скв. 5 (по материалам Т. Б. Рыловой)										Vb	VI	
		Смоларка, скв. 13 (Величкевич и др., 1993)						III	IV	Va				
		Смоларка, скв. 3 (Величкевич и др., 1997)									bl 5			
	Ивацевичский	Стригиле скв. 1279 (Величкевич и др., 1993)					Str-1	Str-2	Str-3	Str-4	Str-5			
		Алексеевка, скв. 1807 (по материалам Т. Б. Рыловой)								Al-1	Al-2	Al-3	Al-4	
		Гощево, скв. 1815 (по материалам Т. Б. Рыловой)					Gsch-1	Gsch-2	Gsch-3			I	II	III
	Каменецкий	Ятвэзь, скв. 1883 (Величкевич и др., 1993)						Jt-1	Jt-2	Jt-3	Jt-4	Jt-5	Jt-6	VI
		Ятвэзь, скв. 6 (Величкевич и др., 1997)									Jg-1	Jg-2	Jt-7	Jt-8
	Пружанский	Яглевичи, скв. 9 (Величкевич и др., 1993)												
Витебская	Верхнедвинский	Рудавец скв. 360 (по материалам Н. Ф. Тышницус)						B2	B3	B4	B5	B6		
		Борки, скв. 2Г (Якубовская и др., 1991)												
	Дубровенский	Лахи, скв. 302 (Возничук, Пузанов, 1967)												
		Обухово, расч. 1 (Савенко и др., 2004)	Ob/3-1	Ob/3-2	Ob/3-3	Ob/3-4					Ob-1	Ob-2	Ob-3	Ob-4
		Обухово, расч. 3 (Савенко и др., 2004)									Ob/3-5			
Гомельская	Полоцкий	Большо-Бахово, скв. 84 (Рылова, 2014)					St82-1	St82-2			B 1	B 2	B 3	B 4
		Станиславово, скв. 82 (Якубовская и др., 2005)									St82-3			
	Речицкий	Зуц, скв. 14 (Савенко и др., 2014)									Z-1	Z-2	Z-3	Z-4
		Почтары, скв. 1 (по материалам Н. Ф. Тышницус)												
		Красная Дуброва, скв. 13 Б (Махнach и др., 1982)		1				2	3	4	5		7	
Минская	Копыльский	Красная Дуброва, скв. 55 Б (Махнach, Рылова, 1986)									KD-1	KD-2		
		Рассвет, скв. 41 (Махнach, Рылова, 1986)									I-3			
	Солигорский	Тишковка, скв. 1 (по материалам Т. Б. Рыловой)									T-1	T-2	T-3	
		Чкалово, скв. 5 (Махнach, Рылова, 1986)									II-III			
		Выгода, скв. 137												
Могилевская	Любанский	Костеша, расч. 1, 2 (Еловичева, 1979)		dnf <sub>1</sub>	dnf <sub>2</sub>			sk-1	sk-2	sk-3	sk-4			
		Пиваш, скв. 3309 (Махнach, 1971)												
	Бобруйский	Старобин, скв. 2 (Махнach, 1961, 1966)												
		Голубовка, скв. 2МГ (по материалам Т. Б. Рыловой)					Glb-1	Glb-2	Glb-3	Glb-4	Glb-5		Glb-5	
		Бобруйск, скв. 132 (Рылова и др., 2003)					B132-1	B132-2	B132-3		B132-4	B132-5	B132-6	
	Дрибинский	Бобруйск, скв. 40 (Рылова и др., 2003)									bl4	bl5	bl6	
		Углы, скв. 21 (Махнach, 1966)												
	Кричевский	Шекотово, скв. 41												
		Залесье, скв. 19 (по материалам А. П. Рымашевской, В. А. Палазник)												
	Могилевский	Могилев, скв. 21 Ф (Рылова и др., 2014)						Mg21-1	Mg21-2	Mg21-3	Mg21-4		Mg21-5	Mg21-6
		Могилев, скв. 24 Ф (Рылова и др., 2014)						Mg24-1	Mg24-2	Mg24-3	Mg24-4		Mg24-5	Mg24-6
	Славгородский	Сидорович, скв. 3 (по материалам И. А. Григорович)						Sh-1	Sh-2	Sh-3	Sh-4-Sh-5	Sh-6-Sh-9	Sh-10	Sh-11
		Шилов, Угол, скв. 21.2 (Шиловская и др., 2022)												
	Чаусский	Рудня, скв. 20 (по материалам Н. А. Махнach, Н. Ф. Тышницус)						Ch2R-1	Ch2R-2	Ch2R-3	Ch2R-4			
		Черенец, скв. 2Р (Шиловская, Литвинок, 2022)						Ch4R-1	Ch4R-2	Ch4R-3	Ch4R-4			

Хорошая сохранность пыльцы, полученной из отложений, вскрытых некоторыми скважинами (например, скв. 6 у д. Ятвэзь, скв. 1474 у д. Голицы, скв. 21.2 у д. Шилов Угол и др.), позволила выявить присутствие некоторых таксонов (*Acer tataricum* L., *Corylus colurna* L., *Ulmus glabra* Huds., *U. suberosa* Moench), которые ранее не были отмечены в данных отложениях. Определения пыльцы осуществлялись с помощью атласов-определителей [15; 16; 17; 35; 36]. Полученные материалы дали возможность более детально реконструировать динамику климата на протяжении рассмотренного интервала времени. Для палеоклиматических реконструкций использован метод совмещения климатических ареалов [4; 9; 13; 27].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ Наревский горизонт (верхняя часть)

Верхненаревские отложения, изученные палинологическим методом, представлены, как правило, озерными супесями, реже суглинками и глинами. Они характеризуются существенным количеством пыльцы травянистых растений в составе спектров и присутствием холостостойких видов, свойственных тундровым фитоценозам.

Ниже дана детальная характеристика зон, выделенных в отложениях верхней части наревско-

го горизонта, а также результаты реконструкции палеогеографических условий времени их накопления.

### nr-f-1 NAP – *Betula nana* PAZ

Наиболее полным разрезом верхненаревских отложений является расч. 3 у д. Обухово Верхнедвинского района Витебской области [26], где И. Е. Савченко охарактеризованы все четыре пыльцевые зоны, отвечающие времени отступания ледника. Только здесь представлена зона nr-f-1 NAP – *Betula nana*. Для нее свойственно абсолютное доминирование пыльцы травянистых растений (до 80 %), наибольший процент среди которой принадлежит пыльце *Artemisia* (до 60 %), присутствуют пыльцевые зерна *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Apiaceae*, *Ericaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*, *Helianthemum*, *Ephedra distachya* L. и др. Пыльца водных и прибрежно-водных растений представлена *Myriophyllum*, *Nuphar*, *Alismataceae*, *Typha latifolia* L., *T. angustifolia* L. Среди спор отмечены *Bryales*, *Sphagnum*, *Lycopodium alpinum* L., *Selaginella selaginoides* (L.) Beauv. ex Mart. & Schrank, *Polypodiaceae* и др.

Древесные породы представлены преимущественно пыльцой *Betula*, причем превалировали пыльцевые зерна кустарниковых берез *Betula nana* L. и *B. humilis* Schrank (до 40 %), а пыльца древесных

видов *Betula pendula* Roth. и *B. pubescens* Ehrh. присутствовала реже. Также отмечены пыльцевые зерна *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (L.) Karst., *Hippophaë rhamnoides* L. и др.

Фаза развития растительности, отвечающая данной зоне, характеризовалась отсутствием на исследуемой территории сомкнутого лесного покрова и абсолютным доминированием открытых безлесных пространств. В травяном покрове преобладали полыни; росли маревые, осоковые, злаковые, зонтичные, гвоздичные, астровые, лютиковые и др. На заболоченных участках произрастали формации из кустарниковых видов берез (березы приземистая, карликовая) и ив, кустарнички семейств вересковые, ладанниковые (солнцецвет), а также преимущественно зеленые, реже сфагновые мхи, плауны (в том числе плаун альпийский, плаунок плаунковидный), папоротники. На сухих каменистых участках и, возможно, выходах меловых пород мог произрастать хвойник двухколосковый. Изредка, вероятнее всего, по берегам рек существовали группировки из сосны (сосна обыкновенная), березы (березы пушистая и бородавчатая), ели (ель европейская), облепихи крушиновидной. В водоемах селились уруть, кубышка, частуховые, по берегам – рогоз узколистный и широколистный, осоковые.

Произрастание одновременно степных (полыни, маревые и др.) и тундровых (карликовые березы и др.) видов указывает на распространение растительных сообществ наподобие тундростепи, характерных для холодных и сухих интервалов плейстоцена [3; 18 и др.].

Диапазон палеотемператур, полученный для данной фазы, представлен на рисунке 2. Низкие значения как зимних, так и летних температур свидетельствуют о суровых климатических условиях этого времени.

#### nr-f-2 *Picea* – NAP PAZ

Данная зона представлена в следующих разрезах: расч. 3 у д. Обухово Верхнедвинского района Витебской области [26], скв. 13Б у д. Красная Дуброва Речицкого района Гомельской области [25], расч. 2 у д. Костеши Любанского района Минской области [10], обн. Нижнинский Ров Шкловского района Могилевской области [10; 14; 24; 32].

Среди пыльцы древесных пород главная роль принадлежит *Picea abies*: в расч. 3 у д. Обухово ее содержание достигает примерно 30 %, а в расч. 2 у д. Костеши – 85 % (согласно методике подсчета автора [10]). Отмечены также *Pinus sylvestris*, *Picea* sect. *Omorica*, *Betula pendula*, *B. pubescens*, *Larix* sp.

Процент пыльцы травянистых растений уменьшается по сравнению с предыдущей зоной, но оста-

ется довольно высоким (до 40 %). Доминирует пыльца *Artemisia*, присутствуют *Ericaceae*, *Helianthemum*, *Ephedra distachya*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, *Apiaceae*, *Cyperaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*, в том числе *Thalictrum*, и др. Пыльца водных и прибрежно-водных растений представлена *Myriophyllum*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*. Среди спор отмечены в основном *Bryales*, *Sphagnum*, *Polypodiaceae*.

В соответствующую фазу, вероятнее всего, преобладали ландшафты типа лесотунды, где среди открытых пространств произрастали хвойно-мелколиственные редколесья.

В составе травяного покрова присутствовали полынь, маревые, осоковые, злаковые, зонтичные, гвоздичные, лютиковые и др. Произрастал хвойник двухколосковый. Заболоченные участки по-прежнему были заселены кустарниками видами берез (березы карликовая и приземистая), ивами, кустарничками семейств вересковые и ладанниковые. В пределах палеоводоемов произрастали уруть, рогоз широколистный и узколистный.

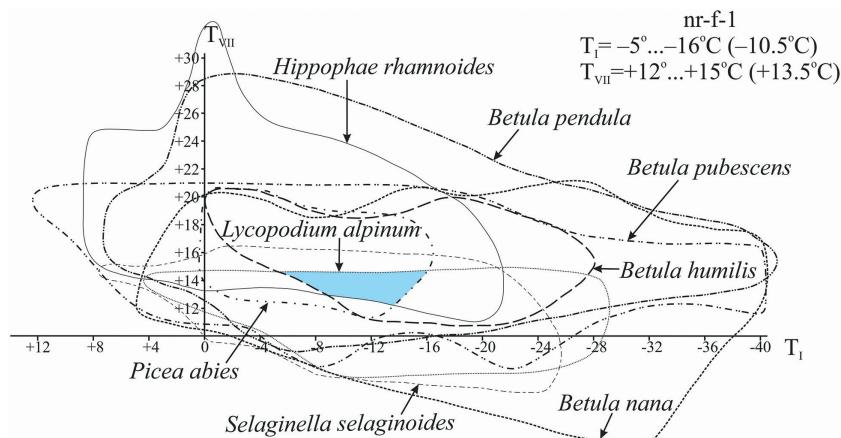
В немногочисленных лесных группировках значительную роль стала играть ель (ель европейская, изредка ель сербская), которой сопутствовали сосна обыкновенная, березы пушистая и повислая, лиственница.

Диапазон палеотемператур, реконструированных для данной фазы, представлен на рисунке 3. Получены более высокие средние значения летних и зимних температур, чем для предыдущей фазы, что свидетельствует о постепенном смягчении климатических условий.

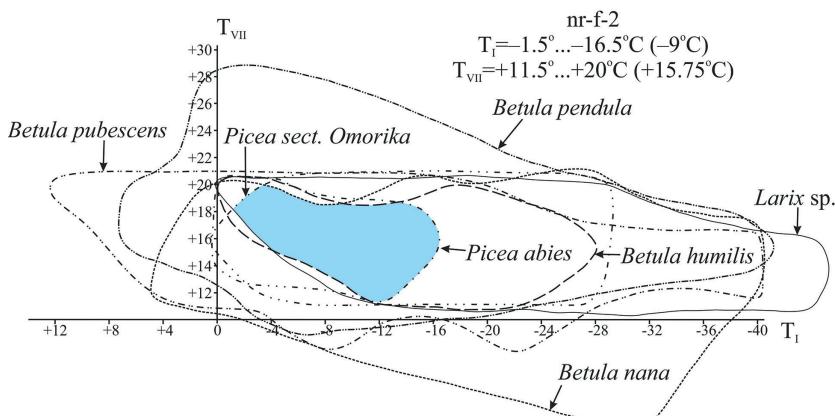
#### nr-f-3 *Betula nana* – *Artemisia* – *Chenopodiaceae* PAZ

Эта зона охарактеризована в следующих разрезах: расч. 3 у д. Обухово Верхнедвинского района Витебской области [26], расч. 2 у д. Костеши Любанского района Минской области [10], скв. 2-МГ у д. Голубовка Белинчического района (материалы Т. Б. Рыловой, неопубл.), обн. Нижнинский Ров Шкловского района Могилевской области [10; 14; 24; 32].

Данная зона лучше представлена в разрезе расч. 2 у д. Костеши. Количество пыльцы кустарниковых берез *Betula nana* и *B. humilis* здесь достигает суммарно около 40 %, а пыльца травянистых растений составляет 50–70 % (согласно методике подсчета автора). Среди пыльцы трав доминируют *Artemisia* и *Chenopodiaceae*, присутствуют *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Caryophyllaceae*, *Polygonaceae* и др., а также пыльцевые зерна кустарничка *Ephedra distachya*. Из водных отмечена только пыльца *Alismataceae*. Споры представлены *Sphagnum* и *Polypodiaceae*.



**Рисунок 2 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы nr-f-1 NAP – *Betula nana* наревского оледенения**



**Рисунок 3 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы nr-f-2 *Picea* – NAP наревского оледенения**

В составе пыльцы древесных пород преобладают *Betula pendula* и *B. pubescens*, присутствуют также *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *P. sect. Omorica*, *Larix* sp. Отмечены пыльцевые зерна кустарниковых видов *Alnaster fruticosus* (Rupr.) Ledeb., *Salix* sp., Adoxaceae.

В это время преобладали открытые лесотундровые ландшафты, где на пониженных и увлажненных местах произрастали обширные заросли кустарниковых видов берез (березы карликовая, приземистая), сфагновые и зеленые мхи. Травяной покров формировал преобладающими полынь и травы семейства маревые, присутствовали также злаковые, гвоздичные, гречишные, зонтичные и др. На сухих открытых пространствах произрастал хвойник двухколосковый. Немногочисленные лесные фитоценозы состояли из березы пушистой и бородавчатой, сосны обыкновенной, ели европейской и сербской, лиственницы с редким подлеском из ивы, ольховника и кустарников семейства адоксовые.

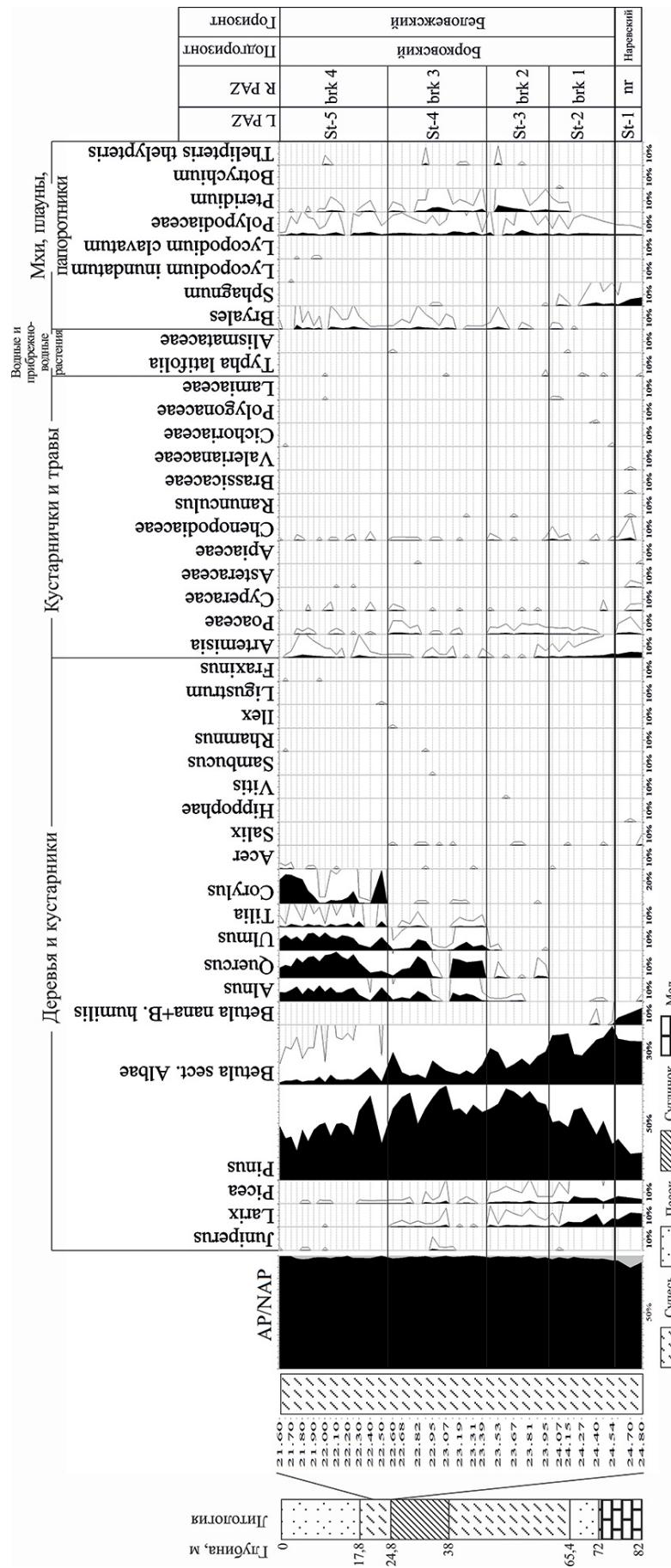
Диапазон палеотемператур фазы nr-f-3 совпадает с таковым, полученным для предыдущей фазы

(см. рис. 3) ввиду сходного видового состава древесной флоры.

#### nr-f-4 *Betula* – *Picea* – *Larix* – NAP PAZ

Отложения данной зоны изучены споро-пыльцевым методом примерно в десятке разрезов, но наиболее полно зона nr-f-4 отражена в разрезах скв. 1279 у д. Стригин [1] (рис. 4), скв. 132 у г. Бобруйска [29], обн. Нижнинский Ров [10; 14; 24; 32].

Общий процент пыльцы травянистых растений уменьшается по сравнению с предыдущей зоной (до 19,6 % в разрезе Бобруйск, до 15,4 % в разрезе Смолярка). Преобладают пыльцевые зерна *Artemisia*, присутствует пыльца *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Apiaceae*, *Asteraceae* и др. Отмечены пыльцевые зерна *Ephedra distachya*. Пыльца водных и прибрежно-водных растений представлена *Typha latifolia*, *Alismataceae*, *Myriophyllum*. Присутствуют споры *Bryales*, *Sphagnum*, *Polypodiaceae*, *Pteridium*.



**Рисунок 4 – Спорово-пыльцевая диаграмма плеистоценовых отложений, вскрытых скв. 1279 у д. Стратин Березовского района Брестской области (анализ выполнен Т. Б. Рыловой)**

Среди пыльцы древесных пород преобладает *Betula sect. Albae* (до 62,6 % в разрезе Бобруйск, до 46,8 % в разрезе Голубовка). В заметном числе отмечены пыльцевые зерна *Betula nana* и *B. humilis* (до 19,6 % в разрезе Бобруйск, до 14,9 % в разрезе Стригин), однако их количество снижается по сравнению с предыдущей зоной. В составе пыльцы хвойных пород существенную роль играет *Picea* (*Picea abies*, изредка *P. sect. Omorica*) – до 10,5 % в разрезе Нижнинский Ров, до 8,5 % в разрезе Бобруйск, а также *Larix sp.* – до 12,5 % в разрезе Стригин, до 11,6 % в разрезе Бобруйск. Увеличивается количество пыльцы *Pinus* (*Pinus sylvestris*, изредка *P. cembra L.*, *P. strobus L.*) до 32,8 % в разрезе Бобруйск, до 36,3 % в разрезе Стригин. Отмечена также пыльца *Salix sp.*, *Alnaster fruticosus*, *Juniperus communis L.*, *Hippophaë rhamnoides*, *Ephedra distachya*.

Данная зона отражает заключительную фазу нарывского оледенения. Существенные площади все еще занимали открытые участки, где доминировали полыни и маревые, произрастали злаковые, зонтичные, астровые, мареновые и др., присутствовал хвойник двухколосковый. В пределах палеоводоемов селились осоковые, рогозовые (рогоз широколистный), частуховые, уруть. Увлажненные места занимали сфагновые и зеленые мхи.

Вдоль долин рек начинали распространяться березово-елово-лиственничные лесные ассоциации с участием сосны. Присутствовали такие виды хвойных, как ель европейская, реже ель сербская, сосна обыкновенная, изредка сосна веймутова и сосна кедровая. Береза была представлена как древесными (березы пушистая и бородавчатая), так и кустарниковыми (березы карликовая и приземистая) формами. В подлеске росли можжевельник обыкновенный, ива, облепиха.

Для рассматриваемой фазы получен диапазон температур, аналогичный таковому в предыдущих фазах (см. рис. 3). Принимая во внимание значительное участие пыльцы древесных пород по сравнению с предыдущими зонами, можно предполагать, что реальные значения температур были близки к более теплой части данного диапазона.

Верхняя граница зоны nr-f-4 *Betula – Picea – Larix – NAP* является верхней границей нарывского горизонта и совпадает с нижней границей беловежского горизонта и борковского подгоризонта. Она проводится на основании смены состава спектров, которая отражается, прежде всего, в резком сокращении участия пыльцы травянистых растений, кустарниковых видов берез и возрастании роли пыльцы древесных пород. Это свидетельствует о смене характера растительных сообществ от лесотундро-

вых ландшафтов до смешанных лесов умеренного пояса, обусловленной потеплением климата.

### **Беловежский горизонт (борковский подгоризонт)**

Отложения борковского подгоризонта беловежского горизонта представлены чаще всего породами озерного и болотного генезиса: супесью, суглинком, гиттией, сапропелитом, торфом, мергелем, супесью диатомовой. Их палиностратиграфическое расчленение производится на 8 региональных пыльцевых зон. Детальная характеристика каждой зоны, а также результаты реконструкции растительности и климата соответствующих фаз представлены ниже.

#### **brk 1 *Betula – Larix – Picea R PAZ***

Наиболее полно зона brk 1 представлена в разрезах скв. 1279 у д. Стригин [1], скв. 1815 у д. Гощево (материалы Т. Б. Рыловой, неопубл.), скв. 21Ф и 24Ф у г. Могилева [30].

Состав спектров рассматриваемой пыльцевой зоны характеризуется абсолютным доминированием пыльцы древесных пород (до 100 %). Наибольшее участие принимает пыльца *Betula sect. Albae* (до 64,6 % в разрезе Углы, до 61,7 % в разрезе Ятвэзь). В некоторых разрезах (Гощево, Костеши, Бобруйск) в заметном количестве отмечаются пыльцевые зерна и кустарниковых видов (*Betula nana* и *B. humilis*).

Среди пыльцы хвойных пород важную роль играет *Picea abies* (до 10 % в разрезе Углы, до 9,9 % в разрезе Почтари) и *Larix sp.*, при этом наибольшее количество пыльцы *Larix sp.* характерно для разрезов, расположенных на юго-западе Беларуси (до 11,4 % в разрезе Стригин, до 10,9 % в разрезе Гощево). Доля пыльцы *Pinus* (преимущественно *Pinus sylvestris*) варьируется от 29,9 % в разрезе Углы до 75,4 % в разрезе Красная Дуброва. Присутствуют единичные пыльцевые зерна *Juniperus communis*, *Sambucus nigra L.*, *Adoxaceae*, *Salix sp.*, *Ephedra distachya*.

Пыльца кустарничков и трав представлена *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*, *Rubiaceae*, *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Cichoriaceae*, *Geraniaceae*, *Gentianaceae*, *Lamiaceae*, *Plantaginaceae*, *Rosaceae*, *Polygonaceae*, *Onagraceae*, *Ericaceae* и др.

Отмечены пыльцевые зерна водных и прибрежно-водных растений, таких как *Nuphar*, *Sparganium*, *Miryophyllum*, *Alismataceae*, *Typha latifolia*. Среди спор присутствуют *Sphagnum*, *Hypnum*, *Bryales*, *Lycopodium*, *Polypodiaceae*, *Pteridium*, *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Athyrium filix-femina* (L.) Roth ex Mert., *Botrychium*.

В рассматриваемый период территорию осваивали хвойно-мелколиственные леса. В северной части региона исследований были распространены березово-сосново-еловые и березово-елово-сосновые, а южнее – березово-сосновые и сосново-березовые лесные формации со значительным участием лиственницы, роль которой была более существенной в западной части территории исследований. Главными лесообразующими породами были береза (в основном древесные виды – березы пушистая и бородавчатая), ель (преимущественно ель европейская), лиственница, а также сосна (главным образом, сосна обыкновенная). В подлеске селились кустарники семейства адоксовые (в том числе бузина черная), ива, можжевельник обыкновенный. В нижнем ярусе произрастали папоротники, среди которых преобладал орляк, реже росли щитовник мужской, коchedыжник женский, гроздовник.

Травяной покров формировали полыни, маревые, злаковые, гвоздичные, лютиковые, мареновые, зонтичные, астровые, цикориевые, гераниевые,

горечавковые, яснотковые, подорожниковые, розоцветные, гречишные, кипрейные, вересковые. В наиболее сухих местах произрастали хвойниковые. Палеоводоемы населяли кубышки, ежеголовник, урут, частуховые, а по берегам росли рогоз широколистный, травы семейства осоковые.

Заболоченные территории занимали сфагновые, гипновые и зеленые мхи, изредка произрастали кустарниковые виды берез, которые сохранялись после завершающей фазы оледенения.

Для данной фазы получены несколько более высокие средние летние и зимние температуры (рис. 5), отражающие тенденцию к потеплению климата.

#### brk 2 *Pinus* – *Betula* R PAZ

Лучше всего данная зона представлена в разрезах скв. 1279 у д. Стригин [1], скв. 1815 у д. Гощево (материалы Т. Б. Рыловой, неопубл.), скв. 5, 1474 у д. Голицы [1], скв. 21 у д. Углы [19], скв. 4Р у д. Черенки [39].

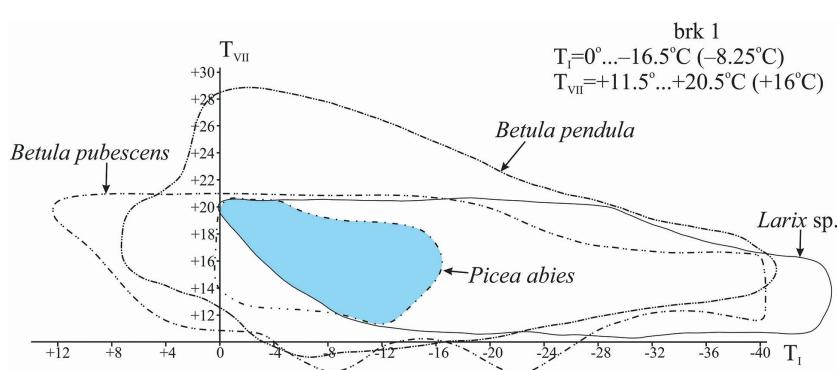


Рисунок 5 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы brk 1 *Betula* – *Larix* – *Picea* борковского интервала беловежского времени

В составе спектров доминируют пыльцевые зерна *Pinus sylvestris* (до 95 % в разрезе Красная Дуброва, до 80,8 % в разрезе Стригин) и *Betula sect. Albae* (до 50,1 % в разрезе Ляхи, до 48,9 % в разрезе Углы). В несколько меньшем количестве по сравнению с предыдущей зоной присутствует пыльца *Larix* sp. (до 10,7 % в разрезе Гощево, до 8,7 % в разрезе Бобруйск), *Picea abies* (до 7,8 % в разрезе Гощево, до 5 % в разрезе Бобруйск). Единично отмечена пыльца таких хвойных, как *Juniperus communis*, *Ephedra distachya*, а на западе в разрезе Борки также *Taxus baccata* L. Почти во всех разрезах присутствует пыльца *Alnus* (*Alnus incana* Moench, *A. glutinosa* (L.) Gaertn.) и *Salix* sp. Отмечены пыльцевые зерна кустарников семейства Adoxaceae (*Viburnum opulus* L., *Frangula alnus* Mill.).

В небольшом количестве преимущественно в разрезах юго-западных районов появляется пыльца

широколиственных пород. Так, содержание пыльцевых зерен *Quercus* (в основном *Quercus robur* L.) в разрезе Ятвэзь достигает 7,3 %, в разрезе Голицы – 5,1 %. Количество пыльцы *Ulmus* (*Ulmus laevis* Pall., *U. minor* Mill., *U. glabra* Huds.) не превышает 3,2 % в разрезе Голицы, 2,9 % – в разрезе Углы. Изредка присутствует пыльца *Tilia* (преимущественно *Tilia cordata* Mill.), наибольшее ее количество отмечено в разрезе Голубовка на востоке Беларуси – до 2,4 %. Для многих разрезов характерно единичное участие пыльцы *Corylus avellana* L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer platanoides* L., а на западе в разрезе Стригин – *Vitis sylvestris* C. C. Gmel.

Немногочисленные пыльцевые зерна травянистых растений представлены *Artemisia*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cichoriaceae*, *Ranunculaceae*, *Urticaceae*, *Polygonaceae*, *Rubiaceae*, *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Lamiaceae*, *Plantaginaceae*, *Boraginaceae*,

Rosaceae, Ericaceae и др. Из пыльцы водных и прибрежно-водных растений отмечены *Typha latifolia* и *T. angustifolia*, Alismataceae, *Potamogeton*, *Nuphar*, *Brasenia*. Среди спор присутствуют Bryales, *Sphagnum*, *Lycopodium*, Polypodiaceae, *Pteridium*, *Cystopteris*, *Dryopteris filix-mas*.

Данная фаза характеризовалась развитием хвойно-мелколиственных лесов с постепенно возрастающим участием термофильных пород. Произрастали березово-сосновые леса с небольшим участием ели европейской и лиственницы. Лесообразующими породами являлись сосна обыкновенная, береза пушистая и бородавчатая. В качестве примеси присутствовали дуб (дуб черешчатый), вяз (вязы гладкий, малый, пробковый), количество которых было более значительным в юго-западной части территории, реже произрастали клен платановидный и ясень высокий, а преимущественно в восточных районах – липа сердцевидная. На юго-востоке территории доминировали сосновые леса с участием березы.

В подлеске произрастали можжевельник обыкновенный, кустарники семейства адоксовые, среди которых были калина обыкновенная и крушина ломкая, а на западе, возможно, виноград лесной и тисс ягодный. По пониженным и увлажненным местам селились ольха черная и серая, ива, а в наиболее засушливых произрастал хвойник двухколоцковый. Напочвенный покров создавали зеленые и сфагновые мхи, плауны, папоротники (в том числе орляк, пузырник, щитовник мужской).

В составе травянистых растений присутствовали полыни, маревые, злаковые, цикориевые, лютиковые, крапивные, гречишные, мареновые, ветрековые, астровые, розоцветные, яснотковые, подорожниковые, гвоздичные, бурачниковые, зон-

тические. В прибрежной части палеоводоемов произрастали рогозовые (рогоз широколистный и узколистный), осоковые. В водоеме селились кубышка, рдест, частуховые, бразения.

Для данной фазы были характерны заметно более высокие средние летние и, особенно, зимние палеотемпературы, указывающие на дальнейшее увеличение теплообеспеченности территории (рис. 6).

### brk 3 *Quercus* – *Ulmus* R PAZ

Наиболее полно зона brk 3 отражена в разрезах скв. 2Г у д. Борки (рис. 7) [41], скв. 1279 у д. Стригин [1], обн. Нижнинский ров [10; 14; 24; 32], скв. 21.2 у д. Шилов Угол [38].

Состав спектров рассматриваемой зоны отличается увеличением доли пыльцы широколиственных пород. Количество пыльцевых зерен *Quercus* (*Quercus robur*, *Q. petraea* Liebl., *Q. pubescens* Willd.) достигает 60,1 % в разрезе Борки, 35,5 % в разрезе Нижнинский Ров, 30 % в разрезе Шилов Угол. Содержание пыльцы *Ulmus* (*Ulmus laevis*, *U. minor*, *U. glabra*, *U. suberosa* Moench) также максимально в разрезе Борки – до 40,5 %, в остальных разрезах оно меньше: 22,2 % в разрезе Голубовка, 21 % в разрезе Нижнинский Ров. Наибольшее количество пыльцы *Tilia* (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos* Scop., *T. tomentosa* Moench) отмечено на востоке в разрезе Голубовка (19,4 %), на остальной территории ее содержание заметно меньше: до 9,1 % в разрезе Алексейки, до 8,3 % в разрезе Нижнинский Ров. В небольшом количестве постоянно присутствует пыльца *Corylus* (*Corylus avellana*, изредка *C. colurna* L.) – до 10,2 % в разрезе Тишковка, до 9,8 % в разрезе Борки. Присутствуют единичные зерна *Acer* (*Acer campestre* L., *A. platanoides*, *A. tataricum* L.), *Fraxinus excelsior*. Спорадически отмечена пыльца *Carpinus betulus* L.

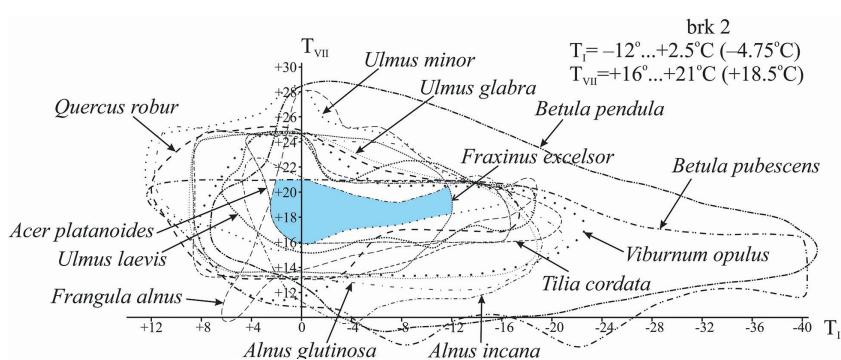
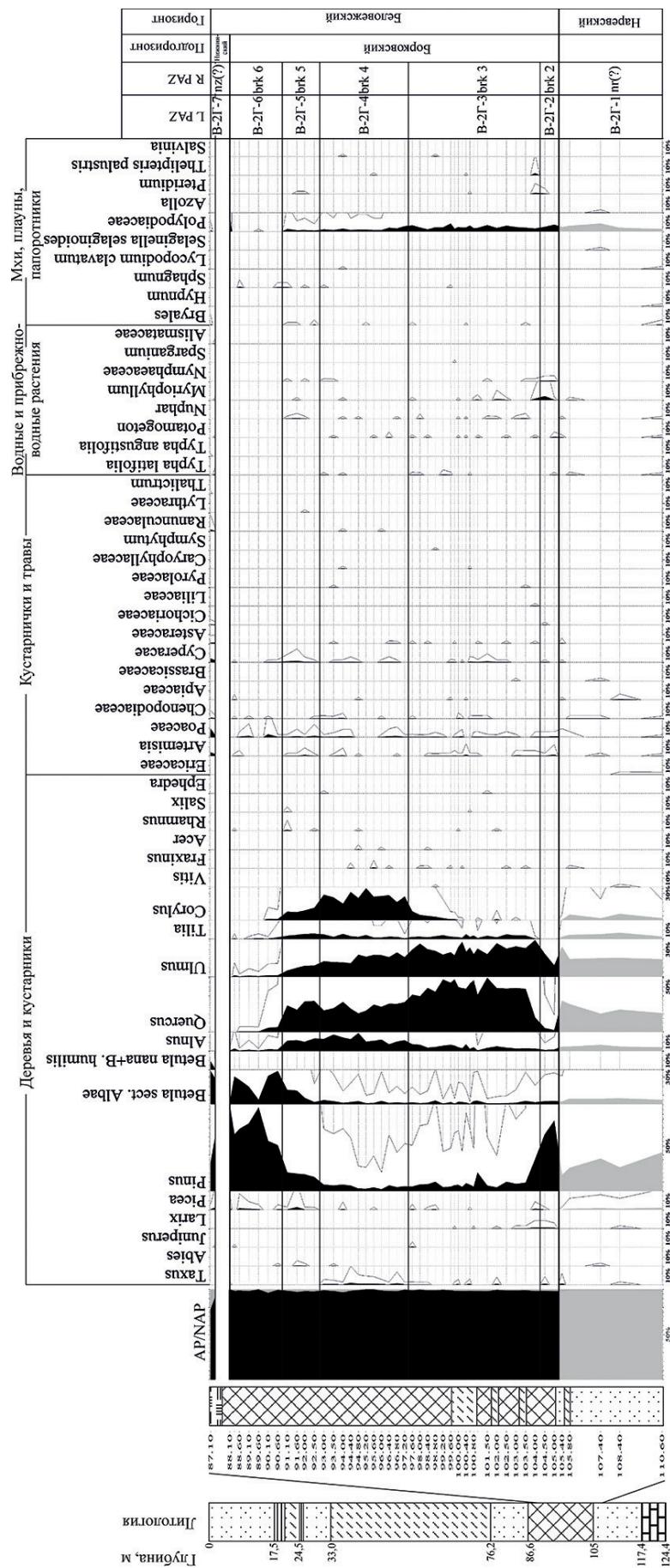


Рисунок 6 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы brk 2 *Pinus* – *Betula* борковского интервала беловежского времени



**Рисунок 7 – Спорово-пыльцевая диаграмма плеистоценовых отложений, вскрытых скв. 2Г у д. Борки Пружанского района Брестской области (анализ выполнен Т. Б. Рыловой)**

Возрастает участие в составе спектров пыльцы *Alnus* (*Alnus incana*, *A. glutinosa*): до 30 % в разрезе Нижнинский Ров, до 21,1 % в разрезе Шилов Угол. Содержание пыльцы *Betula* (*Betula pendula*, *B. pubescens*) несколько снижается по сравнению с предыдущей зоной (до 39,7 % в разрезе Углы, до 36,3 % в разрезе Нижнинский Ров). Постоянно присутствуют единичные пыльцевые зерна *Salix* sp. Отмечена пыльца *Adoxaceae*, *Celastraceae*, *Frangula alnus*, *Sambucus nigra*, *Ligustrum vulgare* L., *Hedera helix* L., а на западе – *Vitis sylvestris*.

Пыльца хвойных пород представлена преимущественно *Pinus sylvestris*, количество которой достигает 79,9 % в разрезе Стригин, 75,5 % в разрезе Красная Дуброва. В небольшом числе отмечены пыльцевые зерна *Picea abies* (до 6 % в разрезе Нижнинский Ров, до 2,4 % в разрезе Пиваши), *Larix* sp. (до 1,6 % в разрезе Стригин, до 1,1 % в разрезе Гощево), единично присутствуют *Juniperus communis*, *Ephedra distachya*. В разрезе Борки отмечена пыльца *Taxus baccata*.

В составе пыльцы травянистых растений определены *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Polygonaceae* (*Polygonum*, *Rumex*), *Rubiaceae*, *Lamiaceae*, *Fabaceae*, *Urticaceae*, *Lamiaceae*, *Plantaginaceae*, *Brassicaceae*, *Liliaceae*, *Pyrolaceae*, *Boraginaceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae* и др.

Из пыльцы водных и прибрежно-водных растений отмечены *Typha latifolia*, *T. angustifolia*, *Potamogeton*, *Sparganium*, *Myriophyllum*, *Nuphar*, *Nymphaeaceae*. Присутствуют споры *Bryales*, *Sphagnum*, *Lycopodiaceae*, *Lycopodium clavatum* L., *Polypodiaceae*, *Thelypteris palustris* Schott, *Pteridium*, *Ophioglossum*, микроспорангии *Salvinia*.

Рассматриваемая фаза характеризовалась развитием хвойно-широколиственных и широколиственных лесов. В северо-восточной части исследуемой территории произрастили липово-вязово-дубовые леса с заметным участием березы, ели и сосны. Центральную и юго-восточную части занимали вязово-дубовые, дубово-вязовые леса с участием сосны и березы, изредка лещины, а также сосново-широколиственные формации. На юго-западе в составе дубово-вязовых лесов сосна и береза принимали заметно меньшее участие, чем в других регионах, присутствовала лещина, а также, возможно, такие западноевропейские экзоты, как тисс ягодный, виноград лесной.

Среди термофильных пород доминировали дуб (дубы черешчатый, скальный и пушистый) и вяз (вязы гладкий, шершавый и пробковый). Произрастили липа (липы сердцевидная, крупнолистная и серебристая), клен (клены платановидный, полевой

и татарский), ясень высокий, изредка лиственница, возможно, граб обыкновенный. Подлесок формировали можжевельник обыкновенный, крушина ломкая, бузина черная, бересклетовые, ива, бирючина обыкновенная, а также плющ обыкновенный. Увлажненные участки занимала ольха (ольха серая и черная), а в наиболее сухих встречался хвойник двухколосковый. Произрастили зеленые и сфагновые мхи, плауны (среди них – плаун булавовидный), а также папоротники: орляк, ужовник, щитовник (щитовник болотный).

Луговая растительность была представлена травами семейств астровые (преимущественно, полынь), маревые, злаковые, зонтичные, гвоздичные, мареновые, гречишные (горец, щавель), бобовые, крапивные (крапива), подорожниковые, яснотковые, крестоцветные, лилейные, грушанковые, бурачниковые (окопник), лютиковые, розоцветные, кисличные (кислица), вересковые, мальтовые, цикориевые, ирисовые, колокольчиковые, жимолостные.

В пределах палеоводоемов росли ежеголовник, уруть, кувшинковые, в том числе кубышки, плавающий папоротник сальвиния, а по берегам – рогозовые (рогоз широколистный и узколистный), осоковые, рдестовые.

Состав растительности и полученный на его основе диапазон палеотемператур (рис. 8) отражают условия, типичные для климатического оптимума межледниковых.

#### **brk 4 *Quercus* – *Ulmus* – *Corylus* R PAZ**

Типовыми местонахождениями данной зоны можно считать скв. 2Г у д. Борки [41], скв. 1474 у д. Голицы [1], скв. 6 у д. Ятvezь (рис. 9) [1; 12], скв. 21Ф и 24Ф у г. Могилева [30], скв. 21.2 у д. Шилов Угол [38], скв. 84 у д. Большое Бахово [31].

Зона brk 4 характеризуется резким увеличением количества пыльцы *Corylus* (*Corylus avellana*, реже *C. colurna*) – до 46,9 % в разрезе Нижнинский Ров, до 39,2 % в разрезе Ятvezь. Содержание пыльцы других широколиственных пород, как правило, несколько снижается, но остается значительным. Так, доля пыльцевых зерен *Quercus* (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) – до 33 % в разрезах Борки и Шилов Угол, до 29 % в разрезе Большое Бахово, *Ulmus* (*Ulmus laevis*, *U. minor*, *U. glabra*, *U. suberosa*) – до 26,5 % в разрезах Борки и Большое Бахово, до 21,4 % в разрезе Ятvezь, *Tilia* (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa*) – до 15,4 % в разрезе Почтари, до 8,9 % в разрезе Могилев. Единично присутствуют *Acer* (*Acer campestre*, *A. platanoides*, *A. tataricum*) и *Fraxinus excelsior*. В нескольких разрезах спорадически отмечена пыльца *Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica* L., *Vitis sylvestris*, *Hedera helix*, *Viscum album* L.

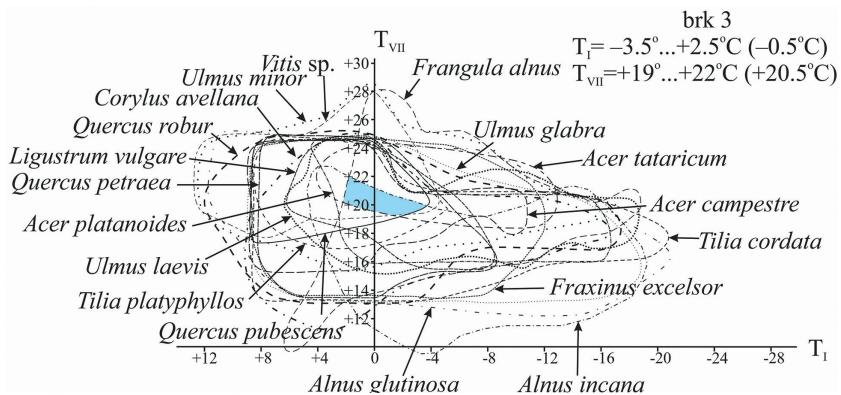


Рисунок 8 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы brk 3 *Quercus – Ulmus* борковского интервала беловежского времени

Значительное участие в составе спектров принимает пыльца *Alnus* (*Alnus incana*, *A. glutinosa*), содержание которой увеличивается по сравнению с предыдущей зоной до 36,9 % в разрезе Углы, до 31,6 % в разрезе Большое Бахово. Количество пыльцы *Betula* (*Betula pendula*, *B. pubescens*) продолжает снижаться и не превышает 27,4 % в разрезе Ляхи, 26,3 % в разрезе Зуи. Среди пыльцы кустарниковых пород важно отметить постоянное присутствие *Ligustrum vulgare*; единично встречаются *Salix* sp. и Adoxaceae, в том числе *Frangula alnus* и *Viburnum opulus*.

Хвойные породы представлены в основном пыльцой *Pinus sylvestris*, содержание которой в целом снижается и не превышает 60,7 % в разрезе Стригин, 59,1 % в разрезе Сидоровичи. В небольшом количестве присутствует пыльца *Picea abies* (до 2,3 % в разрезе Нижнинский Ров), однако в разрезах северной части Беларуси ее доля возрастает до 11,8 % в разрезе Зуи, 8,2 % в разрезе Почтари. Во многих разрезах отмечены единичные пыльцевые зерна *Juniperus communis*, *Larix* sp. В разрезах южной части Беларуси спорадически встречается пыльца *Abies alba* Mill. и *Taxus baccata*.

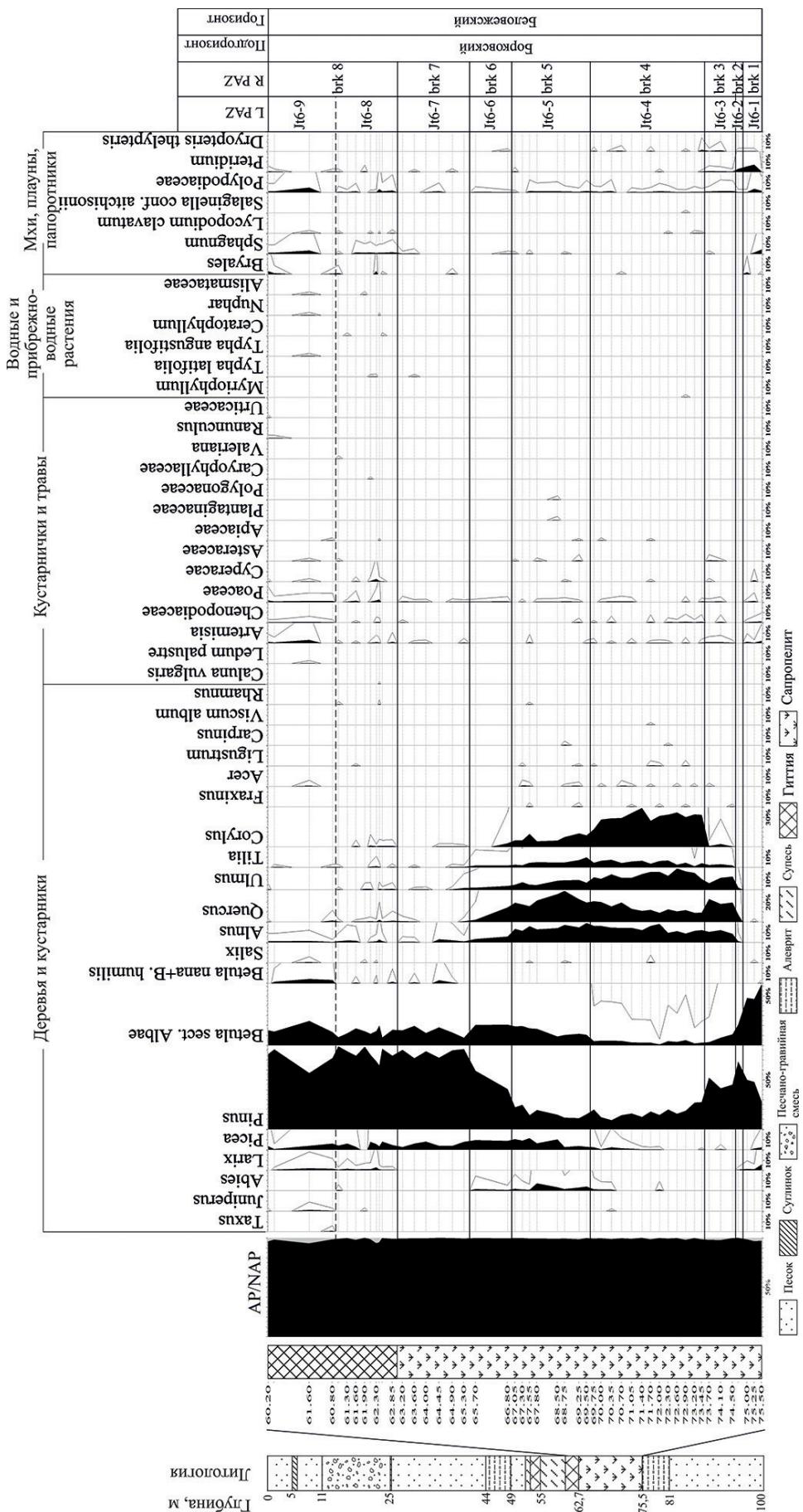
Среди пыльцы трав определены *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Apiaceae*, *Poaceae*, *Cichoriaceae*, *Polygonaceae*, *Plantaginaceae*, *Lamiaceae*, *Brassicaceae*, *Liliaceae*, *Pyrolaceae*, *Caryophyllaceae*, *Boraginaceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Rubiaceae* и др. Присутствуют пыльцевые зерна таких водных и прибрежно-водных растений, как *Nymphaeaceae* (*Nuphar*, *Nymphaea alba* L.), *Alismataceae*, *Hydrocharitaceae*, *Brasenia*, *Myriophyllum*, *Menyanthes*, *Potamogeton*, *Sparganium*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*. Среди спор отмечены Bryales, *Sphagnum*, *Lycopodium clavatum*, *L. inundatum* L., Polypodiaceae, *Thelypteris palustris*, *Pteridium*, мицеспорангии *Salvinia*.

Данная пыльцевая зона отражает фазу развития широколиственных и хвойно-широколиствен-

ных лесов. В северных районах были распространены, в основном хвойно-широколиственные леса, где среди термофильных пород преобладали липа, дуб, вяз, лещина, а из хвойных – сосна и ель. Остальную территорию исследований занимали преимущественно широколиственные дубово-вязовые, дубово-вязово-лещиновые, реже, возможно, монодоминантные лещиновые леса с участием липы и сосны.

Видовой состав лесных ассоциаций был очень разнообразным. Произрастали лещина (лещина обыкновенная, реже лещина древовидная), дуб (дубы черешчатый, скальный и пушистый), вяз (вязы малый, гладкий, шершавый и пробковый), липа (липы сердцевидная, крупнолистная и серебристая), ольха серая и черная. Присутствовали клен (клены платановидный, полевой и татарский), ясень высокий, бук европейский. В виде примеси иногда произрастала береза (березы пушистая и бородавчатая). Среди хвойных пород доминировала сосна обыкновенная, в северных районах росла ель европейская. На юго-западе изредка могли встречаться тисс ягодный, омела белая, плющ обыкновенный, виноград лесной. В подлеске регулярно присутствовала бирючина обыкновенная, произрастали кустарники семейств бересклетовые и адоксовые (калина обыкновенная, крушина ломкая), можжевельник обыкновенный, ива. Напочвенный покров в лесах слагали в основном папоротники, в том числе щитовник болотный, орляк, сфагновые и зеленые мхи, произрастали плаун булавовидный, ликоподиелла заливаемая.

В состав луговой растительности входили полыни и другие травы семейств астровые, маревые, злаковые, зонтичные, цикориевые, гречишные, подорожниковые, яснотковые, крестоцветные, лилейные, грушанковые, гвоздичные, бурачниковые, крапивные, лютиковые, розоцветные, вересковые, свинчатковые, ворсянковые, мареновые, синюшниковые, колокольчиковые, валериановые, первоцветные.



**Рисунок 9** – Спорово-пыльцевая диаграмма плеистоценовых отложений, вскрытых скв. б у д. Ятвэзь Ивацевичского района Брестской области (анализ выполнен Т. Б. Рыловой)

Палеоводоем населяли кувшинковые (кубышка, кувшинка белая), частуховые, водокрасовые, бразениевые, уруть, вахта, рдест, ежеголовник, водный папоротник сальвиния, по берегам росли рогоз широколистный и узколистный, травы семейства осоковые.

Для этой фазы реконструирован диапазон палеотемператур, приведенный на рисунке 10. Данные температурные параметры являются самыми высокими для борковского интервала. Они заметно превышают современные значения [8] на территории Беларуси (летние – примерно на 5 °C, зимние – на 3 °C). Следует отметить также, что температуры самой теплой фазы борковского интервала близки к значениям, реконструированным для оптимума муравинского межледниковой плейстоцена Беларуси [33 и др.]. Однако, учитывая более заметное участие в лесных ассоциациях лещины древовидной, произрастающей в условиях мягких и теплых зим, температуры в данный период могли быть несколько выше, чем в муравинское время.

brk 5 Quercus – Picea  
(+*Abies* для западных районов) R PAZ

Данная зона лучше представлена в разрезах скв. 2Г у д. Борки, [41] скв. 132 у г. Бобруйска [29], скв. 21.2 у д. Шилов Угол [38], скв. 84 у д. Большое Бахово [31], расч. 1 у д. Обухово [26].

Зона brk 5 выделяется по снижению доли почты всех термофильных пород, а также по возрастанию участию пыльцы *Picea* в составе спектров.

Среди пыльцы широколиственных пород преобладает пыльца *Quercus* (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*), количество которой достигает 34,2 % в разрезе Борки, 33,6 % в разрезе Большое Бахово. Содержание пыльцевых зерен *Ulmus* (*Ulmus laevis*, *U. minor*, *U. glabra*, *U. suberosa*) не превышает 18,7 % в разрезе Большое Бахово, 14,9 % в разрезе Яглевичи. Количество пыльцы *Tilia* (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa*) максимально в северных и восточных районах: до 17,7 % в разрезе Обухово, до 14,2 % в разрезе Сидоровичи. Доля пыльцы *Corylus* (*Corylus avellana*, изредка *C. colurna*) заметно сокращается, но остается значительной в юго-западных районах: до 24,1 % в разрезе Смолярка, до 18,3 % – в разрезе Ятвэзь. В местонахождениях по всей территории Беларуси встречаются единичные пыльцевые зерна *Acer* (*Acer campestre*, *A. platanoides*, *A. tataricum*) и *Fraxinus excelsior*. Изредка присутствует пыльца *Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica*, *Vitis sylvestris*.

В составе пыльцы хвойных пород важнейшая роль по-прежнему принадлежит *Pinus sylvestris*, доля которой составляет до 71,3 % в разрезе Нижнинский Ров, до 64,6 % в разрезе Шилов Угол. Как было сказано выше, возрастает содержание пыльцевых зерен *Picea abies*, количество которой максималь-

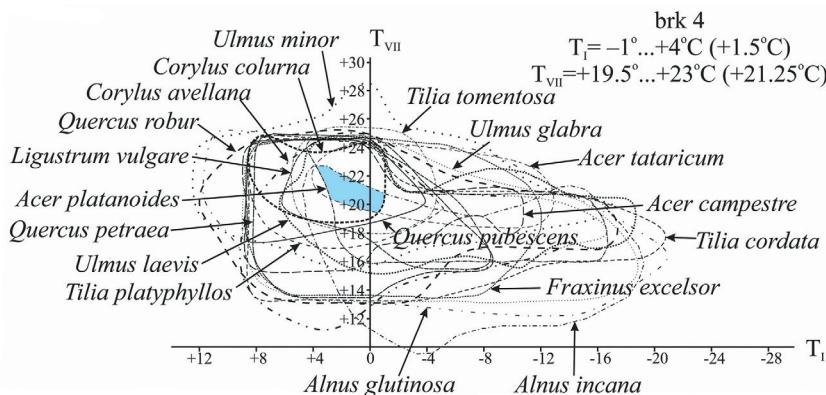
но в разрезах северных районов: до 28,9 % в разрезе Зуи, до 17,1 % в разрезе Обухово. Во многих разрезах отмечены единичные пыльцевые зерна *Abies alba*, но в разрезах юго-запада страны их количество достигает 9,1 % в разрезе Алексейки, 7,3 % в разрезе Ятвэзь. Присутствует пыльца *Larix sp.* и *Juniperus communis*, единично отмечены *Ephedra distachya*, *Taxus baccata*.

Пыльцы *Alnus* (*Alnus incana*, *A. glutinosa*) – до 30,1 % в разрезе Сидоровичи, 26,4 % в разрезе Яглевичи. Количество пыльцы *Betula* (*Betula pendula*, *B. pubescens*) составляет до 23,5 % в разрезе Большое Бахово, до 22,3 % в разрезе Сидоровичи. Пыльца кустарниковых пород представлена *Adoxaceae* (*Frangula alnus*, *Viburnum opulus*), *Salix sp.*, а также *Ligustrum vulgare*.

Среди пыльцы травянистых растений отмечены *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Apiaceae*, *Ranunculaceae*, *Cichoriaceae*, *Lamiaceae*, *Plantaginaceae*, *Rubiaceae* и др. Пыльца водных и прибрежно-водных растений представлена *Alismataceae*, *Nymphaeaceae*, *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*. Присутствуют споры *Bryales*, *Sphagnum*, *Lycopodium clavatum*, *L. complanatum L.*, *Polypodiaceae*, *Pteridium*, *Ophioglossum*.

Данная зона отражает фазу развития широколиственных и смешанных хвойно-широколиственных лесов. На севере территории произрастали сосново-еловые леса, реже лиственники с небольшой примесью других термофильных пород, чаще всего дуба. В восточной и юго-восточной частях были распространены липово-дубовые и дубово-сосновые леса с заметным участием ели и примесью широколиственных пород. На юго-западе территории селились дубовые и сосново-дубовые леса с участием лещины, пихты и ели.

Видовой состав термофильных пород оставался сходным с таковым в предыдущей фазе. Важнейшую роль играли дуб (дубы черешчатый, скальный, пушистый), липа (липы сердцевидная, крупнолистная, серебристая), вяз (вязы малый, гладкий, шершавый, пробковый), ольха (ольха серая и черная), присутствовали клен (клены платановидный, полевой и татарский), ясень высокий. Участие хвойных пород в составе лесов возросло – произрастали сосна обыкновенная, ель европейская, изредка пихта белая, тисс ягодный, лиственница. Небольшую примесь образовывала береза (березы пушистая, бородавчатая). Подлесок формировали кустарники семейства адоксовые (в том числе калина обыкновенная, крушина ломкая), бирючина обыкновенная, можжевельник обыкновенный, ива. Произрастали папоротники (в том числе орляк, ужовник).



**Рисунок 10 – Реконструкция палеотемпературных показателей \ для фазы brk 4 Quercus – *Ulmus* – *Corylus* \\\\\\ борковского интервала беловежского времени**

Среди травянистых растений и кустарничков присутствовали полыни и другие астровые, маревые, злаковые, гвоздичные, зонтичные, дербенниковые, лютиковые, вересковые, розоцветные, норичниковые, мареновые, маковые, подорожниковые, цикориевые, гречишные, яснотковые.

В палеоводоемах произрастали частуховые, кувшинковые (в том числе кубышки), урут, рдест, по берегам – рогозовые (рогоз широколистный и узколистный), осоковые. В напочвенном покрове присутствовали зеленые и сфагновые мхи, плауны (плаун булавовидный, плаун сплюснутый).

Для данной фазы получен диапазон палеотемператур, показанный на рисунке 11. Более низкие, чем в предыдущей фазе, палеотемпературные параметры, а также возрастающая роль хвойных пород в составе лесных ассоциаций свидетельствуют об изменении направленности развития природного процесса в сторону похолодания.

#### brk 6 *Pinus* – *Picea* (+*Abies* для западных районов) R PAZ

Наиболее подробно зона brk 6 охарактеризована в следующих разрезах: скв. 6, 1885 у д. Ятвэзь [1; 12], обн. Нижнинский Ров [10; 14; 24; 32], скв. 21Ф, 24Ф у г. Могилева [30], скв. 21.2 у д. Шилов Угол [38], расч. 1 у д. Обухово [26].

Рассматриваемая зона отличается снижением количества пыльцы термофильных пород вплоть до их полного исчезновения и одновременным увеличением доли пыльцы *Pinus* в составе спектров.

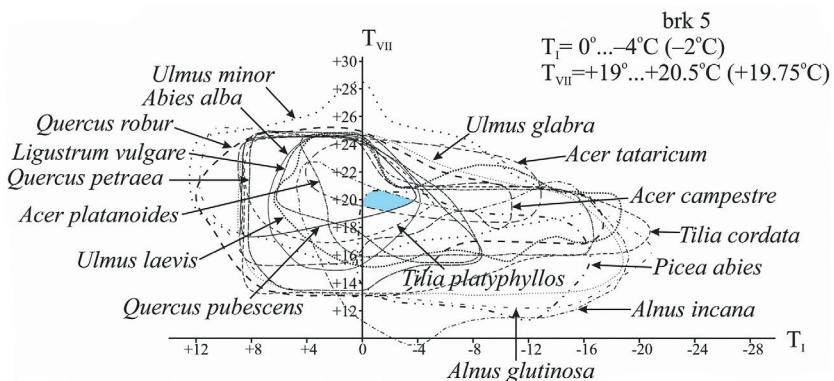
Так, содержание пыльцевых зерен *Pinus* (*Pinus sylvestris*) достигает 94,6 % в разрезе Шилов Угол, до 87,9 % в разрезе Алексейки. Количество пыльцы *Picea abies* несколько увеличивается, максимум ее отмечен в северных (до 34,4 % в разрезе Обухово) и восточ-

ных (до 22 % в разрезе Шилов Угол) разрезах. Присутствуют единичные пыльцевые зерна *Abies alba*, лишь в юго-западном разрезе Ятвэзь – до 1,5 %. Отмечена пыльца *Larix sp.*, *Juniperus communis*.

Пыльца термофильных пород представлена в значительно меньшем количестве по сравнению с предыдущей зоной. Содержание пыльцы *Quercus* (*Quercus robur*) – до 6,7 % в разрезе Алексейки, до 4 % в разрезе Обухово. Количество пыльцы *Ulmus* (*Ulmus laevis*) не превышает 3,6 % в разрезе Углы, 2,5 % в разрезе Шилов Угол. Содержание *Tilia* (*Tilia cordata*) – до 4 % в разрезе Обухово, до 3,2 % в разрезе Ятвэзь. Доля *Corylus* (*Corylus avellana*) снижается и составляет 9,8 % в разрезе Углы, до 3,7 % в разрезе Ляхи. Единично отмечены *Acer campestre*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*.

Содержание пыльцы *Betula* (*Betula pendula*, *B. pubescens*) достигает 29 % в разрезе Могилев, до 22,2 % в разрезе Ятвэзь. Количество пыльцевых зерен *Alnus* (*Alnus incana*, *A. glutinosa*) составляет примерно 2–3 %. Единично встречаются пыльцевые зерна *Salix sp.*, *Frangula alnus*, *Ligustrum vulgare*.

Пыльца трав и кустарничков представлена *Ericaceae*, *Asteraceae* (преимущественно *Artemisia*), *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, *Apiaceae*, *Polygonaceae*, *Rosaceae*, *Ranunculaceae*, *Polygonaceae* (в том числе *Polygonum bistorta L.*), *Caryophyllaceae*, *Lamiaceae*, *Valerianaceae*, *Lythraceae*, *Dipsacaceae*, *Euphorbiaceae*, *Droseraceae*, *Rubiaceae*, *Fabaceae*, *Cannabaceae*. Среди пыльцы водных и прибрежно-водных растений отмечены *Menyanthes trifoliata L.*, *Myriophyllum*, *Nymphaeaceae*, *Alismataceae*, *Potamogeton*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*. Среди спор присутствуют *Bryales*, *Sphagnum*, *Hypnum*, *Lycopodium clavatum*, *L. complanatum*, *L. inundatum*, *Polypodiaceae*, *Pteridium*, *Athyrium filix-femina*.



**Рисунок 11 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы brk 5 *Quercus – Picea* (+*Abies* для западных районов) борковского интервала беловежского времени**

Рассмотренная пыльцевая зона соответствует фазе развития хвойных сосново-еловых и елово-сосновых лесов с участием березы. На юго-востоке заметную примесь в лесах образовывала лещина, а на юго-западе дуб, изредка пихта.

Лесообразующими породами являлись сосна обыкновенная и ель европейская. В качестве примеси присутствовали береза (березы пушистая, бородавчатая), ольха (ольха черная и серая), изредка пихта белая, лиственница. Термофильные породы постепенно исчезали из состава лесов. В подлеске селились крушина ломкая, бирючина обыкновенная, можжевельник обыкновенный, ива. В напочвенном покрове лесов произрастали плауны (в том числе плаун булавовидный, плаун сплюснутый) и папоротники, среди которых присутствовали орляк и кочедыжник женский.

В состав травянистой растительности входили астровые (в основном полынь), маревые, злаковые, зонтичные, лютиковые, гречишные (в том числе горец змеинный), гвоздичные, яснотковые, розоцветные, валериановые, дербенниковые, ворсянковые, молочайные, роснянковые, мареновые, бобовые, кононцевые.

Палеоводоем населяли вахта трехлистная, уруть, представители кувшинковых, частуховых, рдестовых, по берегам селились осоковые, рогозовые (рогоз широколистный, узколистный) и др. На прибрежных увлажненных и заболоченных участках произрастали зеленые, гипновые и сфагновые мхи, плауны (ликоподиелла заливаемая).

В это время как летние, так и зимние палеотемпературы, вероятно, были более низкими, чем в предыдущей фазе (рис. 12). Полученные значения наиболее близки к современным температурам на территории Беларуси [8].

#### brk 7 *Pinus – Picea – Betula R PAZ*

Наиболее четко данная зона охарактеризована в разрезах скв. 6, 1885 у д. Ятвэзь [1; 12] и расч. 1 у д. Обухово [26].

Для зоны brk 7 характерно почти полное исчезновение из состава спектров пыльцы термофильных пород. Доминирует пыльца хвойных, в основном *Pinus sylvestris*, количество которой достигает 95 % в разрезе Борки, 93,5 % в разрезе Ятвэзь. Постоянно присутствует пыльца *Picea abies* (до 20,6 % в разрезе Бобруйск, до 18 % в разрезе Обухово). Содержание пыльцы *Betula* (*Betula pendula*, *B. pubescens*) возрастает и составляет до 36,7 % в разрезе Борки, до 35,8 % в разрезе Голубовка. Встречаются единичные пыльцевые зерна *Juniperus communis*, *Frangula alnus*, *Larix* sp., *Salix* sp.

Присутствует пыльца кустарников и трав, таких как *Artemisia*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Apiaceae*, *Rubiaceae*, *Ranunculaceae*, *Ericaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Polygonaceae* (в том числе *Polygonum bistorta*, *Rumex*), *Valerianaceae*, *Rosaceae*, *Pyrolaceae*. Пыльца водных и прибрежно-водных растений представлена *Myriophyllum*, *Alismataceae*, *Sparganium*. Отмечены споры *Bryales*, *Sphagnum*, *Lycopodium clavatum*, *L. complanatum*, *Polypodiaceae*, *Pteridium*, *Botrychium*.

В рассматриваемую фазу на территории исследований произрастали хвойные и мелколиственнико-хвойные леса. В северных районах преобладали елово-сосновые и сосново-еловые леса с участием березы. В центральных и восточных частях – березово-сосновые и сосново-березовые леса с примесью ели. На юго-западе территории селились преимущественно сосновые и березово-сосновые леса.

Произрастали такие виды, как сосна обыкновенная, ель европейская, березы пушистая и бородавчатая, изредка лиственница. В подлеске росли крушина ломкая, можжевельник обыкновенный, ива. В напочвенном покрове селились плауны (пла-

ун булавовидный, сплюснутый) и папоротники, среди которых отмечены орляк и гроздовник.

Луговая растительность была представлена полынью, злаковыми, маревыми, зонтичными, мареновыми, лютиковыми, вересковыми, астровыми, гвоздичными, гречишными (в том числе змеевик большой, щавель), валериановыми, розоцветными, грушанковыми и др. В палеоводоемах произрастали частуховые, уруть, ежеголовник, по берегам – травы семейства осоковые. На увлажненных местах селились зеленые и сфагновые мхи.

Для данной фазы получены значительно более низкие летние и особенно зимние палеотемпературы (рис. 13).

#### brk 8 Pinus – Betula – Larix R PAZ

Зона brk 8 представлена в немногочисленных местонахождениях и наиболее четко охарактеризована в разрезах скв. 6 и 1885 у д. Ятвэзь [1; 12].

Для данной зоны свойственно несколько большее участие в составе спектров пыльцы *Larix* sp.

(до 3,6 % в разрезе Большое Бахово, до 2,8 % в разрезе Ятвэзь), а также *Betula nana* и *B. humilis* (до 1,5 % в разрезе Ятвэзь). Количество пыльцы *Betula* sect. *Albae* составляет до 30,1 % в разрезе Обухово, до 21,9 % в разрезе Ятвэзь. Содержание пыльцы *Pinus sylvestris* по-прежнему велико и достигает 93,2 % в разрезе Ятвэзь. Пыльцевых зерен *Picea abies* – около 15 % в разрезах Обухово и Большое Бахово. Единично встречаются *Juniperus communis*, *Frangula alnus*, *Salix* sp.

Несколько увеличивается содержание в спектрах пыльцы кустарничков и трав (до 13,1 % в разрезе Ятвэзь), среди которых представлены *Artemisia*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Apiaceae*, *Ranunculaceae*, *Lamiaceae*, *Polygonaceae* (в том числе *Polygonum bistorta*, *Rumex*), *Ericaceae*, *Rosaceae*, *Boraginaceae* (*Symphytum*), *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Valerianaceae*, *Urticaceae*, *Cichoriaceae*, *Cistaceae* (*Helianthemum*).

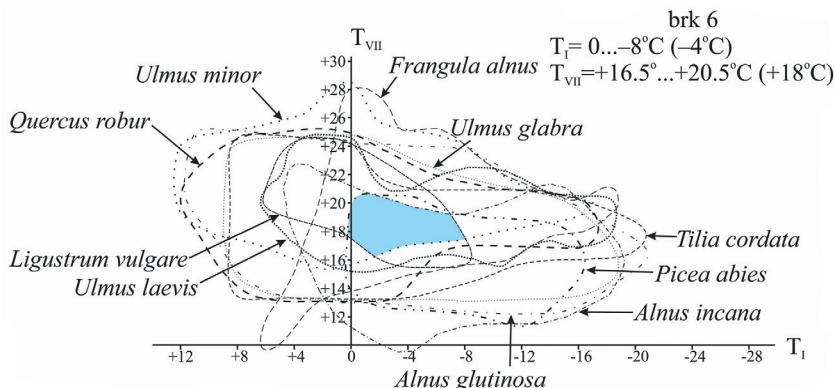


Рисунок 12 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы brk 6 *Pinus – Picea* (+*Abies* для западных районов) борковского интервала беловежского времени

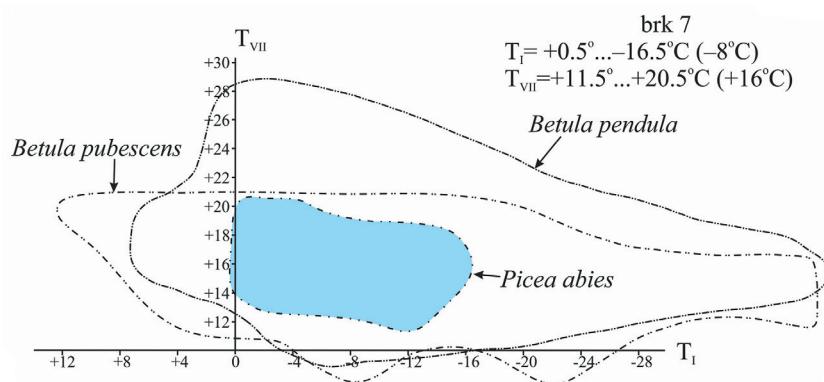


Рисунок 13 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы brk 7 *Pinus – Picea – Betula* борковского интервала беловежского времени

Среди пыльцы водных и прибрежно-водных растений отмечены *Alismataceae*, *Nuphar*, *Potamogeton*, *Myriophyllum*, *Sparganium*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*. Присутствуют споры *Bryales*, *Sphagnum*, *Lycopodium clavatum*, *L. complanatum*, *L. inundatum*, *Polypodiaceae*, *Pteridium*, *Botrychium*.

В это время на территории исследований были распространены смешанные мелколиственно-хвойные леса. В северной части территории произрастали елово-сосновые леса, южнее – елово-сосновые и сосновые леса с заметным участием березы и примесью лиственницы. В их составе по всей территории преобладали сосна обыкновенная, ель европейская, березы бородавчатая и пушистая. В подлеске селились крушина ломкая, можжевельник обыкновенный, ива. Уже в то время на открытых и заболоченных участках местами могли произрастать кустарниковые виды берез.

Постепенно расширялись площади, занятые травянистой растительностью, где произрастали полынь, маревые, зонтичные, злаковые, лютиковые, яснотковые, гречишные (змеевик большой, щавель), вересковые, розоцветные, бурачниковые (окопник), астровые, гвоздичные, ладанниковые (солнцецвет), валериановые, крапивные, цикориевые. В пределах палеоводоема селились частуховые, кубышка, рдест, уруть, роголистник, по берегам – осоковые, рогозовые (рогоз широколистный и узколистный). В напочвенном покрове росли сфагновые и зеленые мхи, плауны (плаун булавовидный, плаун сплюснутый, ликоподиелла заливаемая), а также папоротники (в том числе орляк и гроздовник).

Для рассматриваемой фазы получен диапазон палеотемператур, представленный на рисунке 14, свидетельствующий о дальнейшем похолодании климата.

Верхняя граница данной зоны является верхней границей борковского подгоризонта и совпадает с нижней границей нижнинского подгоризонта борковского горизонта плейстоцена Беларуси. Она проводится на основании существенных изменений состава спектров, а именно по резкому снижению количества пыльцы древесных пород и возрастанию процентного содержания пыльцы травянистых растений и кустарниковых берез.

Так, первая зона нижнинского подгоризонта нз 1 NAP – *Betula* – *Larix* PAZ, выделенная в отложениях таких разрезов, как Нижнинский Ров, Смолярка, Голицы и др., характеризуется содержанием пыльцы травянистых растений в составе спектров до 40,9 %, а *Betula nana* и *B. humilis* – до 15,2 %. Во время соответствующей фазы обширные территории постепенно занимали открытые пространства наподобие лесотундры. Зимние температуры, вероятно, находились в диапазоне  $-16.5^{\circ}\dots-2.5^{\circ}\text{C}$  (средние  $-9.5^{\circ}\text{C}$ ), а летние –  $+11.5^{\circ}\dots+16.5^{\circ}\text{C}$  (средние  $+14^{\circ}\text{C}$ ), то есть были еще ниже, чем в заключительной фазе борковского теплого интервала.

Общая динамика палеотемпературных параметров и растительных сообществ на протяжении всех рассмотренных фаз представлена на рисунке 15.

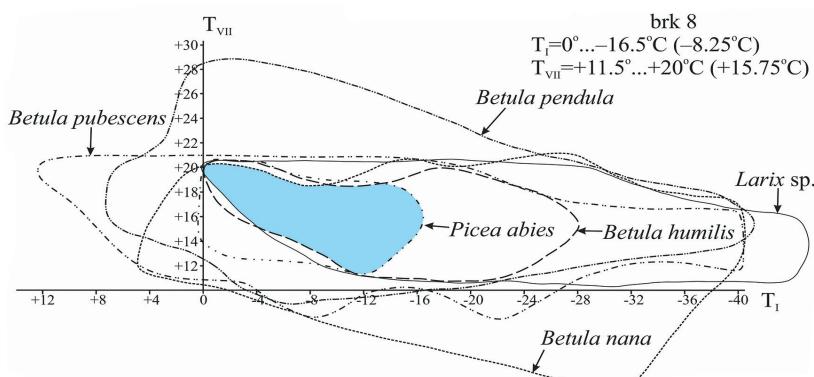


Рисунок 14 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы brk 8 *Pinus* – *Betula* – *Larix* борковского интервала беловежского времени



Рисунок 15 – Реконструкция динамики палеотемпературных показателей и растительных сообществ на протяжении изученного интервала среднего плейстоцена

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ спорово-пыльцевых данных, полученных из более чем 30 разрезов, вскрывших отложения борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси, позволил дать детальную характеристику каждой из пыльцевых зон, выделенных в составе этого подгоризонта. Уточнен видовой состав пыльцы некоторых важнейших древесных пород, что позволило выявить присутствие таких видов, как *Corylus colurna*, *Ulmus glabra*, *U. suberosa*, *Acer tataricum*, ранее не определявшихся в борковских отложениях. Все эти данные положены в основу реконструкции фаз развития растительности и климатических изменений на протяжении соответствующего интервала времени. Построены климатограммы, отражающие параметры температурного режима территории для каждой фазы.

Так, в заключительные фазы наревского оледенения господствовали тундростепи, которые с улучшением термических условий сменились лесотундрой, а затем, в начале теплого борковского времени, – мелколиственно-хвойными и хвойно-мелколиственными лесами.

В климатическом оптимуме борковского времени на территории исследований распространились широколиственные леса богатого таксономического состава. Температурные параметры этого времени достигали летом в среднем +21.25 °C, а зимой – +1.5 °C. Летние температуры были выше со-

временных приблизительно на 3 °C, а зимние – почти на 5 °C [8]. Они превышали таковые в оптимуме голоцена соответственно на 2 °C и 1,5 °C [11].

В дальнейшем вектор направленности природного процесса сменился в сторону похолодания. В составе лесов все большее участие стали принимать хвойные породы, пока регион исследований не заняли хвойные, а затем мелколиственно-хвойные и хвойно-мелколиственные лесные формации.

В начале нижнинского холодного интервала в результате дальнейшего прогрессирующего похолодания и деградации лесных ценозов на смену лесным ландшафтам пришли лесотундровые, где при общем доминировании открытых пространств произрастали лишь хвойно-мелколиственные редколесья. Последующие фазы отражают продолжающееся снижение теплообеспеченности территории.

Результаты обобщения результатов палинологических исследований отложений борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена по многочисленным разрезам на территории Беларусь будут способствовать уверенной внутрирегиональной и межрегиональной корреляции одновозрастных отложений, а выполненные реконструкции растительности и климата соответствующего интервала времени позволят расширить представления о динамике природной среды в среднем плейстоцене на территории западной части Восточно-Европейской равнины.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Березовский** страторайон плейстоцена Белоруссии / Ф. Ю. Величкевич [и др.]. – Минск : Навука і тэхніка, 1993. – 146 с.
2. **Богомолова, Л. Н.** Беловежские межледниковые отложения в стратотипическом разрезе у д. Борки / Л. Н. Богомолова, Т. Б. Рылова, Т. В. Якубовская // Проблемы плейстоцена. – Минск : Навука і тэхніка, 1985. – С. 135–143.
3. **Болиховская, Н. С.** Эволюция лёссово-почвенной формации Северной Евразии / Н. С. Болиховская. – М. : Изд-во МГУ, 1995. – 270 с.
4. **Борисова, О. К.** Палеофлористический метод / О. К. Борисова, Э. М. Зеликсон // Климаты и ландшафты Северной Евразии в условиях глобального потепления. Ретроспективный анализ и сценарии. Вып. III. – М. : ГЕОС, 2010. – С. 34–42.
5. **Вознячук, Л. Н.** К вопросу о геологическом возрасте отложений беловежского межледникова / Л. Н. Вознячук, Л. Т. Пузанов // Докл. АН БССР. – 1967. – Т. 11, № 8. – С. 713–716.
6. **Вознячук, Л. Н.** Отложения последнего межледникова на территории Белоруссии / Л. Н. Вознячук // Материалы по антропогену Белоруссии. – Минск : Навука і тэхніка, 1961. – С. 159–217.
7. **Вознячук, Л. Н.** Проблемы гляциоплейстоцена Восточно-Европейской равнины / Л. Н. Вознячук // Проблемы плейстоцена. – Минск : Навука і тэхніка, 1985. – С. 8–55.
8. **Географический** атлас учителя : пособие для учителей учреждений общего среднего образования / Л. В. Компанец [и др.]. – Минск : Белкартография, 2017. – 392 с.
9. **Гричук, В. П.** Реконструкция климатических показателей раннего кайнозоя по палеофлористическим данным / В. П. Гричук, Э. М. Зеликсон, О. К. Борисова // Климаты Земли в геологическом прошлом: сб. ст. – М. : Наука, 1987. – С. 69–77.
10. **Еловичева, Я. К.** Шкловские (рославльские) межледниковые отложения Белоруссии и смежных территорий / Я. К. Еловичева. – Минск : Навука і тэхніка. – 1979. – 184 с.
11. **Зерницкая, В. П.** Позднеледниковые и голоцен Беларуси: геохронология, осадконакопление, растительность и климат / В. П. Зерницкая. – Минск : Беларуская навука, 2022. – 303 с.
12. К стратиграфии среднего плейстоцена Беларуси / Ф. Ю. Величкевич [и др.] // Стратиграфия. Геологич. корреляция. – 1997. – Т. 5. – № 4. – С. 68–84.
13. Количествоные реконструкции климата Восточно-Европейской равнины за последние 450 тыс. лет / А. А. Величко [и др.] // Известия РАН. Сер. геогр. – 2004. – № 1. – С. 7–25.
14. **Кондратене, О. П.** Условия залегания и палинологическая характеристика межледниковых отложений в овраге Нижнинский Ров / О. П. Кондратене, А. Ф. Санько // Проблемы плейстоцена. – Минск : Навука і тэхніка, 1985. – С. 101–124.
15. **Куприянова, Л. А.** Палинология сережкоцветных / Л. А. Куприянова. – Л. : Наука, 1965. – 215 с.
16. **Куприянова, Л. А.** Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Том 1 / Л. А. Куприянова, Л. А. Алешина. – Л. : Наука, 1978. – 184 с.
17. **Куприянова, Л. А.** Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР / Л. А. Куприянова, Л. А. Алешина. – Л. : Наука, 1972. – 171 с.
18. **Лийвранд, Э. Д.** Методические проблемы палиностратиграфии плейстоцена / Э. Д. Лийвранд. – Таллин : Валгус, 1990. – 176 с.
19. **Махнач, Н. А.** О самостоятельности московского оледенения на территории Белоруссии / Н. А. Махнач // Докл. АН БССР. – 1966. – Т. 10, № 1. – С. 37–41.
20. **Махнач, Н. А.** Разрез рославльских (одинцовских, днепровско-московских) межледниковых отложений у г.п. Старобина / Н. А. Махнач // Стратиграфия, литология и полезные ископаемые БССР. – Минск : Навука і тэхніка, 1966. – С. 8–12.
21. **Махнач, Н. А.** Стратиграфическое значение растительности раннего и среднего антропогена Белоруссии / Н. А. Махнач // Материалы по антропогену Белоруссии. – Минск : Навука і тэхніка, 1961. – С. 116–158.
22. **Махнач, Н. А.** Стратиграфическое расчленение древнеозерных плейстоценовых отложений Речицкого Приднепровья / Н. А. Махнач, Т. Б. Рылова // Плейстоцен Речицкого Приднепровья Белоруссии. – Минск : Навука і тэхніка, 1986. – С. 56–75.
23. **Махнач, Н. А.** Этапы развития растительности Белоруссии в антропогене / Н. А. Махнач. – Минск : Навука і тэхніка, 1971. – 212 с.
24. **Нижнинский** Ров (стратотипический разрез Шкловского межледникова Белоруссии) / Г. И. Горецкий [и др.] – Минск : Навука і тэхніка, 1987. – 273 с.
25. **Новые** палеоботанические исследования древнеозерных плейстоценовых отложений разреза Красная Дуброва / Н. А. Махнач [и др.] // Неогеновые отложения Белоруссии. – Минск : Навука і тэхніка, 1982. – С. 37–53.
26. **Обнажение** Обухово – парагенетический тип беловежского межледникова Беларуси / А. Ф. Санько [и др.] // Литасфера. – 2004. – № 2 (21). – С. 38–51.
27. **Природные** условия микулинского (эмского) межледникова в Центральной и Восточной Европе. Сравнительный анализ / А. А. Величко [и др.] // Известия РАН. Сер. геогр. – 2004. – № 5. – С. 41–57.

28. **Рылова, Т. Б.** Биостратиграфическое расчленение беловежского и александрийского межледниковых горизонтов плейстоцена на территории Беларуси / Т. Б. Рылова // Докл. НАН Беларуси. – 1998. – Т. 42, № 4. – С. 114–117.
29. **Рылова, Т. Б.** Возраст и палеогеографические условия формирования плейстоценовых озерных отложений у г. Бобруйска / Т. Б. Рылова, Г. Г. Король, И. Е. Савченко // Докл. НАН Беларуси. – 2003. – Т. 47, № 5. – С. 88–93.
30. **Рылова, Т. Б.** Новые данные к стратиграфическому расчленению плейстоценовых отложений в районе г. Могилева / Т. Б. Рылова, А. К. Карабанов, И. Е. Савченко // Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений : материалы VIII Универ. геол. чтений, Минск, 3–4 апр. 2014 г. / редкол.: А. Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Цифровая печать, 2014. – Ч. 1. – С. 23–26.
31. **Рылова, Т. Б.** Разрез беловежского межледникового у д. Большое Бахово на востоке Беларуси / Т. Б. Рылова // Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений: материалы VIII Универ. геол. чтений, 3–4 апр. 2014 г., Минск, Беларусь / редкол. А. Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Цифровая печать, 2014. В 2-х частях. – Ч. 1. – С. 21–23.
32. **Рылова, Т. Б.** Растительность и климат межледниковых интервалов плейстоцена Беларуси по данным палинологических исследований / Т. Б. Рылова, И. Е. Савченко // Літасфера. – 2006. – № 1 (24). – С. 12–26.
33. **Рылова, Т. Б.** Региональные особенности палиностратиграфии муравинских отложений, межледниковой растительности и климата на территории Центральной Беларуси / Т. Б. Рылова, А. В. Шидловская // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 55–75.
34. **Санько, А. Ф.** Зуи – новое местонахождение беловежских отложений в Белорусском Поозерье / А. Ф. Санько, Т. Б. Рылова, К. Ю. Балашов // Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений : материалы VIII Универ. геол. чтений, Минск, 3–4 апр. 2014 г. / редкол.: А. Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Цифровая печать, 2014. – Ч. 1. – С. 27–30.
35. **Сладков, А. Н.** Определение видов *Lycopodium L.* и *Selaginella Spring.* по спорам и микроспорам / А. Н. Сладков // Труды института географии АН СССР. – 1951. – Вып. 50. – С. 167–199.
36. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры Европейской части СССР / А. Е. Бобров [и др.]. – Л. : Наука, 1983. – 208 с.
37. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объяснительная записка / под ред. С. А. Кручека [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 282 с. + приложение из 15 стратиграфических схем.
38. **Шидловская, А. В.** Палеоботаническое обоснование беловежского возраста древнеозерных плейстоценовых отложений, вскрытых у д. Шилов Угол в Могилевской области / А. В. Шидловская, Т. Б. Рылова, Т. В. Якубовская // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 38–54.
39. **Шидловская, А. В.** Палеоботаническое обоснование возраста древнеозерных отложений, вскрытых скважинами 2Р и 4Р у д. Черенки Чаусского района Могилевской области / А. В. Шидловская, Г. И. Литвинюк // Літасфера. – 2022. – № 1 (56). – С. 40–48.
40. **Шик, С. М.** Горизонты неоплейстоцена центра европейской России: сопоставление со ступенями общей стратиграфической шкалы, стратотипы и гипостратотипы / С. М. Шик // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. – 2014. – № 73. – С. 52–62.
41. **Якубовская, Т. В.** Новые данные о стратотипе беловежского межледникового / Т. В. Якубовская, Г. К. Хуревич, Т. Б. Рылова // Докл. АН БССР. – 1991. – Т. 35, № 3. – С. 262–265.
42. **Якубовская, Т. В.** Отложения и флора беловежского межледникового на востоке Беларуси / Т. В. Якубовская [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2005. – Т. 49, № 6. – С. 91–97.
43. Revised limit of the Saalian ice sheet in central Europe / L. Marks [et al.] // Quaternary International. – 2018. – Vol. 478. – P. 59–74.
44. **Walanus, A.** POLPAL program for counting pollen grains, diagrams plotting and numerical analysis / A. Walanus, D. Nalepka // Acta Palaeobotanica. – 1999. – Suppl. 2. – P. 57–67.
45. **Zagwijn, W. H.** The Cromerian Complex Stage of the Netherlands and correlation with other areas in Europe / W. H. Zagwijn // The Early Middle Pleistocene in Europe. – Rotterdam : Balkema, 1996. – P. 145–172.

Артыкул пастуپіў у рэдакцыю 27.03.2023

Рэцэнзент С. У. Дзямідава

**ПАЛІНАСТРАТЫГРАФІЯ І ЎМОВЫ ФАРМІРАВАННЯ АДКЛАДАЎ  
НАРАЎСКАГА (ВЕРХНЯЯ ЧАСТКА) І БЕЛАВЕЖСКАГА (БОРКАЎСКІ ПАДГАРЫЗОНТ)  
ГАРЫЗОНТАЎ ПЛЕЙСТАЦЭНУ БЕЛАРУСІ**

**Г. В. Шыдлоўская, Т. Б. Рылова**

ДНУ «Інстытут прыродакарыстання НАН Беларусі»  
вул. Ф. Скарыны, 10, 220076, Мінск, Беларусь  
E-mail: anne.shidlovska@gmail.com, rylova\_tatyana18@mail.ru

Абагульнены вынікі шматгадовых паліналагічных даследаванняў адкладаў боркаўскага падгарызонту белавежскага гарызонту плейстацэну Беларусі, а таксама падсцілаючых іх парод верхнай часткі нараўскага гарызонту. Даны дэталёвая харектарыстыка рэгіянальных пылковых зон, выдзеленых у разгледжаных адкладах. Выкананы рэканструкцыі расліннасці і палеатэмпературных параметраў для адпаведных інтэрвалоў часу.

**PALYNOSTRATIGRAPHY AND FORMATION CONDITIONS OF THE NAREVIAN  
(UPPER PART) AND BELOVEZHIAN (BORKOVIAN SUBHORIZON) HORIZONS  
OF THE PLEISTOCENE OF BELARUS**

**A. Shidlovskaya, T. Rylova**

Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus  
10 F. Skaryna St, 220076, Minsk, Belarus  
E-mail: anne.shidlovska@gmail.com, rylova\_tatyana18@mail.ru

The results of long-term palynological studies of the sediments of the Borkovian subhorizon (Belovezhian horizon, Pleistocene of Belarus) and underlying deposits of upper part of the Narevian horizon are summarized. A detailed description of the regional pollen zones identified in the considered sediments is given. Vegetation and paleotemperature parameters were reconstructed for the corresponding time intervals.

УДК 502/504:624.131 (476)

## КЛАССИФИКАЦІЯ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГІЧСКІХ СИСТЕМ БЕЛАРУСІ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ОСОБЕННОСТЕЙ ЛІТОТОПОВ І ИНЖЕНЕРНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

А. Н. Галкін<sup>1</sup>, В. А. Королев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Вітебскій гарадзянскі ўніверсітэт імя П. М. Машэрова  
Московскі прасп., 33, 210038, Вітебск, Беларусь

E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

<sup>2</sup>Московскій гарадзянскі ўніверсітэт імя М. В. Ломоносава  
Ленінскія горы, 1, 119991, Москва, Россия

E-mail: va-korolev@bk.ru

*В статье рассматриваются вопросы систематики эколого-геологических систем территории Беларуси на основе анализа взаимосвязи их абиотических (литотопа, эдафотопа, технических подсистем) и биотических (микробоценоза, фитоценоза, зооценоза) компонентов и их особенностей. Предложена классификация литотопов территории Беларуси, рассматриваемых как литогенная основа для экосистем. Разработаны подходы и классификации как природных, так и техногенных (техноприродных, природно-техногенных и антропогенных) эколого-геологических систем Беларуси. Изложенные классификации могут служить основой для изучения и характеристики эколого-геологических систем Беларуси при решении различных экологических проблем, а также при инженерно-экологических исследованиях и изысканиях.*

### ВВЕДЕНИЕ

Эколо-геологическая система (ЭГС) является основным объектом исследований экологической геологии и представляет собой часть экосистемы как совокупность абиотических и биотических компонентов. При этом среди абиотических компонентов ведущая роль отводится литотопу – литогенной основе экосистемы, геологическому массиву (грунтовой толще), сложенному теми или иными грунтами, от геологических особенностей которого зависят формирующиеся на нем почвы (эдафотоп) и биотические компоненты, взаимосвязанные друг с другом.

Понятие об ЭГС появилось в 1985 г. и неоднократно обсуждалось в литературе [23; 27]. Оно близко понятию «биогеоценоз», введенному В. Н. Сукачевым [22], но не тождественно ему. В 2009 г. В. Т. Трофимов детально проанализировал понятие ЭГС и ее структуру [26]. В его публикациях, посвященных ЭГС (их свыше тридцати), полно раскрываются структура и содержание эколого-геологических систем. Под последней стали понимать открытую динамичную систему, включающую три подсистемных блока (литосферный, абиотический, биотический) и источник природных и техногенных воздействий, тесно связанных прямыми и обратными причинно-следственными связями, обуславливающими ее структурно-функциональное единство [1]. «В практическом плане – это определенный объем литосферы с находящейся в ней и на ней биотой, включая человека и социум, на которые воздействуют природные и техногенные факторы, под влияни-

ем которых развиваются современные геологические процессы в названной системе, влияющие на условия жизни биоты в ее рамках. Эта система исследуется как многокомпонентная система, включающая породы, подземные воды, нефть и газы, геохимические и геофизические поля и протекающие современные геологические процессы, влияющая на существование и развитие биоты, в том числе и человеческого сообщества» [1, с. 207].

В рамках эколого-геологического направления исследований в настоящее время опубликованы работы по систематике эколого-геологических систем как сухопутных (континентальных), так и аквальных, как природных, так и техногенных применительно к территории России [15; 16]. Между тем для территории Беларуси подобных работ нет, как нет и публикаций, рассматривающих особенности ЭГС на этой территории. Поэтому цель настоящей статьи – восполнить данный пробел и обосновать систематику эколого-геологических систем Беларуси.

### СИСТЕМАТИКА ЛІТОТОПОВ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГІЧСКІХ СИСТЕМ БЕЛАРУСІ

Классификация эколого-геологических систем должна базироваться на систематике их литотопов. Поэтому достижение указанной цели необходимо начать с рассмотрения систематики литотопов территории Беларуси.

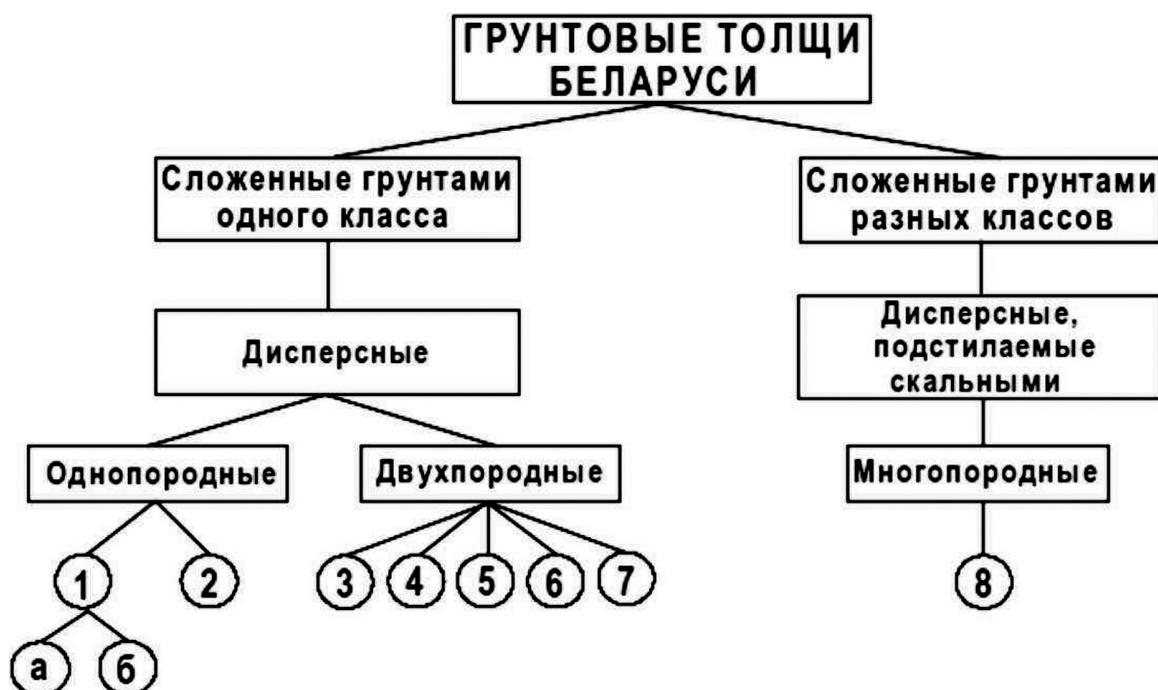
В основу систематики природных литотопов Беларуси может быть положена классификация

грунтовых толщ Беларуси, разработанная А. Н. Галкиным [3], показанная на рисунке 1. Она базируется на теоретических представлениях о признаках выделения и систематике грунтовых толщ [25], а также анализе инженерно-геологических условий Беларуси [4; 5; 6; 13].

По выделенным типам грунтовых толщ можно составить классификацию природных литотопов Беларуси, которая представлена в таблице 1.

Анализ этой классификации свидетельствует о том, что на большей части территории Белару-

си (99 % всей площади) развиты грунтовые толщи, сложенные дисперсными грунтами, представленные семью типами. Причем среди них наибольшее развитие получили монопородные толщи, сложенные глинистыми или песчаными грунтами. Выходы на поверхность массивов скальных грунтов или скальных массивов, перекрытых маломощным чехлом дисперсных грунтов, имеют ограниченное распространение.



**Рисунок 1 – Классификация грунтовых толщ Беларуси [3]:**

- 1 – глинистые: а) без включений крупнообломочного материала, б) с включениями крупнообломочного материала;
- 2 – песчаные;
- 3 – из песчаных грунтов, подстилаемых глинистыми;
- 4 – из лёссовых грунтов, подстилаемых преимущественно глинистыми;
- 5 – из лёссовых грунтов, подстилаемых преимущественно песчаными;
- 6 – из торфяных грунтов, подстилаемых преимущественно песчаными;
- 7 – из торфяных грунтов, подстилаемых преимущественно глинистыми;
- 8 – преимущественно из песчаных грунтов, подстилаемых скальными

**Таблица 1 – Классификация литотопов природных эколого-геологических систем Беларуси**

Класс литотопа	Группа литотопа	Тип литотопа	Подтип литотопа
Дисперсные	Монопородные	Глинистые	Суглинистые, супесчаные валунные
			Глинистые и суглинистые
		Песчаные	Аллювиальные, озерные, водно-ледниковые
			Эоловые перевеянные
	Двухпородные	Песчаные, подстилаемые глинистыми	
		Лёссовые	Лёссовые, подстилаемые глинистыми
			Лёссовые, подстилаемые песчаными
Дисперсные и скальные	Многопородные	Торфяные	Торфяные, подстилаемые песчаными
			Торфяные, подстилаемые глинистыми
		Песчаные, подстилаемые скальными и скальные	

Характеризуя монопородные литотопы территории страны следует отметить, что среди них широкое распространение получили массивы, сложенные различными по возрасту и генезису глинистыми грунтами. На севере страны – в Белорусском Поозерье – эти массивы выполнены верхнеплейстоценовыми поозерскими валунными моренными ( $gQ_3pz$ ) суглинками и супесями, которыми часто сформированы пологоволнистые равнины, и лимногляциальными ( $IgQ_3pz$ ) безвалунными ленточными глинами и суглинками, слагающими плоские низменные равнины. В центральной части республики они сложены среднеплейстоценовыми сожскими моренными ( $gQ_2sz$ ) суглинками, супесями, реже глинами, с обильным включением гравийно-галечного-валунного материала, часто перекрыты покровными суглинками. В геоморфологическом отношении эти массивы слагают моренные равнины центральной Беларуси. На юге страны, в пределах Белорусского Полесья, данный тип литотопа распространен весьма незначительно и представлен среднеплейстоценовыми днепровскими моренными ( $gQ_2dn$ ) валунно-галечными супесями и суглинками. Массивы глинистых грунтов спорадически обводнены – к ним приурочены грунтовые и напорные воды. Уровни воды устанавливаются на глубинах от одного до десятков метров.

Широким распространением пользуются песчаные литотопы. На значительной территории (преимущественно юг Беларуси) данный тип целиком сложен аллювиальными (a) и озерно-аллювиальными (la) грунтами, которые на отдельных участках перекрыты эоловыми (v) песками. В то же время в ряде районов страны песчаные массивы образованы отложениями другого генезиса: флювио- ( $fQ_3pz$ ) и лимногляциальными ( $IgQ_3pz$ ) – на севере и северо-востоке республики в пределах Полоцкой, Суражской и Лучосской низин, и флювиогляциальными ( $fQ_2dn-sz$ ) – на юго-западе, юго-востоке и в центральной части Беларуси. Пески большей частью разнозернистые; грунтовые воды, заключенные в них, залегают на глубинах 0,5–5 м, часто менее 2 м.

Среди дисперсных двухпородных литотопов на территории республики значительное распространение получили массивы песчаных грунтов, подстилаемых глинистыми. Верхняя, песчаная их часть представлена в одних районах поозерскими лимно- ( $IgQ_3pz$ ) и флювиогляциальными ( $fQ_3pz$ ) образованиями (в Белорусском Поозерье), в других (центральная часть Беларуси) – сожским ( $Q_2sz$ ) и днепровским ( $Q_2dn$ ) флювиогляциалом (f). Нижняя же их часть сложена в основном разновозрастными моренными (g) грунтами, а на севере страны – часто поозерскими озерно-ледниковыми ( $IgQ_3pz$ ) ленточными глинами. Пески преиму-

щественно разнозернистые, уровни грунтовых вод в них устанавливаются на глубинах 0,5–5 м.

Сравнительно небольшое распространение (до 15 % территории) среди дисперсных двухпородных литотопов имеют массивы, сложенные в верхней части лёссовыми образованиями ( $LQ_{3-4}$ ). Эти грунты представлены большей частью лёссовидной разностью и лишь на юге страны близки к типичным лёссам. Подстилаются они различными по строению и составу моренными, водо-ледниковыми, озерными, аллювиальными и другими генетическими типами четвертичных отложений. Массивы лёссовых грунтов обычно безводны. Грунтовые воды содержатся в подстилающих песчаных отложениях разного генезиса и залегают преимущественно на глубинах 3–5 м. В местах распространения подстилающих моренных грунтов подземные воды встречаются спорадически и устанавливаются на глубинах, иногда превышающих 10 м.

Несколько меньшим развитием по сравнению с массивами лёссовых грунтов пользуются литотопы с торфяной верхней частью. Мощность торфа в их разрезе изменяется от 0,5 до 9 м и более; в среднем по республике она составляет 1,9 м. Наиболее распространенными являются массивы из торфяных грунтов, подстилаемых преимущественно песчаными. В этом подтипе литотопа торф залегает большей частью на грунтах аллювиального и озерно-аллювиального комплексов. Широкое развитие он получил на юге страны – в пределах Белорусского Полесья. Севернее данный подтип развит несколько слабее, подстилающими грунтами здесь в основном являются сожские и поозерские водо-ледниковые пески. Массивы торфяных грунтов, подстилаемых преимущественно глинистыми, встречаются в основном в северной и центральной частях Беларуси. В основании массива здесь залегают поозерские лимногляциальные глины, моренные суглинки и супеси. Грунтовые воды в обоих подтипах литотопов торфяных массивов часто устанавливаются на глубинах менее 1 м, на осущенных торфяниках – до 3 м.

Литотопы массивов из дисперсных грунтов, подстилаемых скальными, или скальных, как уже отмечалось, имеют довольно ограниченное распространение. Среди этой группы выделяются массивы, сложенные в верхней части разреза преимущественно песчаными грунтами. Они располагаются небольшими участками на северо-востоке республики в долине р. Западная Двина в Белорусском Поозерье, на востоке страны в долине Сожа и в крайней южной части Белорусского Полесья на северных отрогах Украинского щита. Грунтовые воды в пределах данной группы литотопов часто залегают на глубинах менее 3 м.

## СИСТЕМАТИКА ПРИРОДНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЕЛАРУСИ

С учетом вышерассмотренной классификации литотопов ЭГС Беларуси можно предложить систематику природных континентальных ЭГС, развитых на этой территории (табл. 2). При этом возникает важный вопрос об учете для двухпородных массивов нижней грунтовой толщи, подстилающей верхнюю. В какой степени подстилающая грунтовая толща может оказывать влияние на биоценоз, формирующийся на поверхности перекрывающей ее верхней грунтовой толщи? Очевидно, что если мощность верхней грунтовой толщи значительна, то такое влияние вряд ли возможно. Как нам представляется, отражать в названии ЭГС и их компонентов подстилающие грунтовые толщи все же необходимо, поскольку видовой состав биоценоза, например, в пределах тех же торфяных массивов разных подтипов, будет отличаться. Особенно это необходимо для двухпородных массивов с незначительной мощностью верхней грунтовой толщи.

**Пелитофильные эколого-геологические системы** получили широкое распространение на территории Беларуси, часто приурочены к водораздельным участкам. Их *литотоп* сформировался под

влиянием аккумулятивной деятельности плейстоценовых (днепровского, сожского и поозерского) ледников и их водных потоков и представлен моренными и водоно-ледниковыми супесями, суглинками и глинами. *Эдафотопы* данных ЭГС имеют свои особенности. Хорошая дренированность поверхности рельефа пелитофильных ЭГС обусловила широкое развитие в их составе автоморфных почв, преимущественно дерново-подзолистых супесчаного и суглинистого состава. В нижних частях склонов, где наблюдается постоянный боковой приток влаги и поверхностное (склоновое) переувлажнение, возможно развитие дерновых заболоченных почв [10; 17]. *Микробиоценозы* данных ЭГС представлены низшими грибами, бактериями и актиномицетами [10]. *Фитоценозы* этих ЭГС представлены участками суходольных луговых низкорослых травостоев из мелких злаков (душистоколосковых, тонкополевицевых, трясунковых, белоусовых сообществ) и разнотравья, широколиственно-еловых, широколиственных и сосновых, реже еловых и дубовых лесов. *Зооценозы* пелитофильных ЭГС представлены различными беспозвоночными: червеобразными, насекомыми; и позвоночными: рептилиями и амфибиями; птицами; млекопитающими, среди которых отмечены насекомоядные, грызуны, копытные, хищники [28].

**Таблица 2 – Классификация природных континентальных эколого-геологических систем Беларуси**

Абиогенные компоненты ЭГС Биокосные компоненты ЭГС		Биокосные и биогенные компоненты				Типы ЭГС
		Биогенные компоненты ЭГС				
Тип литотопа	Подтип литотопа	Эдафотоп (почвы)	Микробиоценоз	Фитоценоз	Зооценоз	
Глинистых грунтов	Глинистый	Пелитофильный автохтонный	Пелитофитный	Пелитофильный	Пелитофильные	
Песчаных грунтов	Песчаный	Псаммофильный автохтонный	Псаммофитный	Псаммофильный	Псаммофильные	
Песчаных грунтов, подстилаемых глинистыми	Глинисто-песчаный	Пелито-псаммофильный автохтонный	Пелито-псаммофитный	Пелито-псаммофильный	Пелито-псаммофильные	
Лёссовых грунтов	Лёссовых, подстилаемых глинистыми	Пылеватый	Пелитофильный автохтонный	Пелитофитный	Пелитофильный	Глинисто-лёссовых массивов
	Лёссовых, подстилаемых песчаными	Песчано-пылеватый	Песчано-пелитофильный автохтонный	Песчано-пелитофитный	Песчано-пелитофильный	Песчано-лёссовых массивов
Торфяных грунтов	Торфяных, подстилаемых песчаными	Песчано-торфяной	Торфяно-болотный автохтонный	Гелофитный	Болотный	Песчано-торфяных массивов
	Торфяных, подстилаемых глинистыми	Глинисто-торфяной	Глинисто-торфяно-болотный автохтонный	Гелофитный	Болотный	Глинисто-торфяных массивов
Песчаные, подстилаемые скальными и скальные	Песчаных, подстилаемых скальными	Песчаный	Псаммо-петрофильный	Псаммо-петрофитный	Псаммо-петрофильный	Псаммо-петрофильные
	Скальных	-	Петрофильный	Петрофитный	Петрофильный	Петрофильные

**Псаммофильные эколого-геологические системы** в основном характерны для юга страны (Белорусского Полесья) и долин крупных рек (Днепр, Припять, Сож, Березина). Отдельные площади их распространения встречаются также в пределах Белорусского Поозерья. Образование этих ЭГС связано с деятельностью рек, озер, водно-ледниковых потоков и водоемов, аккумулировавших песок, который на отдельных участках был подвергнут переработке ветром. Для их *литотопа* часто характерна волнистая поверхность с относительными превышениями до 10 м [17]. Среди эдафотопов этих ЭГС преобладают дерново-подзолистые почвы, которые в условиях близкого залегания грунтовых вод в нижней части почвенного профиля приобретают глееватость. *Микробоценозы* данных ЭГС состоят из псаммофильных микроорганизмов, адаптированных к существованию в песчаных массивах [10]. Естественные *фитоценозы* представлены участками луговой растительности из злаковых, бобовых, осоковых сообществ и разнотравья, сосновых, широколиственно-сосновых и мелколиственных лесов, в редких случаях дубрав с характерными для них видами подлеска (можжевельник, крушина ломкая, жимолость, ракитник и др.) кустарничково-моховых растений (черника, вереск обыкновенный, тимьян обыкновенный, кислица, дубравное широкотравье, зеленые мхи и др.). *Зооценозы* данных ЭГС представлены псаммофильными беспозвоночными и позвоночными животными [28].

**Пелито- псаммофильные** ЭГС также относятся к числу доминантных на территории Беларуси. Их *литотоп* сформировался либо в зонах существования крупных приледниковых озер периода последнего поозерского оледенения и их последующей трансформации, либо в зонах, где происходило накопления песчаных и песчано-гравийно-галечных отложений текучих ледниковых вод в условиях, когда первичный рельеф основной морены перекрывался толщей песчаных осадков водных потоков деградирующего ледника. Почвы в составе эдафотопов преимущественно дерново-подзолистые супесчано-песчаные заболоченные, реже встречаются дерновые заболоченные. *Микробоценозы* состоят из сообществ псаммофильных микроорганизмов, адаптированных к существованию на песчаных заболоченных массивах грунтов [10]. *Фитоценозы* представлены участками со схожей с псаммофильными ЭГС луговой растительностью; среди лесов преобладают сосновые насаждения, которые чередуются с участками широколиственно-сосновых и мелколиственных со свойственными им видами подлеска, кустарничково-моховых растений [28]. Их *зооценозы* во многом схожи с предыдущими.

**Эколого-геологические системы глинисто-лессовых массивов** широкое развитие получили на Новогрудской, Минской, Оршанской возвышен-

ностях, Копыльской и Мозырской грядах, Оршанско-Могилевской равнине, приурочены они к высоким эродированным водоразделам, где почти сплошной лессовый покров, сформировавшийся в позднеледниковое время, сгладил первичную поверхность ледниковой аккумуляции – разновозрастных моренных суглинков и супесей. Здесь на глинисто-лессовых массивах сформировались эдафотопы из дерново-палево-подзолистых суглинистых почв, местами дерново-карбонатных выщелоченных, отличающихся высоким плодородием [10; 17], что в конечном итоге предопределило интенсивное их освоение и, как следствие, слабое развитие естественных эдафотопов. *Микробоценозы* данных ЭГС характеризуются преобладанием аэробных микробных сообществ [10]. *Фитоценозы* на этих территориях, занятых рассматриваемыми ЭГС, отличаются низкой лесистостью. Леса представлены преимущественно широколиственно-еловыми фитоценозами. В *зооценозах* данных ЭГС среди беспозвоночных многочисленны различные насекомые, устраивающие в лессах свои гнезда, а среди позвоночных – роющие животные [28].

**Эколого-геологические системы песчано-лессовых массивов** развиты практически на тех же территориях, что и глинисто-лессовых грунтовых толщ (Минская возвышенность, Копыльская гряда). Однако встречаются они реже и занимают небольшие участки. Формирование их *литотопа*, как и глинистого аналога, связано с аккумулятивной деятельностью днепровского и сожского ледников и их тальных вод. Эдафотопы представлены дерново-палево-подзолистыми легкосуглинистыми и супесчаными почвами [17]. Естественные *биоценозы* с небольшими различиями в видовом составе, преимущественно в частоте встречаемости, практически идентичны биоценозам ЭГС глинисто-лессовых массивов.

**Эколого-геологические системы песчано-торфяных массивов** распространены достаточно широко, занимают значительные территории на юге – в Полесской низменности и центральной (Верхне- и Центральноберезинская равнины) части Беларуси, меньше их в районах Белорусского Поозерья (Полоцкая низина), приурочены к понижениям речных террас и водоразделов в пределах водно-ледниковых низин и равнин с близким залеганием грунтовых вод (старицам, озерным котловинам). Эдафотопы представлены торфяно-болотными почвами, большей частью эвтрофными, в меньшей степени мезотрофными, имеющими нейтральную или слабокислую реакцию, содержащими большое количество азота, высокозольные, с низкой влагоемкостью. *Микробоценозы* довольно обильны и разнообразны: здесь представлены комплексы микроорганизмов (бактерий, актиномицетов, грибов), которые по

таксономической структуре и соотношению эколого-трофических групп резко отличаются от микробиологических комплексов других ЭГС [24]. Фитоценозы представлены коренными черноольховыми и пущистоберезовыми с гипново-осоковыми растительными сообществами. Зооценоз данного типа ЭГС весьма специфичен: здесь обитает множество различных насекомых, земноводных, пресмыкающихся, птиц, отдельных видов млекопитающих, ведущих часто полуводный образ жизни. Помимо постоянных представителей животного мира появляются изредка посещающие его виды парнокопытных и хищников: лоси, волки, еноты, норки и др. [28].

**Эколого-геологические системы глинисто-торфяных массивов** в отличие от предыдущих встречаются реже, в основном в северных и центральных районах страны – на Полоцкой низине, Пуховичской и Центральноберезинской равнинах. Их ландшафт часто представлен сожскими и поозёрскими моренными и водно-ледниковыми глинистыми грунтами, перекрытыми торфом различной мощности. Особенность данных ЭГС – специфический микрорельеф с понижениями и нерегулярными повышениями в виде гряд и кочек. Эдафотопы представлен почвами торфяно-болотными, олиготрофными, их экологическое и природоохранное значение намного превышает их оценку с точки зрения возможностей сельскохозяйственного использования (они обладают низкой зольностью, малой плотностью сложения, высокой влагоемкостью, имеют чрезвычайно кислую реакцию среды, обеднены кальцием и питательными элементами, весьма слабо насыщены основаниями) [10]. Численность и видовое разнообразие микроорганизмов большинства физиологических групп в составе микробоценозов данных ЭГС значительно ниже по сравнению с эколого-геологическими системами песчано-торфяных массивов [24]. Фитоценозы рассматриваемых ЭГС характеризуются господством сфагновых мхов (*Sphagnum* sp.), вересковых кустарничков. Древесные породы (в основном сосна – *Pinus sylvestris*) произрастают либо в угнетенном состоянии, либо образуют особые болотные экологические формы, создающие благоприятные условия жизни животных и обуславливающие их большое разнообразие. Зооценоз состоит из болотных насекомых, земноводных, пресмыкающихся, птиц, а также некоторых видов млекопитающих (например, представителей отрядов насекомоядных, парнокопытных и хищников) [28].

**Псаммо-петрофильные эколого-геологические системы** распространены довольно ограниченно, располагаясь небольшими участками в Белорусском Поозерье – в долине р. Западная Двина (г. п. Руба Витебского района), на востоке республики – в долине Сожа (городов Климовичи, Костюковичи

Могилевской области), и на юге страны – в Белорусском Полесье – в пределах Микашевичско-Житковичского выступа (г. Микашевичи Лунинецкого района Брестской области) и северных отрогов Украинского кристаллического щита (Лельчицкий район Гомельской области). Их ландшафты, как уже отмечалось ранее, представлены в нижней части либо карбонатными скальными (доломиты) и полускальными (мела) грунтами на северо-востоке и востоке страны, либо магматическими и метаморфическими скальными грунтами (граниты, гранодиориты, мигматиты и др.) на юге, перекрытыми преимущественно песчаными толщами различного генезиса (аллювиальными, озерными, водо-ледниковыми и др.). Эдафотопы данных ЭГС развиты спорадически, местами отсутствуют и представлены в основном песчаными дерново-подзолистыми почвами, местами, где получили распространение карбонатные породы, дерново-карбонатными или дерновыми, которые в условиях близкого залегания грунтовых вод в нижней части почвенного разреза нередко приобретают глееватость [10]. Естественные биоценозы представлены редкой луговой растительностью из злаковых, бобовых, осоковых сообществ и разнотравья, участками широколиственно-хвойных и мелколиственных лесов, иногда дубрав, с характерными для них видами подлеска, кустарничково-моховых растений, животного мира и микроорганизмов.

**Петрофильные эколого-геологические системы** развиты на территории Беларуси крайне ограниченно – на крайнем юге (д. Глушковичи Лельчицкого района) и в масштабах страны занимают весьма незначительную площадь. Тем не менее они представляют собой специфические ЭГС, резко отличающиеся по своим характеристикам от выше рассмотренных.

## СИСТЕМАТИКА ТЕХНОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЕЛАРУСИ

На техногенно освоенных территориях происходит трансформация природных ЭГС в техногене-природные или природно-техногенные. У первых природные компоненты изменены человеком в результате хозяйственной деятельности менее чем на 50 %, у вторых – более чем на 50 %. В обоих случаях в таких ЭГС сохраняются в той или иной степени природные компоненты или их реликты.

Классификация техногене-природных и природно-техногенных эколого-геологических систем Беларуси может основываться на систематике ландшафтных систем Беларуси, разработанной А. Н. Галкиным [7; 8]. Вариант такой классификации представлен в таблице 3.

**Таблица 3 – Классификация техноприродных и природно-техногенных эколого-геологических систем Беларуси**

Класс ЭГС	Типы ЭГС
Биолитотехнические ЭГС на п-м литотопе*	Сельскохозяйственные
	Лесохозяйственные
	Сельско-лесохозяйственные
Социолитотехнические ЭГС на п-м литотопе*	Рекреационные

\*Примечание: литотопы выделяются в соответствии с табл. 2.

**Сельскохозяйственные эколого-геологические системы** – весьма распространенный тип техноприродных и природно-техногенных эколого-геологических систем Беларуси, отличается широким многообразием, обусловленным в первую очередь неоднородностью состава техногенной составляющей, в которой по признаку прямого или опосредованного воздействия на природную подсистему ЭГС можно выделить собственно технические (животноводческие фермы, комплексы; механизированные хозяйства обслуживания аграрной техники – машинно-тракторные станции, мастерские и др.; кормохранилища; склады для хранения минеральных удобрений, ядохимикатов; выгребные ямы; навозохранилища и др.) и квазитехнические<sup>1</sup> (луга для выпаса скота и заготовки кормов; садовые участки с искусственными насаждениями и др.) объекты или системы. Последнее позволяет выделить сельскохозяйственные ЭГС нескольких видов: **животноводческие, складские, лугово-пастбищные, культурно-сенокосные, садовые** [7; 8].

Создание и функционирование данного типа ЭГС нередко приводит к существенному изменению их природных компонент. В местах расположения сельскохозяйственных ЭГС часто происходит загрязнение либо- и эдафотопов. Причем происходит оно практически на всех территориях размещения животноводческих ферм и комплексов, складов для хранения минеральных удобрений и ядохимикатов, навозохранилищ, на полях орошения животноводческими стоками и т. д.

При введении орошения изменяется тип водного режима: от обычно непромывного к промывному. Неумеренный выпас скота на пастбищных землях способствует появлению и развитию эрозионных процессов и, как следствие, падению продуктивности самих пастбищ. При этом надо заметить, что скот на пастбищах занимает определенную экологическую нишу в природном биогеоценозе, частично или полностью вытеснив из нее не без помощи человека многих представителей животного мира.

<sup>1</sup> Квазитехническая система в структуре ЭГС – это система, выполняющая функцию связующего звена во взаимодействии технического устройства с геологической средой и морфологически выраженная в виде антропогенных ландшафтов или антропизированных экосистем.

**Лесохозяйственные эколого-геологические системы** в региональном плане занимают значительные площади [19]. Их техногенная составляющая представлена комплексом хозяйств, обеспечивающих выращивание и заготовку леса. Сюда входят различная техника для проведения лесоустроительных и лесозаготовительных работ (собственно технические объекты), а также лесные массивы, вырубки, гари, прогалины, площади, занятые несомкнувшимися лесными культурами и др. (квазитехнические объекты). Их литотопы слагают толщи песчано-глинистых грунтов различного генезиса: моренных, водо-ледниковых, озерных, аллювиальных (за исключением болотных и эоловых), которые в ландшафтном отношении приурочены, в основном, к вторично водо-ледниковым, аллювиально-террасированным, озерно-ледниковым и камово-моренно-эрэзионным природно-территориальным комплексам [17]. Здесь произрастают преимущественно коренные насаждения, типичные формации лесной зоны: широколиственно-еловые – на севере, грабово-дубово-темнохвойные – в центральной части страны и широколиственно-сосновые (полесские) – на юге, со свойственными им фито- и зооценозами и микроорганизмами. В составе всех лесов преобладают сосновые – более 50 % лесопокрытой площади. Леса интенсивно вырубаются – среднегодовые заготовки древесины в Беларусь составляют 11–12 млн м<sup>3</sup> в год [14]. Это приводит не только к истощению запасов древесины и застанию площадей низкокачественными лесными породами, но и к активизации природных геологических и инженерно-геологических процессов. Так, например, сопоставление карты динамики лесов северо-запада Беларуси за период с 1800 по 1990 г. с картой современной экзогеодинамики этого же региона показало, что на площадях, измененных вырубкой леса, в настоящее время активно протекают плоскостная и линейная эрозии, гравитационные и болотообразовательные процессы. В то время как на территориях, занятых коренными лесными

массивами или измененных лесопосадкой, указанные процессы характеризуются весьма слабой активностью или вовсе не проявляют себя [6].

**Сельско-лесохозяйственные эколого-геологические системы** являются довольно распространенным типом техногенеральных ЭГС. Формируются они в зоне смешанных лесов, приурочены к центральным, восточным и южным районам страны [19]. Данный тип ЭГС рассматривается нами как переходный тип, включающий в себя признаки как сельскохозяйственных, так и лесохозяйственных эколого-геологических систем. Их отличительной особенностью является совместное присутствие в структуре технической составляющей ЭГС лугов для выпаса скота и заготовки кормов и лесных угодий в разных их сочетаниях [7; 8]. Абиотическая составляющая этих ЭГС (литотоп) представлена, как и у лесохозяйственных или сельскохозяйственных систем, массивами песчано-глинистых грунтов различного генезиса, в том числе и с маломощными торфяниками в верхней части разреза. В пределах сельско-лесохозяйственных ЭГС наблюдаются, в основном, слабые изменения составляющих их абиотических и биотических компонент. Здесь в наименьшей степени выражены эрозионные процессы.

**Рекреационные эколого-геологические системы** в региональном плане занимают более 11 % территории страны [19]. Как и другие техногенные и природно-техногенные, ЭГС отличаются большим разнообразием составляющих их технических объектов, среди которых по признаку прямого или опосредованного воздействия на природную подсистему ЭГС можно выделить собственно технические – туристические базы, дома отдыха, санатории с присущей им инфраструктурой, археологические и другие памятники, братские могилы, мемориальные комплексы, кладбища, и квазитехнические объекты (или системы) – заповедники, лесопарки, заказники и др. [7; 8]. Природный компонент этих видов ЭГС также весьма многообразен и представлен массивами грунтов разного состава (псамитовых, пелитовых, торфяных и др.) и генезиса, служащих либо основанием сооружений, либо субстратом квазитехнических систем, различными типами почв и биоценозов. Многообразие объектов технической составляющей рекреационных эколого-геологических систем позволяет выделить несколько их видов: **культурно-заповедная, оздоровительная, заповедно-лесопарковая и культурно-мемориальная ЭГС** [7]. Эти виды ЭГС отличаются друг от друга не только своим социально-хозяйственным назначением,

но и уровнем воздействия на природную подсистему при их функционировании. Основными загрязнителями лито- и эдафотопов здесь выступают высокомолекулярные органические вещества (белки), соединения азота, фосфаты, сероводород, микроорганизмы, среди которых преобладают сапропофиты. Глубина распространения загрязняющих веществ, в том числе микроорганизмов, может составлять 50–70 м и более в зависимости от периода функционирования захоронения [12]. Это создает не только экологические, но и инженерно-геологические проблемы, поскольку загрязнение грунтовых массивов органическими соединениями и микроорганизмами существенно снижает их деформационно-прочностные и фильтрационные свойства и резко повышает коррозионную активность грунтов [21].

### СИСТЕМАТИКА АНТРОПОГЕННО СОЗДАННЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЕЛАРУСИ

Главным отличием антропогенно созданных, или искусственных, эколого-геологических систем является преобладание в них искусственных компонентов, как абиотических, так и биотических. Если техногенные и природно-техногенные ЭГС, рассмотренные выше, формируются на природных литотопах, измененных в той или иной мере человеком, то антропогенные ЭГС формируются на искусственных литотопах. Поэтому в основу их систематики должна быть положена классификация искусственных литотопов, образующихся в процессе инженерно-хозяйственной деятельности человека. Пример такой классификации представлен в таблице 4.

В этой классификации выделяется девять видов искусственных литотопов ( $n = 1 \dots 9$ , где  $n$  – вид (номер) литотопа), которые могут служить литогенной основой для искусственных ЭГС. Наряду с этим классификация искусственных (антропогенных) эколого-геологических систем Беларуси также может основываться на систематике литотехнических систем страны, разработанной А. Н. Галкиным [8]. Вариант такой классификации представлен в таблице 5. В ней выделяемые типы ЭГС того или иного класса формируются на определенных литотопах, выделяемых в таблице 4. Например, ЭГС горнопромышленного класса могут формироваться на литотопах намывных ( $n = 1, 2$ ) или насыпных ( $n = 4, 5$ ) грунтов соответствующих видов; ЭГС агрономического класса могут формироваться на литотопах дисперсных грунтов теплиц ( $n = 8$ ) или земледельческих ( $n = 9$ ) и т. д.

**Таблица 4 – Систематика антропогенно созданных эколого-геологических систем элементарного уровня по литотопам (по [15])**

Класс литотопа	Тип литотопа	Вид литотопа	Преобладающие грунты	Техногенное воздействие	Тип ЭГС
Антропогенно созданный	Намывных грунтов	1. Дисперсный намывных массивов	Песчаные	Химическое, физико-химическое, биохимическое	Массивов дисперсных намывных грунтов
		2. Дисперсный хвостохранилищ и шламонакопителей	Песчаные, пылеватые, глинистые	То же	Массивов хвостохранилищ
	Насыпных грунтов	3. Дисперсный полигонов ТБО	От крупнообломочных до глинистых	То же	Массивов ТБО
		4. Дисперсный отвалов вскрышных и переотложенных грунтов	От крупнообломочных до глинистых	Механическое, химическое, физико-химическое, биохимическое	Массивов отвалов вскрышных или переотложенных грунтов
		5. Дисперсный золо- и шлакоотвалов	От песчаных до глинистых	То же	Массивов золо- и шлакоотвалов
		6. Дисперсный насыпных дамб (массивов)	От крупнообломочных до глинистых	То же	Насыпных дамб (массивов)
		7. Дисперсный дорожных насыпей	От крупнообломочных до песчаных	То же	Дорожных насыпей
		8. Дисперсный теплиц	Техноземы	То же	Теплиц
		9. Дисперсный земледельческий	Техноземы	То же	Земледельческих массивов

**Таблица 5 – Классификация антропогенно созданных эколого-геологических систем Беларуси**

Класс ЭГС	Типы ЭГС
Горнопромышленные на п-м литотопе*	Шахтно-отвальные Карьерно-отвальные Нефтегазопромышленные Торфянопромышленные
Промышленные на п-м литотопе*	Производственные Складские
Оборонно-промышленные на п-м литотопе*	Военно-производственные Военно-складские Военно-дорожные Военно-аэродромные
Селитебные на п-м литотопе*	Жилые Общественные Жилищно-коммунальные
Транспортно-коммуникационные на п-м литотопе*	Дорожные Аэродромные Промышленно-продуктопроводные
Агрономические на п-м литотопе*	Тепличные Земледельческие

\*Примечание: литотопы (n = 1...9) выделяются в соответствии с табл. 4.

В классе горнопромышленные эколого-геологические системы **шахтно-отвальный тип ЭГС** имеет ограниченное распространение. Формируются они исключительно в местах добычи и переработки калийных солей. Так, например, на базе Старобинского месторождения Солигорского горнопромышленного района (ГПР) созданы и работают четыре рудоуправления ОАО «Беларуськалий» [18], каждое из которых состоит из рудника и обогатительной фабрики. По уровню техногенного преобразования природной подсистемы шахтно-отвальные ЭГС относятся к числу наиболее трансформированных в Беларуси [9].

Широким распространением на территории республики пользуются **карьерно-отвальные эколого-геологические системы**, формирующиеся в местах

разработки открытым способом сырья для строительных материалов. Это легкоплавкие глины и суглинки (около 500 месторождений), песчано-гравийно-галечные материалы (100), силикатные и строительные пески (20), цементное (13), известковое (50) сырье, строительный камень (4) [20]. Создаются глубокие карьеры, формируются большие объемы техногенных грунтов – отвалы вскрышных пород. В бортах карьеров и на отвалах часто развиваются гравитационные процессы, иногда значительных масштабов.

**Нефтегазопромысловые эколого-геологические системы** возникли в местах добычи нефти и попутного газа на юге Беларуси в пределах Припятского прогиба. В настоящее время открыто 90 месторождений нефти и газоконденсата, 65 из которых находятся

в разработке. Глубина залегания продуктивных пластов, приуроченных главным образом к верхнедевонским породам, составляет от 1900 м (на Речицком месторождении) до 3800 м (на Южно-Осташковичском месторождении) [20]. Особенностью функционирования нефтегазопромысловых эколого-геологических систем являются масштабные техногенные изменения их геологической подсистемы.

**Торфяно-промышленные эколого-геологические системы** являются типичными для территории республики, тяготеют они преимущественно к Полесской низменности. Добыча торфа производится на промышленной основе с применением большого количества техники. За последние 60 лет в Беларуси торфоразработками нарушено более 1,3 тыс. месторождений торфа общей площадью около 300 тыс. га. После отработки торфяные площади почти повсеместно рекультивируются, в отличие от карьерно-отвальных, и передаются в сельскохозяйственное использование [9].

Весьма специфичен класс **промышленных эколого-геологических систем**, в котором в зависимости от особенностей хозяйственной деятельности выделяются производственный и складской виды ЭГС. Из них наибольшим распространением на территории страны пользуются **производственные ЭГС**, отличающиеся многообразием технических объектов, каждый из которых имеет свое определенное функциональное назначение и свой набор инженерных сооружений.

**Складские ЭГС** объединяют различного рода складские, технопарковые сооружения, крупные промышленные шламонакопители и шламоотвалы, а также полигоны и свалки твердых промышленных отходов (ТПО). Наиболее остро в республике стоит проблема создания и эксплуатации полигонов для захоронения ТПО и осадков промышленных сточных вод (ОПСВ).

Не менее специфичен класс **оборонно-промышленных эколого-геологических систем**, занимающий значительную площадь в стране и отличающийся весьма широким разнообразием технических объектов [9; 29]. Основными среди этих объектов являются: военные городки с присущими им жилищно-коммунальными службами, системами связи и службами обеспечения; автодороги, взлетно-посадочные полосы и (или) стартовые ракетные комплексы; авиакапониры и площадки для размещения авто- и бронетехники; склады горюче-смазочных материалов, ракетного топлива и окислителей; погрузочно-разгрузочные платформы на авто- и железнодорожных коммуникациях; склады взрывчатых и отравляющих веществ; полигоны различного назначения (танкодромы, стрельбища, полигоны для бомбометания и пр.); площадки для очистки и мытья военной техники и вооружений; военные промышленные комплексы и пред-

приятия; места захоронения радиоактивных и других высокотоксичных отходов; специальные свалки; очистные сооружения [9]. Учитывая широкое многообразие объектов технической и геологической подсистем рассматриваемых ЭГС, можно выделить несколько их типов – **военно-производственные, военно-складские, военно-дорожные и военно-аэродромные** [7; 8]. Они часто сочетаются друг с другом (например, в пределах военных баз [29]).

**Класс селитебные эколого-геологические системы** объединяет сеть населенных пунктов (технических систем), которая представлена в Беларуси 115 городами, 85 поселками городского типа и 23 027 сельскими поселениями [2]. Их геологическая подсистема представлена в основном массивами четвертичных песчано-глинистых грунтов, имеющих повсеместное распространение и служащих в большинстве случаев основанием фундаментов зданий и сооружений.

По функциональному назначению можно выделить три типа селитебных ЭГС: **жилой застройки, общественной застройки, жилищно-коммунальные** (котельные, свалки твердых коммунально-бытовых отходов, очистные сооружения) [7; 8]. Технические подсистемы указанных типов ЭГС по-разному оказывают воздействие на геологическую составляющую этих систем, что является причиной возникновения различных инженерно-геологических процессов. Наибольшей интенсивностью на этих участках отличается нитратное загрязнение. В водах колодцев и неглубоких скважин содержание нитратов часто возрастает до  $300\text{--}600 \text{ мг}/\text{дм}^3$ , достигая в отдельных случаях  $1200\text{--}2492 \text{ мг}/\text{дм}^3$  [9].

**Класс транспортно-коммуникационные эколого-геологические системы** отличается большим разнообразием технических объектов (таких как авто- и железные дороги, продуктопроводы, взлетно-посадочные полосы аэродромов, АЗС, вокзалы, депо, ангары, парки, различная техника и др.) и их пространственным размещением. Они могут формироваться как на больших территориях, так и на локальных участках. Это позволяет выделить несколько типов транспортно-коммуникационных ЭГС: **автодорожные, железнодорожные, аэродромные, промышленно-продуктопроводные** [7; 8]. Геологическая подсистема этих ЭГС в основном представлена массивами четвертичных песчано-глинистых грунтов, служащими основаниями зданий и сооружений. Создание и функционирование транспортно-коммуникационных ЭГС, как правило, приводят к изменениям всех компонентов природной среды [11].

В классе **агрономические эколого-геологические системы** по особенностям возделывания земель и выращивания культур выделяют **тепличные и земледельческие** типы ЭГС, имеющие весьма широкое распространение и охватывающие значительные площади. Отличаются они большим разнообразием

формирующего их субстрата, и приурочены большей частью к вторично-моренным, холмисто-моренно-эрзационным, моренно-озерным и лёссовым ландшафтам, различающимся между собой особенностями рельефа, составом почвенного покрова и подпочвенных грунтов, степенью дренированности, характером протекания различных экзогенных процессов, микробоценозами, растительными и животными организмами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно заключить, что на территории Беларуси развиты многообразные типы как природных, так и техногенных эколого-геологических систем, в которых определяющую роль играют их литотопы. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Предложена классификация литотопов территории Беларуси, рассматриваемых как литогенная основа для формирующихся на них экосистем.

2. Разработаны подходы и классификации как природных, так и техногенных (техно-природных, природно-техногенных и антропогенных) эколого-геологических систем территории Беларуси, основанные на учете особенностей литотопов и инженерно-хозяйственных объектов.

3. Представленные классификации могут служить основой для изучения и характеристики эколого-геологических систем Беларуси при решении различных экологических проблем, а также при инженерно-экологических исследованиях и изысканиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Базовые** понятия инженерной геологии и экологической геологии: 280 основных терминов / под ред. В. Т. Трофимова. – М. : ОАО «Геомаркетинг», 2012. – 320 с.
2. Беларусь в цифрах [Электронный ресурс] / Президент Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://president.gov.by/ru/belarus/numbers>. – Дата доступа: 07.02.2023.
3. Галкін, А. Н. Грунтавыя толщи Беларусі / А. Н. Галкін // Літасфера. – 2016. – № 1 (44). – С. 68–75.
4. Галкін, А. Н. Инженерная геология Беларуси. Основные особенности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий и история их формирования / А. Н. Галкін, А. В. Матвеев, В. Г. Жогло. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2006. – 208 с.
5. Галкін, А. Н. Инженерная геология Беларуси : в 3 ч. / под науч. ред. В. А. Королева. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2016–2018. – Ч. 1 : Грунты Беларуси / А. Н. Галкін. – 2016. – 367 с.
6. Галкін, А. Н. Инженерная геология Беларуси : в 3 ч. / под науч. ред. В. А. Королева. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2016–2018. – Ч. 3 : Региональная инженерная геология / А. Н. Галкін, А. В. Матвеев. – 2018. – 183 с.
7. Галкін, А. Н. Литотехнические системы Белоруссии: закономерности функционирования, мониторинг и инженерно-геологическое обоснование управления: автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук : 25.00.08 / А. Н. Галкін. -- М. : МГУ им. М. В. Ломоносова, 2014. – 37 с.
8. Галкін, А. Н. О новом подходе к инженерно-геологической типизации литотехнических систем территории Белоруссии / А. Н. Галкін // Инженерная геология. – 2014. – № 3. – С. 46–59.
9. Галкін, А. Н. Особенности функционирования литотехнических систем территории Белоруссии / А. Н. Галкін, В. А. Королев // Инженерная геология. – 2014. – № 4. – С. 28–44.
10. География почв Беларуси : учеб. пособие / Н. В. Клебанович [и др.]. – Минск : БГУ, 2009. – 198 с.
11. Геологическое пространство как экологический ресурс и его трансформация под влиянием техногенеза / В. Т. Трофимов [и др.]; под ред. В. Т. Трофимова. – М. : Академическая наука – Геомаркетинг, 2014. – 566 с.
12. Дацко, Р. Э. Микробиота в геологической среде: ее роль и последствия / Р. Э. Дацко // Сергеевские чтения. Вып. 2. Материалы годичной сессии Науч. совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, Москва, 22 марта 2000 г. / РАН, Ин-т геоэкологии РАН ; ред. кол.: В. И. Осипов (отв. ред.) [и др.]. – М. : ГЕОС, 2000. – С. 72–77.
13. Инженерная геология Беларуси : в 3 ч. / под науч. ред. В. А. Королева. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2016–2018. – Ч. 2 : Инженерная геодинамика Беларуси / А. Н. Галкін [и др.]. – 2017. – 452 с.
14. Каштельян, Т. В. Формирование системы воспроизводства лесных ресурсов Беларуси / Т. В. Каштельян // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2017. – № 1. – С. 40–50.
15. Королёв, В. А. К построению общей классификации континентальных эколого-геологических систем / В. А. Королёв, В. Т. Трофимов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 2022. – № 1. – С. 54–61.
16. Королёв, В. А. Систематика водных (аквальных) эколого-геологических систем / В. А. Королёв, В. Т. Трофимов // Инженерная геология. – 2022. – Том XVII, № 1. – С. 48–63.
17. Ландшафты Белоруссии / Г. И. Марцинкевич [и др.]. – Минск : Университетское, 1989. – 206 с.
18. Муравейко, В. Анализ охраны окружающей среды на ОАО «Беларуськалий» / В. Муравейко, К. М. Мукина // Сахаровские чтения 2017 года: экологические проблемы XXI века : материалы междунар. науч. конф., Минск, 18–19 мая 2017 г. : в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та ; под ред. С. А. Маскевича, С. С. Понзяка. – Минск, 2017. – Ч. 2. – С. 162–163.
19. Нацыянальны атлас Беларусі. – Мінск : Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Сав. Мін. Рэсп. Беларусь, 2002. – 292 с.

20. Основы геологии Беларуси / А. С. Махнач [и др.]; под общ. ред. А. С. Махнача. – Минск, 2004. – 391 с.
21. Панкратова, К. В. Некоторые негативные последствия контаминации подземного пространства Санкт-Петербурга при решении проблемы его освоения / К. В. Панкратова, А. П. Черемхина // Современные проблемы освоения недр : материалы I Всерос. заоч. с междунар. участ. науч.-практ. конф. молод. ученых, аспир. и студ., Белгород, 5–20 мая 2011 г. / Нац. исслед. ун-т «БелГУ», Бел. рег. отд. РОМГИФ. – Белгород, 2011. – С. 33–37.
22. Сукачев, В. Н. Идея развития в фитоценологии / В. Н. Сукачев // Советская ботаника. – 1942. – № 1–3. – С. 5–17.
23. Теория и методология экологической геологии / под ред. В. Т. Трофимова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 368 с.
24. Торф как среда обитания микроорганизмов [Электронный ресурс] / Зооинженерный факультет РГАУ-МСХА. – Режим доступа: <https://www.activestudy.info/torf-kak-sreda-obitaniya-mikroorganizmov/?ysclid=ldlcupha9t282862885>. – Дата доступа: 02.02.2023.
25. Трофимов, В. Т. Грунтовые толщи, признаки их выделения и классификация / В. Т. Трофимов // Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы / под ред. Е. М. Сергеева. – М. : Недра, 1985. – С. 128–137.
26. Трофимов, В. Т. Эколого-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы / В. Т. Трофимов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 2009. – № 2. – С. 48–52.
27. Трофимов, В. Т. Экологическая геология в программе «Университеты России» / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 1994. – № 3. – С. 117–120.
28. Физическая география Витебской области : учеб. пособие / А. Н. Галкин [и др.]; под ред. А. Н. Галкина. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2021. – 242 с.
29. Экология территории бывших военных баз / А. В. Кудельский [и др.] // Літасфера. – 1997. – № 7. – С. 153–166.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 20.02.2023

Рэцэнзент А. В. Мацвеев

## КЛАСІФІКАЦЫЯ ЭКОЛАГА-ГЕАЛАГІЧНЫХ СІСТЭМ БЕЛАРУСІ НА АСНОВЕ ЎЛІКУ АСАБЛІВАСЦЕЙ ЛІТАТОПАЎ І ІНЖЫНЕРНА-ГАСПАДАРЧЫХ АБ'ЕКТАЎ

**A. M. Галкін<sup>1</sup>, V. A. Карапеў<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П. М. Машэрава  
Маскоўскі прасп., 33, 210038, Віцебск, Беларусь  
E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

<sup>2</sup>Маскоўскі дзяржаўны ўніверсітэт імя М. В. Ламаносава  
Ленінскія горы, 1, 119991, Москва, Расія  
E-mail: va-korolev@bk.ru

У артыкуле разглядаюцца пытанні сістэматыкі эколага-геалагічных сістэм тэрыторыі Беларусі на аснове аналізу ўзаемасувязі іх абіятычных (літатопа, эдафатопа, тэхнічных падсістэм) і біятычных (мікрабацэнозу, фітацэнозу, зоацэнозу) кампанентаў і іх асаблівасцей. Прапанавана класіфікацыя літатопаў тэрыторыі Беларусі, якая разглядаюцца як літагенная аснова для экасістэм. Распрацаваны падыходы і класіфікацыі як прыродных, так і тэхнагенных (тэхна-прыродных, прыродна-тэхнагенных і антрапагенных) эколага-геалагічных сістэм Беларусі. Выкананыя класіфікацыі могуць служыць асновай для вывучэння і харэктарыстыкі эколага-геалагічных сістэм Беларусі пры вырашэнні розных экалагічных проблем, а таксама пры інжынерна-екалагічных даследаваннях і пошуках.

## CLASSIFICATION OF ECOLOGICAL-GEOLOGICAL SYSTEMS OF BELARUS BASED ON THE FEATURES OF LITHOTOPS AND ENGINEERING OBJECTS

**A. Galkin<sup>1</sup>, V. Korolev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Vitebsk State University named after P.M. Masherov  
33 Moscovski Avenue, 210038, Vitebsk, Belarus

E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University

1 Leninskie Gory, 119991, Moscow, Russia

The article deals with the taxonomy of ecological-geological systems of the territory of Belarus based on the analysis of the relationship between their abiotic (lithotope, edaphotope, technical subsystems) and biotic (microbocenosis, phytocenosis, zoocenosis) components and their features. A classification of lithotopes in the territory of Belarus, considered as a lithogenic basis for ecosystems, is proposed. Approaches and classifications of both natural and technogenic (techno-natural, natural-technogenic and anthropogenic) ecological-geological systems of Belarus have been developed. The above classifications can serve as a basis for studying and characterizing the ecological and geological systems of Belarus in solving various environmental problems, as well as in engineering and environmental studies and surveys.

## ГЕАХІМІЯ

УДК 551.464.6.02; 551.734.2; 551.734.3 (476)

### ІЗОТОПЫ УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА В СРЕДНЕЭЙФЕЛЬСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ БЕЛАРУСИ

А. А. Махнач<sup>1</sup>, Б. Г. Покровский<sup>2</sup>, О. В. Мурашко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Государственное предприятие «НПЦ по геологии»  
Филиал «Институт геологии»

ул. Акад. Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь  
E-mail: amahnach1951@gmail.com

<sup>2</sup>Геологический институт РАН  
Пыжевский пер., 7, 119017, Москва, Россия  
E-mail: pokrov@ginras.ru

Статья содержит результаты изотопно-геохимического изучения глинисто-карбонатных и карбонатно-глинистых отложений городокского горизонта (средний эйфель) Беларуси в разрезах пяти скважин – Северо-Полоцкой (на юго-востоке Латвийской седловины), Быховской (в зоне сочленения Оршанской впадины и Жлобинской седловины), Кормянской (на Жлобинской седловине), Приволье (на Северо-Припятском плече Припятского прогиба) и ГГК-1 (на юго-западном краю Воронежской антеклизы). Установлены углеродно-изотопные сигналы нормальной морской седиментации, активизации роли вод континентального стока, влияния окисления органического вещества в осадке. Во всех разрезах доминируют значения  $\delta^{18}\text{O}$ , характерные для эйфельских морских карбонатов и несколько более высокие, возможные, обусловленные испарением морской воды. В узком интервале разреза скв. ГГК-1, сложенного чистыми от глинистой примеси, кавернозно-пористыми и трещиноватыми доломитами, отрицательный сдвиг  $\delta^{18}\text{O}$  обусловлен катагенетической перекристаллизацией пород в среде инфильтрационных подземных вод.

#### ВВЕДЕНИЕ

В 2019–2022 гг. нами были выполнены изотопно-хемостратиграфические исследования карбонатных и карбонатсодержащих нижне-среднедевонских отложений в отдельно взятых разрезах пяти скважин на территории Беларуси (рис. 1) [2; 3; 12; 13; 17; 18]. В настоящей статье приведены результаты сопоставления изотопных данных по этим разрезам для образований среднего эйфеля, представленных в Беларуси городокским горизонтом. Он коррелируется с клинцовским и мосоловским горизонтами Московской синеклизы и лейвуским подгоризонтом наровского горизонта Литвы [1; 7; 8; 24].

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Скважины, давшие материал для статьи, про бурены на разных тектонических структурах Беларуси и выстраиваются в профиль с северо-запада на юго-восток (см. рис. 1). Это параметрические скважины Северо-Полоцкая (на юго-востоке Латвийской седловины), Быховская (в зоне сочленения Оршанской впадины и Жлобинской седловины), Кормянская (на Жлобинской седловине), Приволье

(на Северо-Припятском плече Припятского прогиба) и картировочная скважина ГГК-1 (в Клинцовском грабене на юго-западном краю Воронежской антеклизы).

Литостратиграфическое расчленение этих разрезов выполнено А. Г. Лапцевич, О. Ф. Кузьменковой, Г. Д. Стрельцовой и Н. С. Яковлевой (Институт геологии, Минск). Ими же при полевом описании керна скважин была собрана коллекция образцов, из которых 236 проб карбонатных и карбонатсодержащих пород городокского горизонта было использовано для определения изотопного состава углерода и кислорода и карбонатности пород и 231 – для определения содержания органического углерода ( $C_{\text{org}}$ ).

Разрешение построенных кривых вариаций изотопного состава углерода и кислорода в городокском горизонте, определяемое метражом разреза, охарактеризованным одним образцом, оказалось следующим: скв. Северо-Полоцкая – 0,8 м, Быховская – 1,4 м, Кормянская – 1,1 м, Приволье – 0,6 м, скв. ГГК-1 – 0,7 м. Эти цифры свидетельствуют о высокой детальности изучения разрезов.

Изотопные определения производились на масс-спектрометре Delta V Advanced с использованием установки Gas-Bench-I в лаборатории

геохимии изотопов и геохронологии Геологического института РАН (Москва). Их результаты даны относительно следующих стандартов:  $\delta^{13}\text{C}$  – PDB,  $\delta^{18}\text{O}$  – PDB. Точность (воспроизводимость) измерений находится в пределах  $\pm 0,2\text{‰}$ . Карбонатность пород газометрическим методом и содержание Сорг по-

средством оксидометрии определялись в Институте геологии (Минск) Г. И. Лучиной.

Авторы благодарны указанным выше коллегам, способствовавшим формированию массива фактических данных, использованных в статье.

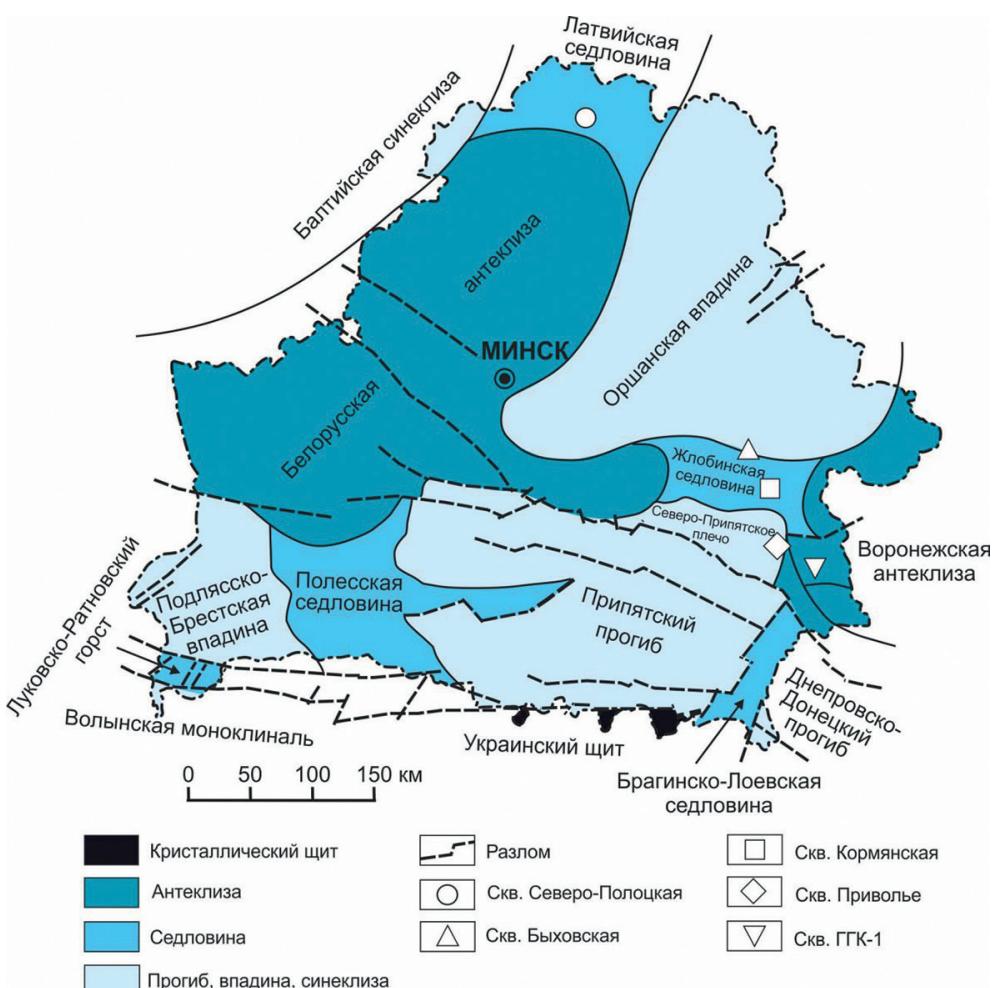


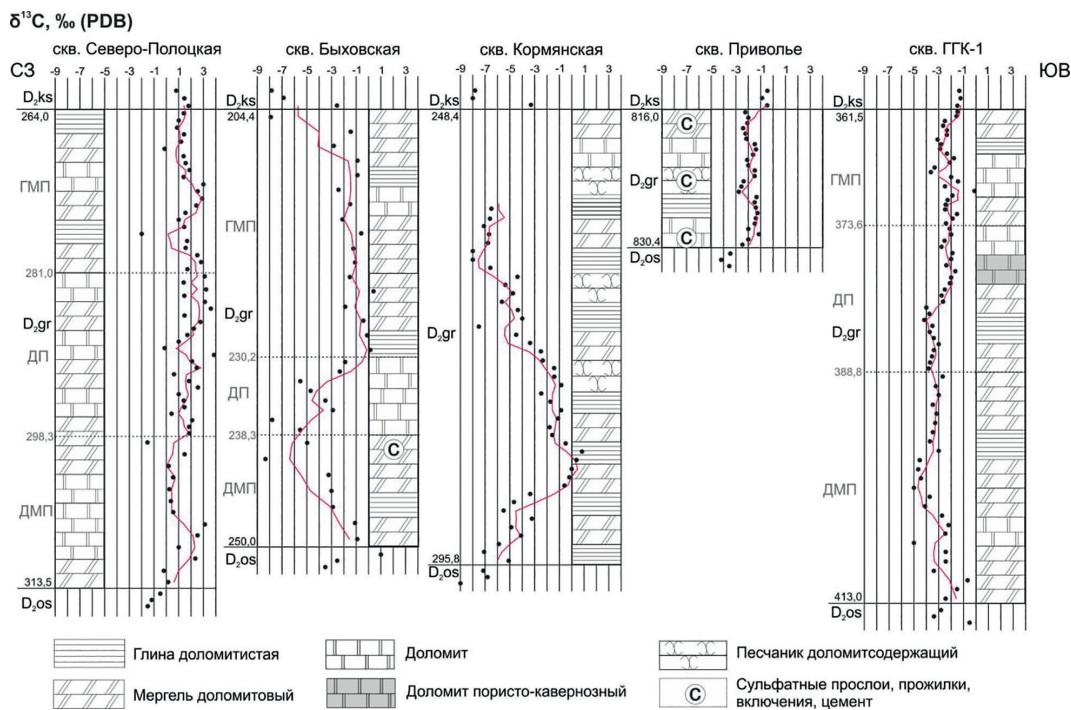
Рисунок 1 – Расположение скважин, материалы по которым использованы в работе, на схеме тектонического районирования территории Беларуси [5]

## ЛИТОЛОГИЯ

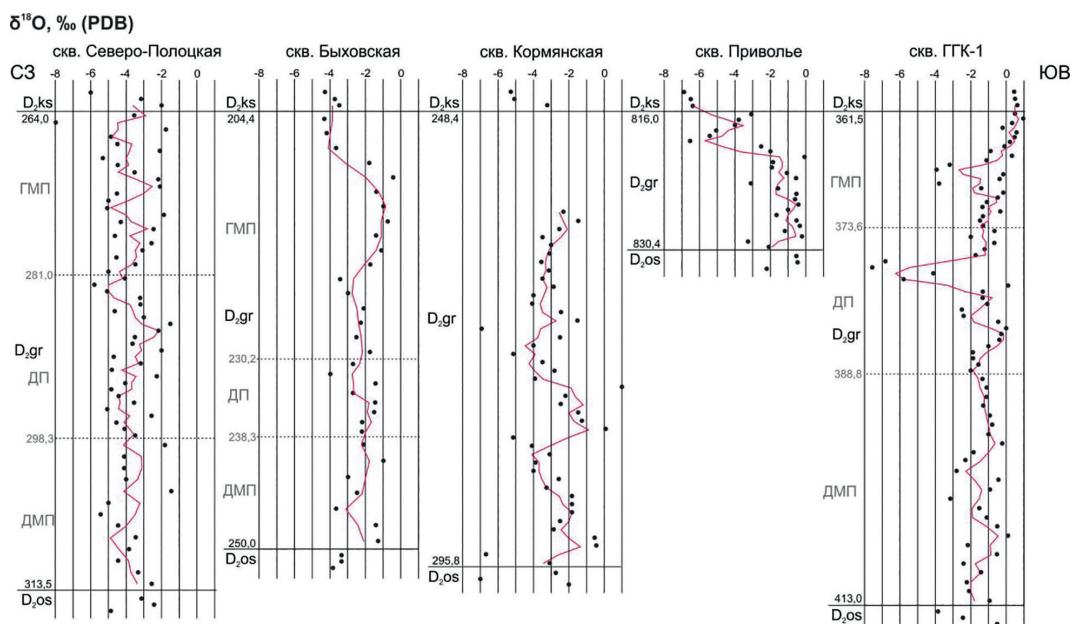
Во всех пяти изучавшихся разрезах (рис. 2, 3) отложения городокского горизонта подстилаются образованиями освейского горизонта нижнего эйфеля (дорогобужский горизонт Московской синеклизы или вадъяский подгоризонт наровского горизонта Литвы) и перекрываются породами костюковичского горизонта верхнего эйфеля (черноярский горизонт Центрального девонского поля, кярнавский подгоризонт наровского горизонта Литвы) [1; 7; 8; 24].

В разрезе скв. Северо-Полоцкая городокский горизонт залегает в интервале глубин 264,0–313,5 м, имеет мощность 49,5 м и подразделяется на три пачки. В нижней, доломитово-мергельной (15,2 м),

преобладают серые, светло-серые и пестроцветные («яшмовидные») доломитовые мергели, присутствуют глинистые доломиты и доломитистые глины. Средняя, доломитовая, пачка (17,3 м) сложена глинистыми и известковистыми пелитоморфными и микрокристаллическими доломитами, иногда водорослевыми и кавернозными, а также доломитовыми мергелями. Окраска пород серая, светло-, бежево- и зеленовато-серая. Верхняя, глинисто-мергельная, пачка (17,0 м) представляет собой переслаивание серых и пестроокрашенных доломитистых глин, зеленовато-серых и бурых доломитовых мергелей, серых и зеленовато-серых глинистых и известковистых доломитов, пелитоморфных и микрокристаллических, интервалами кавернозных.



**Рисунок 2 – Вариации изотопного состава углерода в отложениях городокского горизонта (D<sub>2</sub>gr) среднего эйфеля на территории Беларуси. Точки – фактические значения  $\delta^{13}\text{C}$ ; кривые – линии вариаций, слаженных методом скользящего среднего (шаг 3); D<sub>2</sub>os – освейский горизонт, D<sub>2</sub>ks – костюковичский горизонт; пачки: ДМП – доломитово-мергельная, ДП – доломитовая, ГМП – глинисто-мергельная; цифры слева от графиков – глубины залегания кровли и подошвы городокского горизонта и границы между пачками (м)**



**Рисунок 3 – Вариации изотопного состава кислорода в отложениях городокского горизонта (D<sub>2</sub>gr) среднего эйфеля на территории Беларуси. Точки – фактические значения  $\delta^{13}\text{C}$ ; кривые – линии вариаций, слаженных методом скользящего среднего (шаг 3); D<sub>2</sub>os – освейский горизонт, D<sub>2</sub>ks – костюковичский горизонт; пачки: ДМП – доломитово-мергельная, ДП – доломитовая, ГМП – глинисто-мергельная; цифры слева от графиков – глубины залегания кровли и подошвы городокского горизонта и границы между пачками (м)**

В Быховском разрезе городокского горизонта (204,4–250,0 м; мощность 45,6 м) снизу вверх выделяются доломитово-мергельная (11,7 м), доломитовая (8,1 м) и глинисто-мергельная (25,8 м) пачки. Первая сложена чередованием преимущественно глинистых доломитовых мергелей и доломитов с редкими прослойками известняков и оранжевого гипса. Вторая представлена светло-бежевыми и кремово-серыми доломитами, массивными, с сульфидной минерализацией по субвертикальным трещинам, а также глинистыми доломитами и доломитовыми мергелями. Существенно отметить, что на ряде участков распространения доломитовой пачки на территории Северной и Средней Беларуси в породах отмечаются многочисленные субгоризонтальные и субвертикальные короткие и тонкие (от долей миллиметра до 3 мм) разрывы с неровными краями (пустоты усыхания, фенестры). Кроме того, в ряде мест, в том числе и в непосредственной близости от скв. Быховская, встречаются заполненные нацело или частично кальцитом полости, имеющие форму кубов с вогнутыми гранями [19]. Очень вероятно, что эти полости – следы растворения кристаллов галита в неполностью литифицированных отложениях. Неполная литифицированность осадка могла обеспечить искажение формы образующейся полости, занятой растворяющимся кристаллом. На повышенную соленость вод, в которых происходило накопление доломитовой пачки, указывает также монотаксонный состав акритарх, которые представлены здесь тонкостенными лейосферами диаметром 30–50 мкм [21]. В третьей (глинисто-мергельной) пачке городокского горизонта доминируют доломитовые мергели; реже встречаются доломитистые глины и глинистые доломиты; отмечены также редкие прослои пелитоморфных и кавернозно-пористых строматолитовых известняков.

Породы городокского горизонта в скв. Кормянская (248,4–295,8; мощность 47,4 м) представлены серыми и темно-серыми доломитовыми мергелями, серыми доломитами, преимущественно пелитоморфными, иногда с онколитами водорослей, прослойми пористыми и кавернозными. Отмечаются также пропластки глин и песчаников.

Городокский разрез скв. Приволье (816,0–830,4; 14,4 м) сложен чередованием серых и светло-серых, иногда коричнево-зеленых пестро окрашенных доломитовых мергелей, глинистых и известковистых доломитов (интервалами водорослевых) и реже встречающихся доломитистых глин, песчаников и алевролитов. Характерно присутствие гипса в субвертикальных прожилках, секущих мергели и доломиты, и в цементе песчаников (наряду с карбонатами).

В скв. ГГК-1 городокский горизонт (361,5–413,0 м) имеет мощность 51,5 м и подразделяется на три пачки. В нижней, доломитово-мергельной (24,2 м), преобладают доломитовые мергели, встречаются прослои доломитистых глин и глинистых доломитов, реже – песчаников и алевролитов. Породы зеленовато- и бежево-серые, реже имеют пеструю (бордово-зеленую) окраску. В средней, доломитовой, пачке (15,2 м) доминируют доломиты, обычно сероцветные, пелитоморфные, микро- и реже мелкокристаллические. Отмечаются интервалы трещиноватых и пористо-кавернозных доломитовых пород, прослои доломитовых мергелей и доломитистых глин. Верхняя, глинисто-мергельная, пачка (12,1 м) представлена пестроцветными (зеленые, серые, бордовые тона) «яшмовидными» доломитовыми мергелями с прослойками доломитов, в том числе глинистых и известковистых, и доломитистых глин.

Как видим, городокская толща в четырех из пяти выбранных для изотопно-геохимического изучения разрезах (Северо-Полоцком, Быховском, Кормянском и ГГК-1) характеризуется довольно близкими мощностями и глубинами залегания. Выбивается из общего ряда разрез Приволье, где мощность городокских отложений на 31–37 м меньше, а глубина залегания на 454–612 м больше, чем в остальных скважинах. Вещественное наполнение всех разрезов в основном одинаковое – доминируют доломитовые мергели, доломитистые глины и глинистые доломиты. Вместе с тем в разрезах скв. Быховская и Приволье, в отличие от других, имеются проявления гипса.

## ГЕОХИМИЯ ИЗОТОПОВ

О диапазоне вариаций и изменчивости изотопного состава углерода и кислорода в породах городокского горизонта, а также о структуре частотного распределения значений  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  в изучавшихся разрезах дают представление таблица 1 и рисунки 2, 3, 4. Отклонения значений  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  от свойственных морским седиментационным карбонатам требуют рассмотреть ряд возможных факторов распределения изотопов.

### Континентальный сток

Изотопы углерода. Хорошо известно, что увеличение роли континентального стока в геохимической системе седиментации морских карбонатов приводит к их изотопно-углеродному облегчению в связи обогащенностью вод суши почвенным углеродом [25].

**Таблица 1 – Изотопный состав углерода и кислорода карбонатов в отложениях городокского горизонта (средний эйфель) Беларуси**

Глубина, м	Литология	Кальцит, %	Доломит, %	C <sub>opr</sub> , %	δ <sup>13</sup> C, ‰ (PDB)	δ <sup>18</sup> O, ‰ (PDB)
<b>Скв. Северо-Полоцкая</b>						
265,0	Мергель известковисто-доломитовый	10,6	59,2	0,22	1,3	-3,6
265,2	Глина доломитистая	нет	13,0	0,30	1,0	-8,0
267,4	Доломит известковистый	8,4	91,6	0,11	0,8	-1,7
268,4	Глина доломитистая	нет	16,5	0,31	1,4	-4,8
269,0	Доломит глинистый	-"-	83,7	0,18	1,2	-4,5
269,7	Доломит известковистый глинистый кавернозный	19,9	67,2	0,13	-0,2	-2,1
270,0	Глина доломитистая	нет	14,6	0,28	1,3	-5,3
270,1	Доломит известковистый	24,1	71,9	0,21	1,6	-4,4
271,5	-"-	9,7	90,3	0,12	1,9	-3,6
271,7	-"-	17,8	79,3	0,18	1,4	-2,2
273,2	Доломит глинистый	нет	79,4	0,18	3,0	-2,1
273,8	Доломит известковистый глинистый кавернозный	15,6	70,7	0,25	2,6	-4,6
274,2	Доломит глинистый	0,2	80,4	0,23	2,9	-5,0
275,0	-"-	4,7	72,7	0,42	2,3	-5,1
275,5	Доломит известковый	35,9	64,1	0,20	1,6	-1,8
275,6	Глина доломитистая	нет	13,1	4,38	1,0	-4,3
275,9	Доломит известковистый кавернозный	20,9	79,1	0,73	1,3	-2,4
276,0	Глина доломитистая	нет	5,8	9,19	-2,0	-4,7
276,3	Доломит известковый	33,3	66,7	0,29	1,7	-2,6
276,5	Доломит известковый глинистый	27,2	64,7	0,31	1,6	-3,1
276,7	Мергель доломитовый	4,4	68,6	0,40	2,5	-4,6
278,0	Доломит известковый	33,4	66,6	0,22	2,8	-3,4
278,1	Глина доломитистая	нет	11,9	0,72	1,7	-5,0
281,1	Доломит известковистый	21,2	76,2	0,19	3,1	-4,1
281,3	Мергель известково-доломитовый	14,6	56,4	0,36	1,3	-5,8
281,5	Мергель доломитовый	1,2	49,0	0,45	3,2	-5,1
281,9	Доломит известковый кавернозный с сульфидами	38,7	61,3	0,49	1,4	-3,2
282,5	Доломит известковистый	7,5	91,5	0,32	3,1	-3,2
283,2	Мергель доломитовый	4,3	61,4	0,60	3,7	-4,7
283,6	Доломит известковый	28,9	65,0	0,29	1,4	-3,0
284,5	Доломит известковый кавернозный с сульфидами	31,6	68,4	0,28	2,8	-1,5
284,7	Доломит известковистый кавернозный	15,7	84,3	0,29	2,2	-2,2
285,9	-"-	17,4	82,6	0,33	1,7	-3,6
286,8	Мергель доломитовый	3,4	61,6	16,96	1,0	-3,7
287,0	Доломит известковый кавернозный	27,7	72,0	0,36	-0,2	-2,0
287,5	Доломит известковистый глинистый	16,8	68,2	0,35	3,9	-4,7
287,9	Доломит	3,4	96,0	2,72	2,1	-3,2
289,5	Мергель доломитовый	нет	35,2	0,43	2,4	-4,8
290,1	Доломит известковистый кавернозный	24,0	76,0	0,57	0,7	-2,2
290,2	Доломит известковистый	7,7	88,0	0,50	1,8	-4,1
291,6	Мергель доломитовый	0,7	50,3	0,35	2,6	-4,8
293,0	Доломит известковый кавернозный	26,6	73,2	0,32	1,0	-4,4
293,4	Доломит глинистый	4,9	87,4	0,33	1,3	-3,6
294,7	Мергель доломитовый	нет	57,2	0,64	1,4	-5,1
295,1	Доломит известковистый глинистый	10,7	80,9	0,23	0,4	-2,6
296,7	Доломит глинистый	0,9	75,5	0,24	2,1	-4,6
297,4	-"-	4,0	73,8	0,52	1,8	-4,1
297,9	Доломит известковистый с сульфидами	9,0	91,0	0,23	1,8	-3,5
298,3	Доломит песчаный	1,3	66,9	0,19	-1,6	-1,8
298,4	Мергель доломитовый	нет	51,1	0,38	1,4	-4,1

Продолжение табл. 1

Глубина, м	Литология	Кальцит, %	Доломит, %	$C_{\text{opr}}^{\circ}$ %	$\delta^{13}\text{C}$ , ‰ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ , ‰ (PDB)
<b>Скв. Северо-Полоцкая</b>						
300,9	Глина доломитистая	—"–	19,5	0,29	0,1	-4,1
302,7	Алевроліт доломитовый	—"–	38,8	0,19	0,6	-4,0
303,2	Доломит известковистый	8,8	91,2	0,09	0,2	-1,5
304,0	Глина доломитистая	нет	14,2	0,51	0,3	-5,0
304,5	Мергель доломитовый глинистый	2,1	38,2	0,33	0,6	-5,4
305,6	Мергель доломитовый	нет	57,8	0,21	3,1	-4,4
306,6	Мергель доломитовый	7,5	52,5	0,22	2,5	-3,4
307,0	Доломит известковистый	19,9	77,8	0,19	1,0	-3,8
309,0	Доломит глинистый	6,1	71,5	0,18	2,3	-4,4
310,2	Глина доломитистая алевритистая	нет	17,1	0,20	-0,2	-3,3
312,7	Доломит глинистый	—"–	84,2	0,12	0,1	-2,6
<b>Скв. Быховская</b>						
204,6	Глина доломитистая	0,9	7,9	0,45	-7,9	-4,3
205,6	Мергель доломитовый	4,3	51,8	0,92	-1,5	-4,2
206,3	Мергель глинистый доломитовый	2,7	41,7	1,05	-2,8	-3,7
206,8	Глина доломитистая	0,2	20,8	0,43	-0,9	-1,8
208,0	—"–	1,6	17,4	0,17	-0,9	-0,4
209,3	Доломит известковистый глинистый	13,0	81,0	0,17	-2,4	-1,4
212,0	Мергель доломитовый	4,9	54,3	0,12	-1,5	-1,0
213,0	Доломит глинистый известковистый	11,1	72,7	0,17	-2,1	-0,8
215,5	Мергель известковисто-доломитовый	6,3	68,3	0,26	-0,7	-1,4
216,0	Песчаник с карбонатным цементом	нет данных		0,28	-1,2	-1,1
216,0	Мергель глинистый доломитовый	0,4	36,1	0,34	-1,1	-1,8
222,3	Глина доломитистая	0,2	11,2	0,91	-1,6	-3,4
224,0	Мергель глинистый доломитовый	0,4	25,2	0,33	0,3	-3,0
225,0	Глина доломитистая	1,1	15,6	0,24	-1,9	-2,1
226,0	Мергель глинистый доломитовый	2,3	28,1	0,20	-0,4	-2,3
228,0	—"–	2,7	41,4	0,33	-0,1	-2,6
229,5	—"–	0,4	51,8	0,34	0,1	-1,8
231,0	Доломит глинистый известковистый	4,9	72,9	0,33	-1,9	-2,7
232,2	Мергель глинистый доломитовый	0,9	32,3	0,86	-2,3	-4,0
233,6	Доломит глинистый известковистый с сульфидной минерализацией	7,5	80,8	0,34	-5,6	-1,4
234,6	Доломит известковистый с сульфидами	11,8	83,9	0,56	-4,7	-2,7
235,5	Доломит известковистый глинистый	12,1	81,4	0,65	-3,5	-1,4
236,8	Доломит известковистый	10,5	85,0	0,53	-2,9	-1,6
237,5	Доломит глинистый известковистый	11,6	72,9	0,81	-7,8	-2,2
238,2	Доломит известковистый глинистый	9,5	85,4	0,38	-5,6	-2,2
239,7	Мергель доломитовый	5,2	45,3	0,36	-5,0	-2,1
244,1	Мергель известково-доломитовый	10,9	62,0	0,49	-8,3	-1,0
245,9	Глина доломитистая	2,7	13,1	0,26	-3,2	-3,0
246,8	Доломит глинистый известковистый	6,5	72,9	0,14	-3,0	-2,5
247,8	Глина карбонатсодержащая	0,2	3,9	нет данных	-2,9	-3,7
248,3	Мергель глинистый доломитовый	1,8	37,4	0,18	-1,1	-1,3
249,0	Глина доломитистая	2,0	14,8	0,20	-0,9	-1,2
<b>Скв. Кормянская</b>						
257,3	Мергель доломитовый	2,7	54,1	0,64	-6,5	-2,3
258,0	—"–	2,5	55,3	0,39	-6,6	-1,4
258,5	Мергель глинистый доломитовый	2,3	38,4	0,40	-7,1	-2,6
258,9	Мергель известковисто-доломитовый	10,2	51,1	0,29	-6,7	-3,5
259,1	—"–	6,8	52,2	0,45	-6,8	-3,0

## Продолжение табл. 1

Глубина, м	Литология	Кальцит, %	Доломит, %	C <sub>opr</sub> , %	δ <sup>13</sup> C, ‰ (PDB)	δ <sup>18</sup> O, ‰ (PDB)
<b>Скв. Кормянская</b>						
259,8	Мергель доломитовый	2,3	59,1	1,14	-8,0	-3,1
260,3	Мергель глинистый доломитовый	1,1	36,5	5,23	-8,0	-3,7
261,0	"	1,1	40,7	0,71	-6,6	-3,2
262,3	"	0,4	26,0	1,11	-4,3	-3,5
262,7	Мергель доломитовый	3,4	48,0	0,54	-5,3	-2,8
264,2	"	2,3	50,5	1,35	-4,8	-4,0
264,9	Мергель глинистый доломитовый	1,4	41,7	0,36	-5,7	-4,1
265,5	"	1,6	28,4	0,34	-4,3	-2,4
266,3	Доломит глинистый	3,2	87,7	0,47	-4,0	-1,6
267,5	Песчаник с известковым цементом	16,1	4,4	0,07	-7,6	-6,9
268,7	Доломитово-песчаная порода	3,7	40,5	0,47	-4,5	-2,5
270,5	Глина доломитистая	0,9	7,5	0,19	-3,3	-4,0
272,6	Песчаник с доломитовым цементом	0,2	14,4	0,13	-2,5	-5,2
274,0	Глина доломитистая песчанистая	0,4	10,0	0,28	-2,3	-3,6
276,0	Глина доломитистая	1,8	19,6	0,23	-1,4	-2,8
276,3	Глина доломитистая песчанистая	0,7	12,9	0,17	-1,4	-3,9
276,6	Мергель доломитовый	1,6	32,6	0,24	-0,8	1,0
278,2	Глина доломитистая	1,1	7,2	0,23	-2,5	-2,2
278,9	Песчаник с глинисто-доломитовым цементом	0,4	20,8	0,10	-1,7	-2,4
279,1	Глина алевритовая доломитистая	2,0	15,9	0,17	-0,9	-1,5
281,0	Мергель доломитовый песчанистый	1,1	25,4	0,19	-1,1	-1,3
281,5	Мергель известковисто-доломитовый	5,6	55,8	0,16	-1,8	0,1
283,6	Песчаник с глинисто-доломитовым цементом	нет	12,5	0,10	-1,6	-5,2
283,9	Глина доломитистая	0,2	14,4	0,25	-0,5	-4,1
284,0	"	0,4	13,8	0,18	0,8	-3,1
285,3	"	0,2	12,5	0,18	0,3	-3,9
285,5	Мергель доломитовый	0,0	51,6	0,26	0,0	-4,0
286,0	Мергель доломитовый песчанистый	2,3	43,8	0,17	-0,2	-2,6
286,3	Мергель глинистый доломитовый	0,7	28,6	0,10	-0,6	-3,3
287,6	Глина доломитистая	0,9	17,0	0,15	-3,3	-1,8
289,2	Глина песчанистая доломитистая	0,4	10,4	0,23	-4,7	-1,8
289,4	Глина доломитистая	0,4	6,2	0,22	-5,6	-1,8
291,6	Глина песчанистая доломитистая	0,4	15,2	0,19	-3,2	-2,5
292,1	Мергель глинистый известковисто-доломитовый	9,5	17,4	0,15	-4,9	-2,8
292,8	Мергель доломитовый	2,5	47,9	0,18	-4,1	-0,6
294,0	Глина песчанистая доломитистая	1,6	7,5	0,18	-5,9	-0,4
294,5	Глина карбонатсодержащая	2,3	1,5	0,05	-7,1	-6,7
295,6	Глина песчанистая доломитистая	0,4	14,8	0,28	-5,1	-3,1
<b>Скв. Приволье</b>						
817,1	Доломит глинистый слабоизвестковистый	6,2	75,8	0,72	-2,2	-3,1
818,5	Мергель доломитовый с остатками водорослей	нет	68,3	1,46	-2,0	-3,8
819,2	"	"	73,1	1,58	-2,1	-4,0
819,8	Мергель доломитовый	"	60,2	2,58	-2,3	-5,1
820,2	"	0,6	60,7	2,16	-2,2	-5,4
820,5	Мергель глинистый доломитовый	нет	40,3	6,96	-2,1	-6,6
820,9	Доломит известковистый водорослевый	13,9	85,6	0,24	-1,5	-2,5
821,0	Мергель доломитовый с остатками водорослей	5,6	59,2	0,25	-1,4	-2,0
821,2	Глина доломитистая яшмовидная	нет	17,9	0,21	-1,7	-0,1
822,5	Мергель известковисто-доломитовый	6,2	55,2	0,21	-2,1	-1,8
823,0	Доломит известковистый глинистый	6,7	86,9	0,19	-2,0	-1,9
823,3	Мергель известковисто-доломитовый	7,9	45,7	0,21	-1,4	-1,1

Продолжение табл. 1

Глубина, м	Литология	Кальцит, %	Доломит, %	$C_{\text{opr}}^{\circ}$ , %	$\delta^{13}\text{C}$ , ‰ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ , ‰ (PDB)
<b>Скв. Приволье</b>						
823,5	Мергель доломитовый	1,1	62,1	0,14	-1,5	-0,6
824,9	Доломит глинистый	0,9	89,6	0,19	-2,4	-3,2
825,1	Доломит известковистый	12,5	87,5	0,44	-2,6	-1,6
825,5	Доломит	нет	95,0	0,42	-2,8	-0,6
826,2	Мергель доломитовый	"-	53,7	0,40	-1,3	-0,7
826,7	Доломит глинистый водорослевый	1,6	81,6	0,41	-1,5	-0,4
827,2	Доломит известковистый	12,6	87,4	0,22	-1,4	-1,0
827,3	Мергель известковисто-доломитовый	6,2	51,3	0,41	-1,2	-1,7
827,4	Доломит известковистый	16,1	83,9	0,16	-1,3	-0,5
828,0	Мергель доломитовый	нет	53,4	0,49	-1,5	-0,3
829,0	Глина доломитистая	"-	17,0	1,94	-2,0	-1,2
829,7	Доломит	4,0	92,1	0,31	-1,2	-0,2
830,0	Доломит известковистый	18,4	80,7	0,71	-2,0	-3,3
830,3	Доломит	1,0	95,9	0,93	-2,5	-2,1
<b>Скв. ГГК-1</b>						
361,6	Мергель доломитовый	1,3	52,8	0,07	-1,5	0,5
361,9	"-	1,6	51,7	0,12	-1,6	1,0
362,1	Доломит глинистый известковистый	18,9	57,0	0,08	-2,5	0,3
362,7	Доломит известковый	25,2	74,8	0,07	-2,7	-0,2
363,8	Мергель глинистый доломитовый	1,6	39,5	0,06	-2,3	0,6
364,6	Мергель глинистый известковисто-доломитовый	6,4	36,7	0,06	-2,3	0,5
365,2	Глинисто-известково-доломитовая порода	35,1	45,4	0,04	-3,1	0,2
365,4	Глинисто-известково-доломитовая порода	27,3	50,2	0,11	-2,8	-0,1
365,7	Мергель доломитово-известковый	35,8	24,8	0,09	-2,9	-0,9
366,2	Глинисто-известково-доломитовая порода	30,8	45,5	0,08	-2,3	0,3
366,8	Мергель глинистый доломитовый	1,1	41,2	0,10	-1,8	-1,1
367,3	Доломит известковистый	17,3	80,0	0,12	-2,1	-3,2
367,8	Доломит глинистый известковистый	5,7	85,9	0,17	-3,3	-3,9
368,0	Доломит известковый	29,4	70,6	0,17	-3,7	-0,2
368,9	Мергель доломитовый	1,3	74,5	0,13	-2,0	-0,4
369,4	"-	1,7	53,4	0,12	-1,4	-3,8
369,8	Мергель известково-доломитовый	16,7	38,6	0,11	-2,5	-1,4
371,5	Доломит глинистый	2,5	84,6	0,12	-0,1	-0,2
371,9	"-	4,0	76,1	0,17	-1,9	-0,5
372,1	Мергель известковисто-доломитовый	6,1	54,2	0,11	-2,3	-1,1
372,2	Глинисто-известково-доломитовая порода	22,7	59,2	0,08	-2,4	-1,3
372,3	"-	38,2	41,5	0,09	-2,5	-0,3
372,8	Мергель доломитовый	3,2	68,7	0,09	-1,6	-1,3
373,3	Глинисто-известково-доломитовая порода	22,6	46,2	0,10	-1,9	-1,5
373,5	Мергель глинистый известковисто-доломитовый	9,8	29,9	0,12	-2,4	-1,3
374,0	Доломит известковый	33,8	66,2	0,10	-2,1	-0,7
374,5	Глина доломитистая	нет	8,5	1,47	-2,0	-2,0
374,8	Мергель известковисто-доломитовый	8,7	42,7	0,14	-2,6	-0,7
375,1	Глина доломитистая	0,9	10,9	0,19	-2,8	-1,2
375,5	Доломит	2,4	95,6	0,06	-1,9	-1,7
378,5	Доломит известковистый трещиноватый, пористо-кавернозный	21,1	78,9	0,19	-2,0	-6,8
379,2	Доломит кавернозный	нет	100,0	0,15	-2,3	-7,6
379,6	Доломит перекристаллизованный	"-	98,1	0,07	-1,7	-4,1
380,2	Доломит известковистый кавернозный	16,7	83,3	0,13	-2,0	-5,8
381,7	Доломит глинистый	нет	81,8	0,25	-2,1	0,1
382,0	Доломит известковистый	8,7	91,3	0,52	-2,6	-1,3

Окончание табл. 1

Глубина, м	Литология	Кальцит, %	Доломит, %	$C_{\text{опр}}, \%$	$\delta^{13}\text{C}, \text{\%}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}, \text{\%}$ (PDB)
Скв. ГК-1						
382,1	Мергель глинистый доломитовый	нет	30,4	2,48	-2,8	-1,3
382,3	"-	0,5	43,8	1,95	-2,7	-1,1
382,7	Доломит известковистый глинистый	14,7	77,1	0,31	-4,0	-2,5
383,2	"-	27,8	66,8	0,17	-3,7	-2,4
383,9	Глина доломитистая	0,1	22,2	0,72	-4,2	-0,4
384,5	Доломит глинистый	2,8	80,3	0,19	-3,5	0,0
385,0	Мергель доломитовый	0,9	74,0	0,69	-3,7	-0,3
385,3	Доломит глинистый известковистый	8,3	75,9	0,11	-3,4	-0,4
386,0	Мергель доломитовый	нет	56,1	0,32	-3,0	-1,0
387,0	"-	"-	53,5	0,81	-3,3	-1,8
387,6	Доломит	1,0	95,0	0,39	-3,6	-1,8
387,9	Доломит известковистый	16,6	82,2	0,39	-3,7	-1,6
388,7	Доломит глинистый	нет	81,9	0,94	-3,8	-2,0
388,9	Доломит глинистый	0,3	83,6	0,61	-2,7	-1,3
389,0	Мергель доломитовый	нет	51,1	0,59	-3,2	-1,1
389,3	Мергель глинистый доломитовый	"-	40,1	0,35	-3,0	-1,1
390,4	"-	"-	35,5	1,45	-3,5	-1,3
391,0	Мергель доломитовый	3,0	61,8	0,29	-3,2	-0,9
391,7	"-	3,7	53,0	0,35	-3,3	-0,8
392,3	Глина доломитистая	нет	14,7	0,30	-3,5	-1,0
393,0	Мергель доломитовый	"-	55,8	0,29	-3,7	-0,3
393,7	Глина доломитистая	нет	13,3	0,50	-3,0	-1,8
393,9	Глина с малой примесью доломита	"-	3,4	0,21	-4,6	-2,3
394,6	Глина доломитистая	"-	10,1	0,22	-4,7	-2,8
395,8	Известково-глинисто-доломитовая порода	23,6	52,1	0,11	-4,4	-0,4
396,8	Мергель глинистый известковисто-доломитовый	6,1	30,4	0,18	-5,0	-0,9
397,4	Глина доломитистая	нет	17,3	0,21	-3,7	-3,2
398,0	"-	"-	13,4	0,18	-4,1	-1,5
399,4	Мергель глинистый известковисто-доломитовый	7,7	39,0	0,13	-2,8	-1,1
401,5	"-	7,1	58,5	0,13	-2,2	-0,6
401,9	Известковисто-глинисто-доломитовая порода	8,9	67,2	0,13	-2,5	0,1
402,7	Глина с малой примесью доломита	нет	3,5	0,21	-5,0	-2,2
403,4	Мергель доломитовый	0,3	66,4	0,09	-2,4	-0,6
407,2	Мергель глинистый доломитовый опесчаненный	2,3	32,4	0,14	-2,4	-2,3
408,5	Глина доломитистая	нет	10,3	0,25	-3,3	-1,5
409,9	Глина доломитистая алевритистая	"-	14,6	0,17	-0,7	-2,3
410,6	Глина доломитистая опесчаненная	"-	15,0	0,16	-1,6	-2,1
411,8	Мергель глинистый доломитовый опесчаненный	0,6	41,0	0,08	-2,4	-0,9

Примечание:  $C_{\text{опр}}$  – концентрация органического углерода.

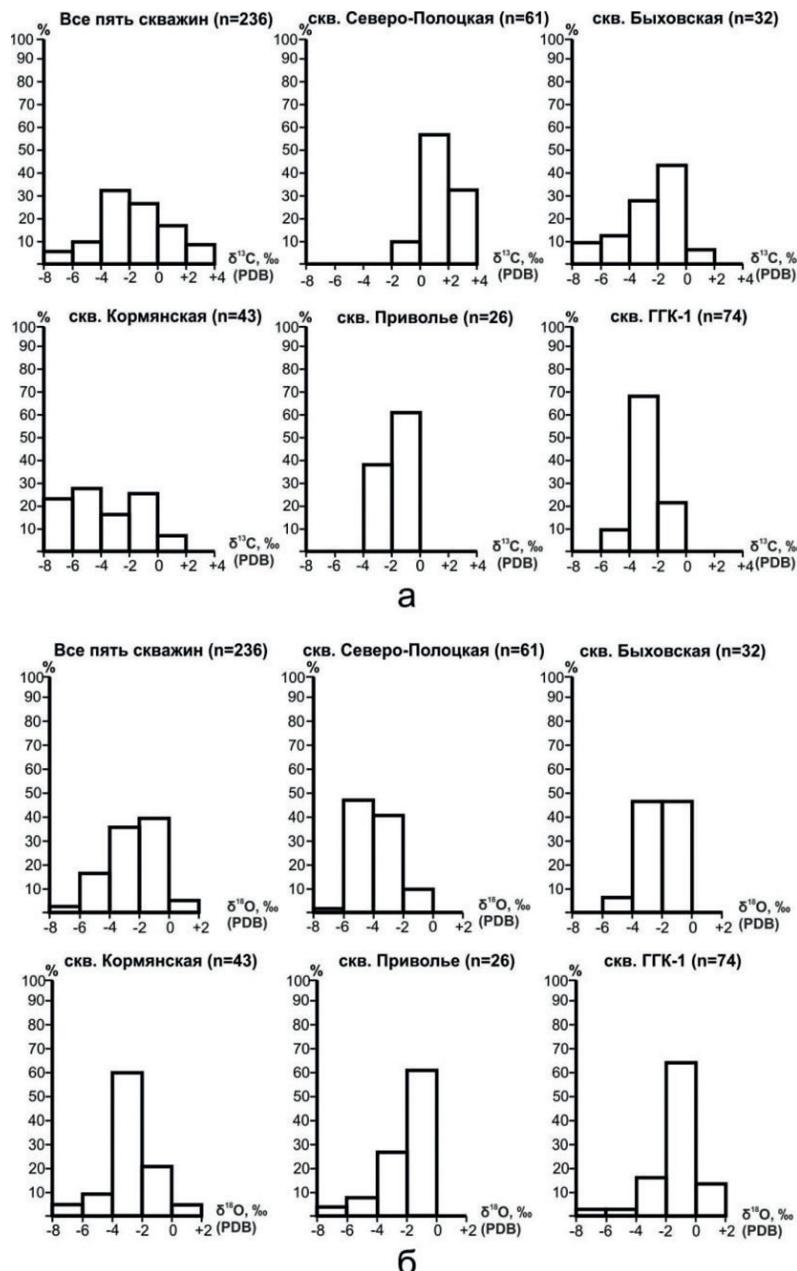


Рисунок 4 – Гистограммы распределения  $\delta^{13}\text{C}$  (а) и  $\delta^{18}\text{O}$  (б)  
в отложениях городокского горизонта среднего эйфеля в пяти разрезах на территории Беларуси

Для двух из наших разрезов говорить о сколько-нибудь значимой роли вод континентального стока в формировании изотопного состава карбонатного углерода не приходится. Это скв. Северо-Полоцкая (диапазон  $\delta^{13}\text{C}$  составляет  $-2,0\ldots+3,9\text{ ‰}$ ) и Приволье ( $-2,8\ldots-1,2\text{ ‰}$ ), где все значения соответствуют или близки морскому стандарту (рис. 2, 4а). Очевидно, эти отложения накапливались в нормальных морских условиях с достаточно хорошим углекислотным обменом между водной массой бассейна осадконакопления и атмосферой. Такая же картина наблюдается для верхней и самой нижней части городокского горизонта в скв. ГГК-1.

Существенно иное распределение изотопов углерода отмечено в Быховском и Кормянском разрезах (рис. 2, 4а).

В скв. Быховская интервал, охватывающий доломитово-мергельную и доломитовую пачки, характеризуется сильным отрицательным экскурсом  $\delta^{13}\text{C}$  (амплитуда порядка 8 ‰). Экскурс, исходя из литологических данных (проявления гипса), соответствует эпизоду эвапоритизации бассейна. В это время морской бассейн в силу тектонических причин становился более мелководным, отдельные его части обнажались и подвергались эрозии. Возможно, он распадался на отдельные ванны с морской водой,

интенсивно испаряющейся в приэкваториальных условиях, где в девонское время находилась территория Беларуси [9; 11]. Такое изменение геоморфологической ситуации приводило к увеличению вклада вод суши, обогащенных изотопно-легкой почвенной углекислотой, в водно-солевой баланс седиментационной системы за счет активизации континентального притока и/или обмеления бассейна. Ранее мы подобным образом трактовали природу высокоамплитудных негативных углеродно-изотопных сдвигов в освейском горизонте нижнего эйфеля Быховского и Кормянского разрезов [12; 13]. А недавно отрицательные экскурсы  $\delta^{13}\text{C}$ , установленные в гипсоносных глинисто-карбонатных отложениях среднего – верхнего ордовика Вилуйской структурно-фацальной зоны (Сибирская платформа), были также объяснены протеканием эвапоритового процесса на фоне речных плюмов [26].

Выше отрицательного экскурса, в глинисто-мергельной пачке городокского горизонта Быховского разреза установлена, в основном, низкая вариабельность значений  $\delta^{13}\text{C}$ , близких к морскому стандарту (в среднем -1,6 ‰), свидетельствующая, очевидно, об углублении бассейна и существенном снижении роли континентальных вод в системе седиментации.

Разрез городокского горизонта в скв. Кормянская начинается сильным отрицательным экскурсом (с минимумом в -7 ‰), который сменяется интервалом с низкой вариабельностью значений, близких к морскому стандарту (в среднем -1,1 ‰) (рис. 2). О природе экскурса можно судить, приняв во внимание, что через всю толщу нижележащего освейского горизонта, представленную карбонатно-сульфатными породами, проходит высокоамплитудный отрицательный сдвиг, связанный с эвапоритовым эпизодом на фоне активизации влияния вод суши, обогащенных почвенным углеродом [12]. В нижней части городокского горизонта этот экскурс продолжается и заканчивается. Особенностью седиментационного бассейна в раннегородокское время на данном участке было то, что здесь, в отличие от района скв. Быховская, не достигалась насыщенность морской воды по гипсу и не образовывались минеральные эвапоритовые продукты.

Подводя итог обсуждению изотопно-углеродного сигнала континентального стока, отметим три наблюдаемых варианта протекания эвапоритового процесса: с минеральным завершением без активизации континентального стока (скв. Приволье), на фоне его активизации с образованием (скв. Быховская) и без образования (скв. Кормянская) твердых эвапоритовых продуктов.

**Изотопы кислорода.** Анализ статистических показателей распределения изотопного состава кислорода в городокских отложениях показывает, что во

всех разрезах доминируют значения  $\delta^{18}\text{O}$  на уровне эйфельского «плато» (-4...-2 ‰) на глобальной хемостратиграфической кривой, построенной по результатам анализа раковин брахиопод из девонских отложений США, Испании, Марокко, России (Сибирь) и Китая [28; 29; 30; 33; 34] и несколько более высокие (рис. 3, 4б). Вместе с тем имеются пробы со значениями  $\delta^{18}\text{O}$  более низкими. Минимальные и максимальные цифры  $\delta^{18}\text{O}$  по скважинам следующие – Северо-Полоцкая: -8,0...-1,5 ‰; Быховская: -4,3...-0,8; Кормянская: -6,9...+1,0; Приволье: -6,6...-0,1; ГГК-1: -7,6...+1,0 ‰.

Характерной особенностью вариаций изотопного состава кислорода в изучаемых разрезах является то, что он не «реагирует» на отрицательные углеродно-изотопные экскурсы, которые мы связываем с усилением роли континентального стока, аналогичными сдвигами (рис. 3). Причиной этого является возможное отсутствие существенной разницы между значениями  $\delta^{18}\text{O}$  атмосферных осадков, дающих начало водам суши, и морской воды в низких широтах [27; 31], где в девоне находилась территория Беларуси [9; 11].

Значения  $\delta^{18}\text{O} > -2$  ‰, т. е. несколько более высокие, чем цифры, присущие карбонатам эйфельского моря, могут быть следствием испарительного концентрирования воды, сопровождающегося удалением из нее изотопа  $^{16}\text{O}$ .

Что касается величин  $\delta^{18}\text{O}$  более низких, чем эйфельские морские, то надо отметить одно обстоятельство, которое важно не только для трактовки изотопных вариаций седиментационной природы, но и для обсуждения влияния постседиментационной инфильтрации на изотопный состав карбонатного кислорода. Несмотря на зависимость изотопного состава кислорода атмосферных осадков от географической широты, на него влияют также высота их выпадения, температура воздуха, сезон, близость к океану и другие факторы, способные вызвать искажения широтного эффекта [20; 25; 27; 31]. Было бы заманчивым объяснить региональной спецификой, искажающей широтный эффект, особенно большое количество значений  $\delta^{18}\text{O}$ , более низких, чем те, что характерны для эйфельских морских карбонатов, в Северо-Полоцком разрезе (рис. 4б), который находится далеко от всех остальных (рис. 1). Но это не согласуется с изотопным составом углерода карбонатов, который, как показано выше, свидетельствует о крайне низкой роли вод суши в геохимической системе седиментации.

### Окисление органического вещества в осадках

Проанализируем возможность мобилизации в образующихся карбонатах изотопно-легкого углерода за счет окисления органического вещества, рассеянного в осадках [25]. Окислителем может

выступать как водорастворенный свободный кислород, так и кислород сульфат-иона при бактериальной сульфатредукции. Процесс с участием кислорода и в той, и в другой форме может протекать как в зоне седиментации, так и в зоне диагенеза.

Поскважинные средние содержания Сорг в городокских отложениях лежат в диапазоне 0,31–0,68 %, а в резко доминирующих субдоманикоидах – в интервале 0,17–0,30 % (табл. 2). Приняв во внимание, что состав отложений, в основном, карбонатно-глинистый и глинисто-карбонатный и что субкларки Сорг по разным оценкам [4; 22] составляют для глинистых пород 0,8–1,14 %, а для карбонатных – 0,2–0,45 %, концентрацию органического вещества в городокских отложениях наших скважин надо считать невысокой. Это, однако, не означает, что окисление органического материала осадков не сыграло своей роли в формировании изотопного состава карбонатного углерода. Невысокое содержание органического вещества может быть следствием его удаления из осадка при окислении и указывать на имевшее место превращение органического углерода в карбонатный. Так, в верхнефаменском сланцевосном разрезе Припятского прогиба наиболее бедные органическим веществом известняки и глинистые известняки ( $C_{\text{opr}} 0,92 \pm 0,11 \%$ ) значительно более изотопно-легкие  $\delta^{13}\text{C}$  ( $-9,6 \pm 0,3 \%$ ), чем мергели, глинистые мергели и карбонатсодержащие глины с  $C_{\text{opr}} 6,02 \pm 0,80 \%$  ( $\delta^{13}\text{C} = -3,5 \pm 0,6 \%$ ) [14].

Наверное, более или менее определенно предполагать влияние окисления органического вещества на формирование изотопного состава карбонатного углерода можно тогда, когда наблюдается ковариация  $\delta^{13}\text{C}$  и  $C_{\text{opr}}$ , причем неважно, положительная или отрицательная. В контексте сказанного обратим внимание на три аспекта распределения этих величин в городокских разрезах.

(а) На корреляционной диаграмме, построенной для субдоманикоидов и доманикоидов всех разрезов, какой-либо связи между параметрами не прослеживается (рис. 5).

(б) Четыре образца из всей коллекции, самые богатые органическим веществом, попали в категорию домаников. В трех из них значения  $\delta^{13}\text{C}$  нормально-морские – скв. Приволье:  $-2,1 \%$  ( $C_{\text{opr}} = 6,96 \%$ ); скв. Северо-Полоцкая:  $-2,0 \%$  ( $C_{\text{opr}} = 9,19 \%$ ) и  $+1,0 \%$  ( $C_{\text{opr}} = 16,96 \%$ ). В четвертом (скв. Кормянская)  $\delta^{13}\text{C}$  очень низкое ( $-8,0 \%$ ), а  $C_{\text{opr}} = 5,23 \%$ .

(в) В интервале, охватывающем доломитово-мергельную и доломитовую пачки Быховского разреза, сильный отрицательный экскурс  $\delta^{13}\text{C}$  корреспондирует с положительным экскурсом  $C_{\text{opr}}$  (рис. 6). Похожая картина наблюдается в самой верхней части глинисто-мергельной пачки. Здесь, однако, мы воздержимся от интерпретации этой ковариации, так как разброс точек не дает уверенности в объективности динамики скользящего среднего. В скв. Кормянская убогие концентрации  $C_{\text{opr}}$  в нижней части городокского горизонта сменяются на более высокие с пиком в 5,23 % в верхней части (см. рис. 6). И здесь же отмечается отрицательный экскурс  $\delta^{13}\text{C}$  с минимумом в  $-8 \%$ . Интервал городокского горизонта в скв. ГГК-1, включающий верхнюю часть доломитово-мергельной пачки и нижнюю половину доломитовой пачки, характеризуется низкоамплитудным, но продолжительным отрицательным экскурсом значений  $\delta^{13}\text{C}$  (см. рис. 6). Нельзя не заметить его соответствие не свойственному остальным частям горизонта поведению концентрации органического вещества. Линия Сорг здесь ломаная, включающая точки повышенных содержаний относительно других частей разреза, где она представляет собой практически прямую, состоящую из точек крайне низких концентраций.

**Таблица 2 – Статистическая характеристика распределения содержания  $C_{\text{opr}} (\%)$  в породах городокского горизонта (средний эйфель) Беларусь**

Скважина ( $n$ )	$\bar{x}$	Субдоманикоиды ( $0,1$ – $0,5 \% C_{\text{opr}}$ )				Доманикоиды ( $0,5$ – $5,0 \% C_{\text{opr}}$ )			
		$n$	$x_{\min}$	$x_{\max}$	$\bar{x}$	$n$	$x_{\min}$	$x_{\max}$	$\bar{x}$
Северо-Полоцкая (59)	0,42	50/85	0,09	0,50	0,30	9/15	0,51	4,38	1,27
Быховская (31)	0,43	23/74	0,12	0,49	0,28	8/26	0,53	1,05	0,79
Кормянская (42)	0,32	36/86	0,05	0,47	0,23	6/14	0,54	1,35	0,92
Приволье (25)	0,68	17/68	0,14	0,49	0,29	8/32	0,71	2,58	1,51
ГГК-1 (74)	0,31	63/85	0,04	0,50	0,17	11/15	0,52	2,48	1,11

Примечания:  $n$  – число определений (знаменатель – в процентах),  $\bar{x}$  – среднее арифметическое,  $x_{\min}$  и  $x_{\max}$  – минимальное и максимальное значения; в расчеты не были включены данные по четырем образцам домаников ( $5$ – $25 \% C_{\text{opr}}$ ) [23], а именно: 5,23 % (скв. Кормянская), 6,96 % (скв. Приволье), 9,19 и 16,96 % (скв. Северо-Полоцкая).

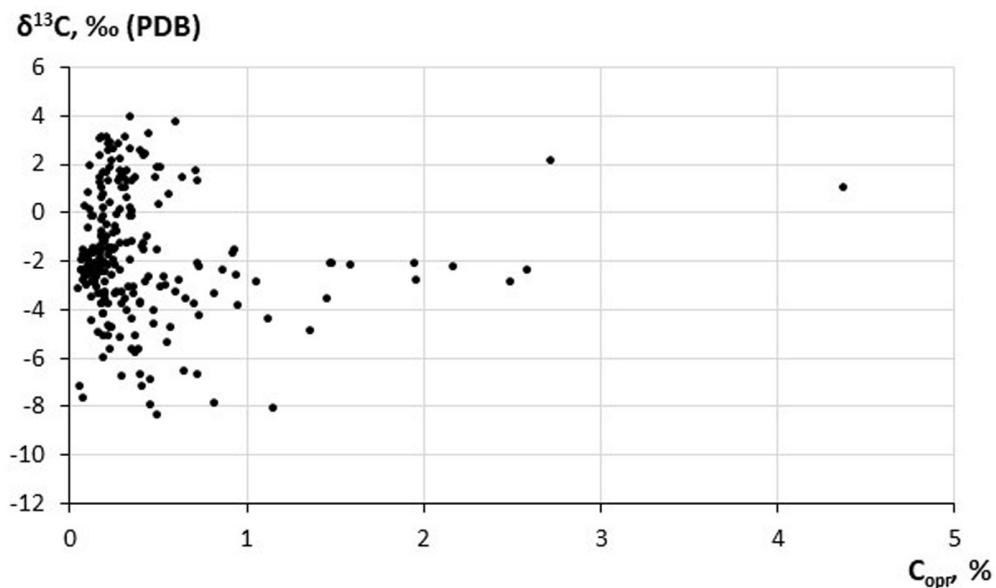


Рисунок 5 – Корреляционная диаграмма  $\delta^{13}\text{C}$  –  $C_{\text{opr}}$  для отложений городокского горизонта среднего эйфеля на территории Беларусь, построенная по образцам с  $C_{\text{opr}}$  не выше 5 % (субдоманиоиды и доманиоиды [23])

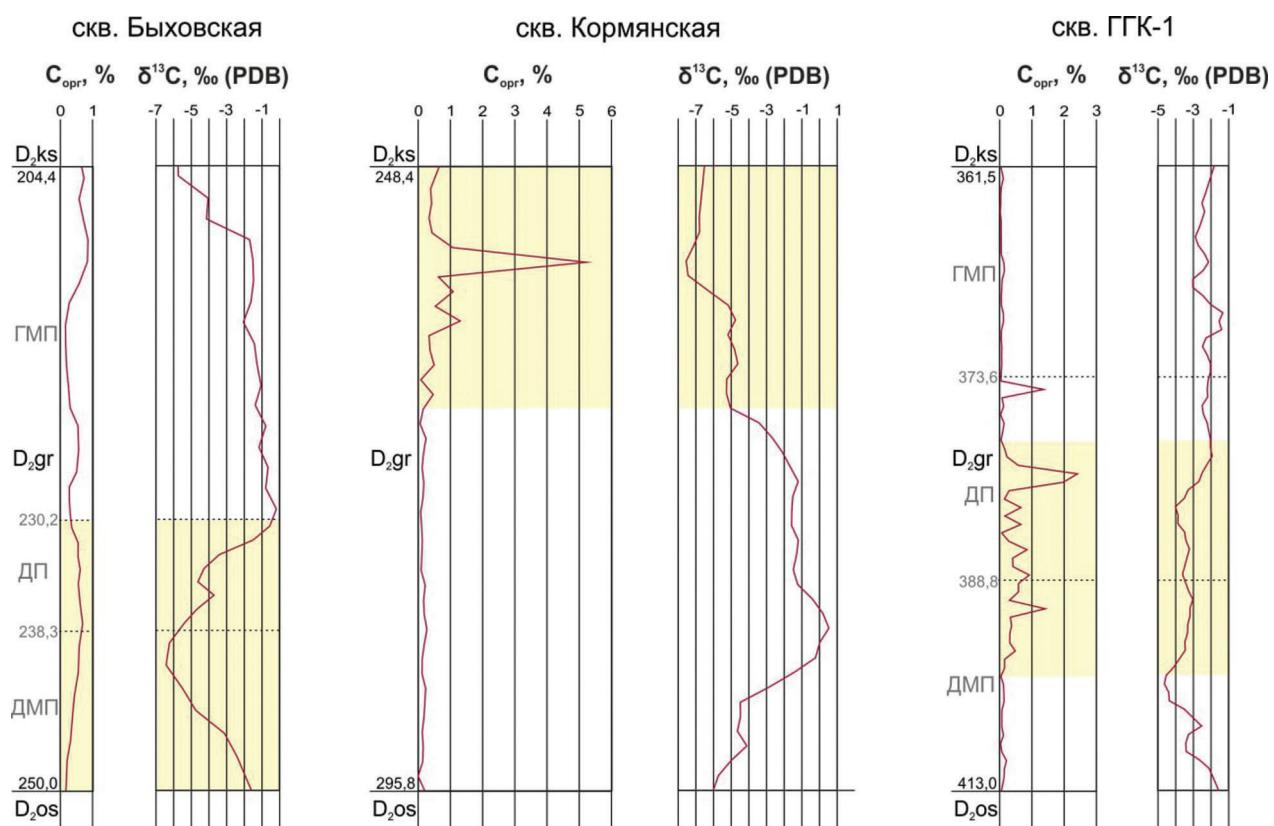


Рисунок 6 – Соотношение содержания  $C_{\text{opr}}$  и  $\delta^{13}\text{C}$  в отложениях городокского горизонта ( $D_2\text{gr}$ ) среднего эйфеля на территории Беларусь. Линии вариаций Сорг построены по фактическим содержаниям, линии  $\delta^{13}\text{C}$  – по скользящим средним (шаг 3); заливкой показаны синхронные сдвиги параметров.  $D_2\text{os}$  – освейский горизонт,  $D_2\text{ks}$  – костюковичский горизонт; пачки: ДМП – доломитово-мергельная, ДП – доломитовая, ГМП – глинисто-мергельная; цифры слева от графиков – глубины залегания кровли и подошвы городокского горизонта и границы между пачками (м)

Суммируя приведенные факты о соотношении величин  $\delta^{13}\text{C}$  и содержаний  $\text{C}_{\text{org}}$  в городокских отложениях, можно заключить, что окисление органического вещества как с участием свободного кислорода на мелководье [32], так и в результате сульфатредукции, в разные отрезки времени и на отдельных участках бассейна осадконакопления с повышенными концентрациями Сорг оказывало влияние на изотопный состав карбонатного углерода.

### Инфильтрационные атмогенные воды

Важный постдиагенетический фактор снижения значений  $\delta^{13}\text{C}$  – катагенетическая (и/или гипергенная) переработка пород инфильтрационными водами атмосферного происхождения, несущими изотопно-легкий почвенный углерод. Принято считать (например, [10]), что из-за обедненности атмосферных осадков изотопом  $^{18}\text{O}$  воздействие инфильтрационных вод способствует также облегчению изотопного состава карбонатного кислорода, что выражается в прямой корреляции  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$ . Как отмечалось выше, во всех наших разрезах (рис. 3, 4б) имеется то большее, то меньшее число образцов со значениями  $\delta^{18}\text{O}$  ниже тех, что присущи морским седиментационным карбонатам эйфельского века ( $\sim -3\text{‰}$ ) [28; 29; 30; 33; 34]. Однако внятные элементы прямой корреляции  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta^{13}\text{C}$  трудно усмотреть на графиках, построенных как по скважинам, так и по литологическому признаку (рис. 7).

Гидрогеохимическая оценка среднедевонских отложений в окрестностях рассматриваемых скважин, выполненная нами ранее [2; 3; 12; 13; 17; 18] на основании результатов работ гидрологов [6; 15; 16], показала, что современные подземные воды городокских образований представляют собой морские дериваты, разбавленные инфильтрацией.

Среднедевонские образования в скв. Северо-Полоцкая перекрыты четвертичной толщей, в скв. Быховская и Кормянская – среднеюрской, в скв. ГГК-1 – нижнетриасовой. Поэтому естественно полагать, что городокские отложения не только сейчас подвержены инфильтрации, но были доступны воздействию атмогенных инфильтрационных вод в течение колossalных отрезков времени, начиная с карбона. Это обстоятельство нельзя не учитывать по следующей причине.

Территория Беларуси в девоне находилась в приэкваториальной области [9; 11], где изотопный состав кислорода атмосферных осадков, дающих начало инфильтрационным водам, в связи с широтным эффектом может мало отличаться от такового морской воды [27; 31]. По мере перемещения территории из низких широт в средние изотопный состав кислорода атмосферных осадков, а

вслед за ними и инфильтрационных вод, мог облегчаться. Однако, как уже сказано выше, широтный эффект формирования изотопного состава кислорода атмосферных осадков может искажаться по ряду региональных причин [20; 25; 27; 31]. Так или иначе, существует неопределенность, когда и с какими значениями  $\delta^{18}\text{O}$  инфильтрационные воды могли оставить свой изотопный след в городокских отложениях.

Сложность решения обсуждаемого вопроса усугубляется и тем, что не вполне ясно, насколько сильно может измениться изотопный состав карбонатных углерода и кислорода пород (особенно доминирующих в наших разрезах низкопроницаемых глин и мергелей) при воздействии на них инфильтрационных вод с низкими  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$ . Показательный пример дают закарстованные и перекристаллизованные франские доломиты Оршанской впадины, залегающие на глубинах 20–85 м, перекрытые отложениями квартера и служащие источником водоснабжения Витебска [18]. Среднее значение  $\delta^{13}\text{C}$  этих доломитов ( $-0,7 \pm 0,2\text{‰}$ , 35 определений) соответствует морскому стандарту, а  $\delta^{18}\text{O}$  ( $-5,8 \pm 0,2\text{‰}$ ) – величинам, присущим кальциту брахиоподовых раковин из франских отложений ряда районов мира ( $-6...-5\text{‰}$ ) [28–30; 33; 34].

Обращаясь, наконец, непосредственно к оценке роли инфильтрационных вод в городокских разрезах, отметим, что, пожалуй, лишь в одном из них можно усмотреть аргумент влияния инфильтрации. В узком интервале (378,5–380,2 м) доломитовой пачки разреза скв. ГГК-1 выявляется заметно облегченный изотопный состав кислорода (рис. 3). Здесь значения  $\delta^{18}\text{O}$  в доломитах изменяются от  $-7,6$  до  $-4,1\text{‰}$  в среднем составляя  $-6,1\text{‰}$ , в то время как в примыкающих сверху и снизу частях разреза они ощутимо выше ( $-2,0...+0,1\text{‰}$ ). Отличительными литологическими особенностями интервала с облегченным изотопным составом кислорода являются чистота пород от глинистой примеси (рис. 8), пористость, кавернозность и трещиноватость и, как следствие, повышенная водопроницаемость. Отрицательный экскурс  $\delta^{18}\text{O}$  в доломитовой пачке городокского горизонта не сопровождается отклонением  $\delta^{13}\text{C}$  от почти нормальных морских значений ( $-2,3...-1,7\text{‰}$ ) (см. рис. 2), чего можно было бы ожидать из-за обогащенности инфильтрационных вод почвенным углеродом. Представляется, что это связано с соотношением перераспределемых концентраций тяжелых и легких изотопов углерода и кислорода в твердой и жидкой фазах при перекристаллизации, результатом которого является большая консервативность изотопного состава углерода по сравнению с кислородом в процессе инфильтрационного катагенеза.

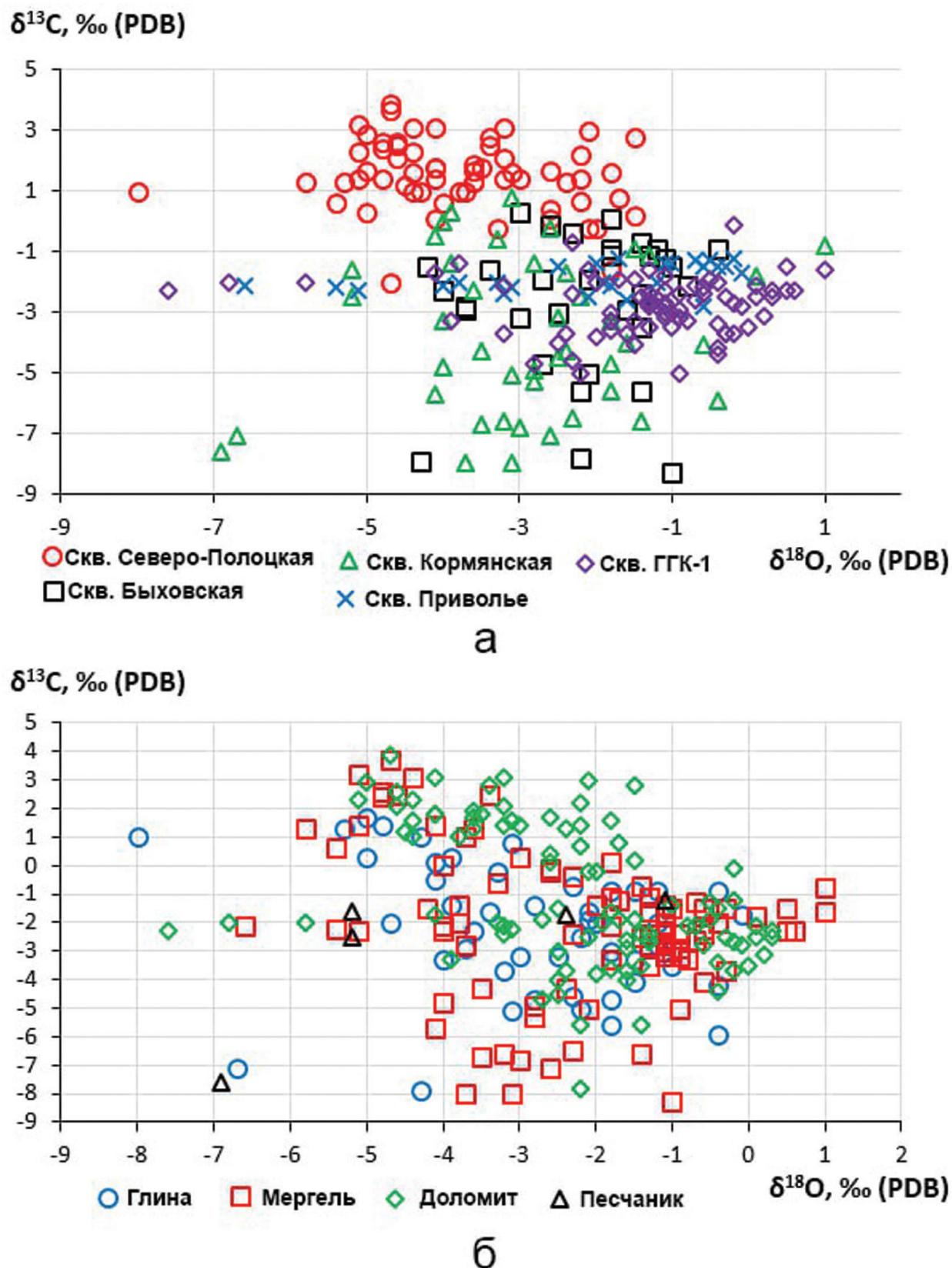
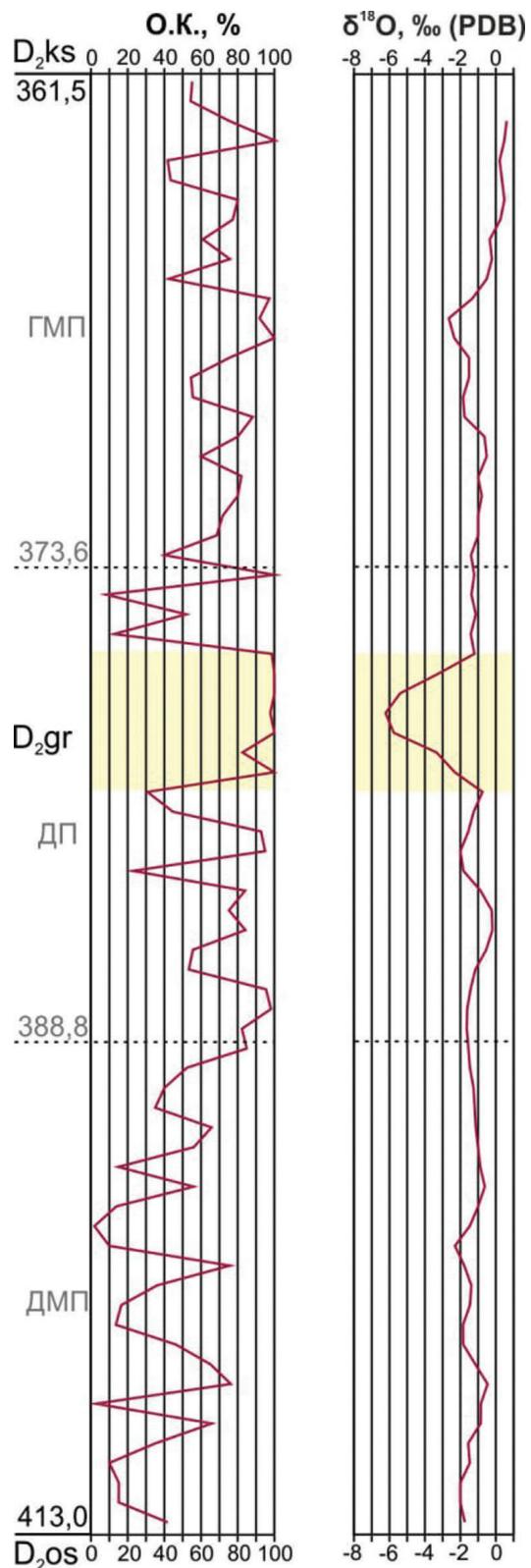


Рисунок 7 – Корреляционные диаграммы  $\delta^{13}\text{C}$  –  $\delta^{18}\text{O}$   
для карбонатсодержащих городокских (средний эйфель) отложений Беларуси,  
построенные по скважинам (а) и литологическому признаку (б)



**Рисунок 8** – Соотношение общей карбонатности пород (О. К.) и  $\delta^{18}\text{O}$  в отложениях городокского горизонта ( $D^2\text{gr}$ ) среднего эйфеля в разрезе скв. ГГК-1. Линия вариаций О. К. построена по фактическим цифрам, линия  $\delta^{18}\text{O}$  – по скользящим средним (шаг 3); заливкой показаны синхронные сдвиги параметров.  $D_2\text{os}$  – освейский горизонт,  $D^2\text{ks}$  – костюковичский горизонт; пачки: ДМП – доломитово-мергельная, ДП – доломитовая, ГМП – глинисто-мергельная; цифры слева от графиков – глубины залегания кровли и подошвы городокского горизонта и границы между пачками (м)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнено изотопно-геохимическое изучение преимущественно глинисто-карбонатных и карбонатно-глинистых отложений городокского горизонта (средний эйфель) Беларуси в разрезах пяти скважин, пробуренных на юго-востоке Латвийской седловины (скв. Северо-Полоцкая), в зоне сочленения Оршанской впадины и Жлобинской седловины (скв. Быховская), на Жлобинской седловине (скв. Кормянская), на Северо-Припятском плече Припятского прогиба (скв. Приволье) и на юго-западном краю Воронежской антеклизы (скв. ГГК-1). Результаты интерпретации распределения значений  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  с учетом литологических особенностей пород и содержания в них Сорг сводятся к следующему.

1. Значения  $\delta^{13}\text{C}$  в Северо-Полоцком разрезе (от  $-2,0\ldots$  до  $+3,9\text{‰}$ ) и разрезе Приволье ( $-2,8\ldots -1,2\text{‰}$ ) указывают на нормальную морскую седimentацию в условиях отсутствия или незначительного притока континентальных вод.

2. Отложения нижней (доломитово-мергельной) и средней (доломитовой) гипосодержащих пачек в скв. Быховская, отмеченные высокоамплитудным ( $8\text{‰}$ ) отрицательным сдвигом  $\delta^{13}\text{C}$ , накапливались во время эвапоритового эпизода в условиях значительно обмеления бассейна и активизации роли вод суши, обогащенными изотопно-легким почвенным углеродом. Дополнительным фактором снижения здесь значений  $\delta^{13}\text{C}$  была мобилизация в карбонатном материале окисляющегося органического вещества осадков, о чем свидетельствует положительный экскурс  $C_{\text{opr}}$ , синхронный с отрицательным сдвигом  $\delta^{13}\text{C}$ . Верхняя (глинисто-мергельная) пачка Быховского разреза характеризуется, в основном, низкой вариабельностью близнулевых величин  $\delta^{13}\text{C}$  (в среднем  $-1,6\text{‰}$ ), отражающей существенное снижение роли континентальных вод в системе морской седimentации.

3. Раннегородокское время в районе скв. Кормянская знаменует собой окончание эвапоритового эпизода, начавшегося в освейское время, в условиях значительного притока континентальных вод (минимум значений  $\delta^{13}\text{C} -7\text{‰}$ ). В среднегородокское время роль вод суши сокращается (стандартные морские цифры  $\delta^{13}\text{C}$ ), а в позднегородокское – изотопный состав карбонатного углерода во многом определяется седимен-

тационным или диагенетическим окислением органического вещества в осадке (падение  $\delta^{13}\text{C}$  до  $-8\text{‰}$  и параллельное увеличение концентрации  $C_{\text{opr}}$ ).

4. В самой нижней части и верхней половине городокского разреза скв. ГГК-1 значения  $\delta^{13}\text{C}$  близки морскому стандарту. В интервале, охватывающем верхнюю часть доломитово-мергельной пачки и нижнюю половину доломитовой пачки, отмечен низкоамплитудный отрицательный экскурс значений  $\delta^{13}\text{C}$ , в основном совпадающий с отрезком повышенных содержаний Сорг, что является следствием окисления органического вещества при седimentации или в диагенезе.

5. Во всех разрезах доминируют значения  $\delta^{18}\text{O}$ , характерные для морских эйфельских карбонатов ( $-4\ldots -2\text{‰}$ ) и несколько более высокие. Эпизоды активизации континентального стока, трассирующиеся отрицательными изотопно-углеродными сдвигами, не характеризуются аналогичными экскурсами  $\delta^{18}\text{O}$ , что, вероятно, связано с отсутствием существенной разницы между значениями  $\delta^{18}\text{O}$  атмосферных осадков (прародителей вод суши) и морской воды в приэкваториальной зоне, где в девоне находилась территория Беларуси.

6. Значения  $\delta^{18}\text{O}$ , более высокие, чем цифры, присущие эйфельским карбонатам, предположительно связаны с испарительным концентрированием воды.

7. В узком интервале доломитовой пачки скв. ГГК-1, представленном чистыми от глинистой примеси, кавернозно-пористыми и трещиноватыми породами, величины  $\delta^{18}\text{O}$  доломитах изменяются от  $-7,6$  до  $-4,1\text{‰}$ , в то время как в примыкающих сверху и снизу частях разреза составляют  $-2,0\ldots +0,1\text{‰}$ . Это, вероятно, обусловлено катагенетической перекристаллизацией материала в среде инфильтрационных подземных вод, обедненных тяжелым изотопом кислорода. В других случаях природа низких  $\delta^{18}\text{O}$ , которых особенно много в низкопроницаемых породах Северо-Полоцкого разреза, не ясна.

Работа выполнена в рамках Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. (подпрограмма 10.4 «Белорусские недра») и в соответствии с планом научно-исследовательских работ Геологического института РАН.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Валюкявичюс, Ю. Ю.** Девонская система / Ю. Ю. Валюкявичюс, В. К. Голубцов // Геологическая карта СССР. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Объяснительная записка. Лист № (34), (35). – Вильнюс, Ленинград, 1986. – С. 53–68.
2. **Вариации** изотопного состава углерода и кислорода в нижне-среднедевонских отложениях на юго-западе Воронежской антеклизы / А. А. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2021. – № 2 (55). – С. 80–94.
3. **Вариации** изотопного состава углерода и кислорода в эмсских и эйфельских отложениях на юго-востоке Латвийской седловины / А. А. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2022. – № 1 (56). – С. 67–79.

4. **Вассоевич, Н. Б.** Основные закономерности, характеризующие органическое вещество современных и ископаемых осадков / Н. Б. Вассоевич // Природа органического вещества современных и ископаемых осадков. – М. : Нauка, 1973. – С. 11–59.
5. **Геология Беларуси** / ред. А. С. Махнac [и др.]. – Минск : Ин-т геолог. наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
6. **Геохимические особенности минеральных вод отложений нижней части платформенного чехла Гомельской структурной перемычки и сопредельных территорий** / В. И. Толстошев [и др.] // Літасфера. – 2019. – № 1 (50). – С. 116–135.
7. **Девон** Воронежской антеклизы и Московской синеклизы / Г. Д. Родионова [и др.]. – М. : ЦРГЦ, 1995. – 265 с.
8. **Девон** и карбон Прибалтики / В. С. Сорокин [и др.]. – Рига : Зинатне, 1981. – 502 с.
9. Жарков, М. А. История палеозойского соленакопления / М. А. Жарков. – Новосибирск : Наука, 1978. – 272 с.
10. **Зайцев, А. В.** Изотопный состав углерода и кислорода в карбонатных отложениях нижнего и среднего ордовика на северо-западе Русской плиты / А. В. Зайцев, Б. Г. Покровский // Литология и полезные ископаемые. – 2014. – № 3. – С. 283–291.
11. **Зоненшайн, Л. П.** Тектоника литосферных плит территории СССР / Л. П. Зоненшайн, М. И. Кузьмин, Л. М. Натапов. – М. : Недра, 1990. – Кн. 1. – 328 с.
12. **Изотопная хемостратиграфия верхнеэмсско-среднезайфельских отложений в разрезе параметрической скважины Кормянская на Жлобинской седловине** / А. А. Махнac [и др.] // Літасфера. – 2019. – № 2 (51). – С. 64–74.
13. **Изотопная хемостратиграфия нижне-среднедевонского разреза зоны сочленения Оршанской впадины и Жлобинской седловины (параметрическая скважина Быховская)** / А. А. Махнac [и др.] // Літасфера. – 2019. – № 1 (50). – С. 136–148.
14. **Изотопы углерода и кислорода и условия формирования верхнефаменских сланценосных отложений Припятского прогиба на юге Беларуси** / А. А. Махнac [и др.] // Литология и полезные ископаемые. – 2020. – № 1. – С. 28–42.
15. **Кудельский, А. В.** Гидрогеология и минеральные воды Беларуси / А. В. Кудельский. – Минск : Беларуская наука, 2017. – 285 с.
16. **Кудельский, А. В.** Подземные воды Оршанской впадины / А. В. Кудельский. – Минск : Беларуская наука, 2019. – 131 с.
17. **Махнac, А. А.** Вариации изотопного состава углерода и кислорода в эмсско-франских отложениях Северо-Припятского плеча (юго-восток Беларуси) / А. А. Махнac, Б. Г. Покровский, О. В. Мурашко // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 101–115.
18. **Махнac, А. А.** Геохимия стабильных изотопов в платформенном чехле Беларуси / А. А. Махнac, Н. А. Махнac, Б. Г. Покровский. – Минск : Беларуская наука, 2022. – 373 с.
19. **Махнac, А. А.** Катагенез и подземные воды / А. А. Махнac. – Минск : Наука и техника, 1989. – 335 с.
20. **Никаноров, А. М.** Стабильные изотопы в гидрохимии / А. М. Никаноров, Ю. А. Федоров. – Л. : Гидрометеоиздат, 1988. – 247 с.
21. **Обуховская, В. Ю.** Седиментологические и биотические события в девоне на территории Жлобинской седловины и Северо-Припятского плеча и их палинологические маркеры / В. Ю. Обуховская, Т. Г. Обуховская, С. А. Кручен // Літасфера. – 2012 – № 1 (36). – С. 31–46.
22. **Ронов, А. Б.** Стратисфера, или осадочная оболочка Земли (количественное исследование) / А. Б. Ронов. – М. : Наука, 1993. – 144 с.
23. **Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов** / В. Н. Шванов [и др.] – СПб. : Недра, 1998. – 352 с.
24. **Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объяснительная записка** / ред. С. А. Кручен [и др.]. – Минск : ГП «БелНИГРИ», 2010. – 282 с.
25. **Фор, Г.** Основы изотопной геологии : пер. с англ. / Г. Фор. – М. : Мир, 1989. – 590 с.
26. **S-O-Sr-S-изотопная геохимия и хемостратиграфическая корреляция ордовикских отложений Вилойской структурно-фаціальной зоны, Сибирская платформа** / Б. Г. Покровский [и др.] // Литология и полезные ископаемые. – 2022. – № 6. – С. 570–596.
27. **Fricke, H. C.** The correlation between  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  ratios of meteoric water and surface temperature: its use in investigating terrestrial climate change over geologic time / H. C Fricke, J. R. O'Neil // Earth Planet. Sci. Lett. – 1999. – Vol. 170. – P. 181–196.
28. **Grossman, E. L.** Oxygen Isotope Stratigraphy / E. L. Grossman // The Geologic Time Scale 2012 / Eds. F. M. Gradstein [et al.]. – Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo : Elsevier, 2012. – P. 181–206.
29. **Grossman, E. L.** Oxygen Isotope Stratigraphy / E. L. Grossman, M. M. Joachimski // The Geologic Time Scale 2020 / Eds. F. M. Gradstein [et al.]. – Amsterdам, Oxford, Cambridge (MA, US) : Elsevier, 2020. – P. 279–307.
30. **Oxygen** isotope evolution of biogenic calcite and apatite during the Middle and Late Devonian / M. M. Joachimski [et al.] // International Journal of Earth Sciences. – 2004. – 93 (4). – P. 542–553.
31. **Rozanski, K.** Isotopic Patterns in Modern Global Precipitation / K. Rozanski, L. Araguas-Araguas, R. Gonfiantini // Climate Change in Continental Isotope Records, Geophysical Monograph Series. – Washington DC : AGU, 1993. – Vol. 78. – 36 p.
32. **Secular** variation in Late Cretaceous carbon isotopes: a new  $\delta^{13}\text{C}$  carbonate reference curve for the Cenomanian – Campanian (99.6–70.6 Ma) / I. Jarvis [et al.] // Geological Magazine. – 2006. – № 143 (5). – P. 561–608.

33. Van Geldern, R. Carbon, oxygen and strontium isotope records of Devonian brachiopod shell calcite / R. van Geldern // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2006. – № 240 (1–2). – P. 47–67.
34.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  evolution of Phanerozoic seawater / J. Veizer [et al.] // Chemical Geology. – 1999. – № 161 (1–3). – P. 59–88.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 27.02.2023

Рэцэнзент У. М. Шымановіч

## ІЗАТОПЫ ВУГЛЯРОДУ І КІСЛАРОДУ Ў СЯРЭДНЯЭЙФЕЛЬСКІХ АДКЛАДАХ БЕЛАРУСІ

А. А. Махнач<sup>1</sup>, Б. Г. Пакроўскі<sup>2</sup>, В. В. Мурашка<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Філіял «Інстытут геалогіі» Дзяржаўнага прадпрыемства  
«Навукова-вытворчы цэнтр па геалогіі»  
вул. Акад. Купревіча, 7, 220141, Мінск, Беларусь

E-mail: amahnach1951@gmail.com

<sup>2</sup>Геалагічны інстытут РАН  
Пыжэўскі зав., 7, 119017, Москва, Расія  
E-mail: pokrov@ginras.ru

Артыкул змяшчае вынікі ізатопна-геахімічнага вывучэння гліністых адкладаў гарадокскага горыонту (сярэдні эйфель) Беларусі ў разрэзах пяці свідравін – Паўночна-Полацкай (на паўднёвым усходзе Латвійскай седлавіны, Быхаўскай (у зоне сучленення Аршанская упадзіны і Жлобінскай седлавіны), Кармянскай (на Жлобінскай седлавіне), Прыволле (на Паўночна-Прыпяцкім плячы Прыпяцкага прагіну) і ГГК-1 (на паўднёва-заходнім ускрайку Варонежскай антэклізы). Вызначаны вугляродна-ізатопныя сігналы нармальнай марской седиментацыі, актыўнасці ролі вод кантынентальнага сіёку, уплыву акіслення арганічнага рэчыва ў асадку. Ва ўсіх разрэзах дамінуюць значэнні  $\delta^{18}\text{O}$ , характэрныя для эйфельскіх марскіх карбанатаў і некалькі больш высокія, якія, магчыма, абумоўлены выпарэннем марской вады. У вузкім інтэрвале разрэзу свідравіны ГГК-1, які складзены з чыстых ад гліністага дамешку, кавярнозна-порыстых і трэшчынаватых даламітаў, адмоўны зрух  $\delta^{18}\text{O}$  абумоўлены катагенетычнай перакрышталізацыяй парод у асяроддзі інфільтрацыйных падземных вод.

## CARBON AND OXYGEN ISOTOPES IN THE MIDDLE EIFEIAN DEPOSITS OF BELARUS

A. Makhnach<sup>1</sup>, B. Pokrovsky<sup>2</sup>, O. Murashko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The «Institute of Geology» Branch of the State Enterprise  
«Research and Production Centre for Geology»  
7 Akad. Kuprevich St, 220141, Minsk, Belarus  
E-mail: amahnach1951@gmail.com

<sup>2</sup>The Geological Institute of the Russian Academy of Sciences  
7 Pyzhevsky Lane, 119017, Moscow, Russia  
E-mail: pokrov@ginras.ru

The paper contains the results of isotope-geochemical study of clay-carbonate and carbonate-argillaceous deposits of the Gorodok horizon (Middle Eifelian) on the territory of Belarus in geological sections of five boreholes. These boreholes are the North-Polotsk (south-east of the Latvian Saddle), Bykhov (the conjugation zone of the Orsha Depression and Zhlobin Saddle), Korma (Zhlobin Saddle), Privilje (the North Shoulder of the Pripyat Trough) and GGK-1 (south-west edge of the Voronezh Anteclise). Carbon isotope signals of normal marine sedimentation, increase of the continental water role, influence of organic matter oxidation in sediment were revealed. The  $\delta^{18}\text{O}$  values typical for the Eifelian marine carbonates and somewhat higher ones dominate in all sections. The latter values, are, probably, caused by seawater evaporation. The narrow interval of the GGK 1 section represented by free from clay impurities, cavernous-porous and fissured dolomite is characterized by a negative  $\delta^{18}\text{O}$  shift which is conditioned by the rock catagenetic recrystallization in the infiltration subsurface water environment.

## КАРЫСНЫЯ ВЫКАПНІ

# ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЙОДА И БРОМА В ПОПУТНЫХ ВОДАХ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕЛАРУСИ ПРИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КАЧЕСТВЕ ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

В. Д. Порошин, С. Л. Порошина

УО «Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого»  
проспект Октября, 48, 246746, Гомель, Беларусь  
E-mail: poroshin-52@mail.ru

*Впервые для условий нефтяных месторождений Республики Беларусь разработан гидрохимический метод оценки разбуроживания попутных вод в процессе их использования в качестве гидроминерального сырья. Метод основан на прогнозе изменения концентраций промышленно ценных химических элементов в попутно добываемых с нефтью водах за счет изменения рассчитываемого для конкретных залежей долевого участия пластовых рассолов в заводнении продуктивных пластов и за счет разбавления ранее закачанных в залежь вод отработанными (после извлечения ценных компонентов) водами. Апробация предложенного метода рассматривается на примере прогноза на десятилетний период (2021–2030 гг.) изменения содержаний йода и брома в попутных водах самой крупной в Беларуси межсолевой залежи нефти Осташковичского месторождения при извлечении из них этих элементов и закачки отработанных вод в нагнетательные скважины.*

### ВВЕДЕНИЕ

Рациональное использование природных ресурсов, отраженное в классификации запасов и ресурсов нефти и природного газа, основывается на комплексном изучении месторождений. В значительной мере оно определяется вовлечением в промышленное освоение, наряду с нефтью и газом, попутных ископаемых и компонентов. К одному из видов попутных полезных ископаемых относятся пластовые воды продуктивных и водоносных горизонтов, а также попутно добываемые воды нефтяных месторождений, содержащие повышенные концентрации йода, брома, бора, соединения калия, лития, рубидия, стронция и других компонентов, которые могут рассматриваться в качестве гидроминерального сырья для промышленного получения этих элементов и их соединений.

Имеющиеся сведения о составе попутных вод нефтяных месторождений Беларуси свидетельствуют о том, что они являются поликомпонентным гидроминеральным сырьем высокого качества. Концентрации брома в попутно добываемых с нефтью водах достигают 2–3 г/л, йода 40–50 мг/л, отмечается также весьма высокие содержания в них ряда других промышленно ценных элементов. Проведенные ранее работы по технико-экономическому обоснованию применения попутных вод в качестве гидроминерального сырья (для извлечения йода и брома) и выполненный подсчет эксплуатационных запасов и потенциальных ресурсов этих элементов в попутных водах нефтяных месторождений Бела-

руси показали, что их вполне достаточно для организации промышленного производства [1; 2; 3; 4].

За годы, прошедшие после проведенной оценки эксплуатационных запасов и ресурсов попутных вод, произошли существенные изменения в ресурсной базе. Отмечаемый постоянный рост степени обводнения добываемой продукции, притом что в последние годы происходит увеличение объемов добычи нефти, позволяет полагать, что объемы попутно добываемых с нефтью вод в обозримом будущем будут также расти. В настоящее время при разработке нефтяных месторождений Республики Беларусь ежегодно извлекается более 6,7 млн м<sup>3</sup> попутных вод, содержащих промышленные концентрации йода, брома и других элементов. Учитывая то, что извлечение попутных вод не требует строительства дорогостоящей инфраструктуры (скважин, систем сбора, транспорта и т. п.) и дополнительных затрат на подъем гидроминерального сырья на поверхность и утилизацию отработанных отходов, возможность использования их в качестве гидроминерального сырья в значительной степени определяется содержанием промышленно-ценных компонентов в этих водах, их запасами и ресурсами [5]. Поэтому при рассмотрении вопросов целесообразности использования попутных вод в качестве гидроминерального сырья первоочередное значение приобретает знание текущего и прогнозного состояния его сырьевой базы.

В 2021 г. в БелНИПИнефть с привлечением сотрудников ГГТУ им. П. О. Сухого проведена научно-исследовательская работа по оценке текущих

запасов и ресурсов брома и йода в попутно добываемых с нефтью водах по ряду наиболее крупных залежей нефти Припятского прогиба и прогноз их изменения в случае запуска в работу предприятий по их переработке. В целях решения данной задачи проведена обработка и интерпретация сведений о химическом составе попутных вод за весь срок разработки залежей, рассчитаны концентрации, оценены запасы и ресурсы рассматриваемых компонентов по состоянию на указанную дату, сделан прогноз изменения ресурсной базы до 2030 г. при использовании попутных вод рассмотренных залежей для извлечения йода и брома [5].

Одна из наиболее сложных задач, связанная с оценкой изменения ресурсной базы промышленно ценных элементов при использовании попутных вод нефтяных месторождений в качестве гидроминерального сырья, состояла в необходимости учета процесса их разубоживания при закачке в продуктивные пласти отработанных вод после извлечения из них конкретных компонентов. Эти сложности обусловлены, прежде всего, необходимостью учета особенностей геологического строения и гидрологических условий месторождений, применяемых систем их разработки и технологий добычи углеводородного сырья, которые в разных нефтедобывающих регионах существенно различаются [6; 7; 8; 9]. В связи с этим до настоящего времени не существует регламентирующих методических документов, пригодных для любого нефтедобывающего региона, по оценке влияния процесса разубоживания попутно добываемых совместно с нефтью вод на изменение концентраций конкретных полезных компонентов. Решение данной задачи для условий нефтяных месторождений нашей республики осложняется еще и тем, что они связаны с засоленными коллекторами. Это приводит к более сложному формированию состава попутных вод в процессе их разработки по сравнению с месторождениями большинства других нефтедобывающих регионов и необходимости учета данных особенностей при прогнозе степени разубоживания попутных вод в процессе извлечения из них каких-то компонентов.

Авторами статьи предлагается решать данную задачу с помощью изложенного ниже методического подхода, основанного на результатах обработки и интерпретации гидрохимических и нефтепромысловых данных.

## ПРЕДЛАГАЕМАЯ МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведенная ранее детальная обработка данных по химическому составу пластовых, закачиваемых

и попутных вод нефтяных месторождений Беларусь позволила провести оценку долевого участия пластовых и закачиваемых вод в попутно добываемых рассолах для целого ряда разрабатываемых белорусских месторождений. Анализ карт распределения показателей смешения закачиваемых и пластовых вод, отмечающегося при разработке нефтяных залежей, а также графиков изменения величины этих показателей во времени указывает на то, что каждая залежь характеризуется своими особенностями, которые могут быть использованы при решении поставленной задачи. Отмечено, что многие залежи характеризуются определенным долевым участием пластовых рассолов в составе попутно добываемых вод [10]. При этом для одних залежей эта величина относительно постоянная и практически не изменяется за время разработки залежи, для других отмечается тенденция к ее снижению или росту, что определяется особенностями геологического строения залежей и сложившейся системой их разработки. Данное положение предлагается учитывать при решении задачи по оценке процесса разубоживания попутных вод в случае их использования в качестве гидроминерального сырья.

При решении данной задачи мы исходили из того, что в процессе разработки месторождений концентрации промышленно-ценных компонентов в окружающих залежи нефти пластовых рассолах остаются практически неизменными. Поэтому, зная долевое участие пластовых рассолов в попутно добываемых водах, можно прогнозировать нижний предел содержащихся в них компонентов на предстоящий период разработки залежей ( $C_{min}$ ). Эта величина может изменяться лишь при изменении показателя, отражающего долю пластовых рассолов в попутно добываемых водах. Поэтому первоочередной задачей проводимых исследований является прогноз величины данного показателя по конкретным залежам на период работы предприятия по переработке гидроминерального сырья.

Для расчета объема внедрившихся в залежь пластовых рассолов по имеющимся гидрохимическим данным с помощью разработанных нами методических подходов и расчетных модулей Галит-1 и Галит-1т определяется величина  $X$  – доля закачиваемых, а соответственно, и пластовых  $X_1 = (1 - X)$  вод в попутно добываемых [11; 12; 13].

По результатам проведенных расчетов предлагается строить графики изменения долевого участия пластовой воды в попутно добываемых рассолах во времени и вычислять средние значения анализируемого показателя за определенные промежутки времени. Анализ этих материалов позволит сделать прогноз минимально возможных концентраций полезных компонентов ( $C_{min}$ ) в попутных

водах во время использования последних в качестве гидроминерального сырья как произведение концентрации этих компонентов в пластовых рассолах ( $C_{\text{пл}}$ ) и коэффициента долевого участия пластовых рассолов в попутно добываемых водах:

$$C_{\min} = C_{\text{пл}} X_1. \quad (1)$$

В остающемся в залежи объеме ранее закачанных вод, концентрации полезных компонентов будут снижаться за счет разубоживания отработанной (после извлечения этих компонентов) водой, которая будет использоваться в системе ППД. Для оценки объемов этих вод в залежах нам необходимо знать величину ресурсов попутных рассолов и динамику изменения коэффициента долевого участия в них закачиваемых вод  $X$ .

Для оценки объема вод ( $Q_1$ ), ранее закачанных и оставшихся в залежи, вначале рассчитывается объем ( $Q_b$ ) всех вод в залежи (ресурсы вод), который равен объему добытой нефти ( $Q_h$ ), переведенному в пластовые условия:

$$Q_b = \frac{Q_h}{\rho_h} b, \quad (2)$$

где  $b$  – объемный коэффициент;

$\rho_h$  – плотность дегазированной нефти, г/см<sup>3</sup>.

Объем остающихся в залежи закачанных вод определяется ( $Q_1$ ) как произведение величины ( $Q_b$ ) и средневзвешенной величины  $X$  по заводненной части залежи:

$$Q_1 = Q_b X. \quad (3)$$

Снижение концентраций анализируемых компонентов в этих водах рекомендуется оценивать путем учета закономерности смешения больших объемов находящейся в залежи ранее закачанной воды (значительной доли ресурсов попутных вод) с относительно небольшими годовыми объемами сбрасываемых в продуктивные пласти отработанных попутных вод, обедненных микрокомпонентами. При этом, как мы видели выше, в расчеты следует принимать не все ресурсы, а только их часть ( $Q_1$ ), определить которую можно и как разность между объемом ресурсов попутных вод по залежи, и объемом находящихся в залежи пластовых рассолов:

$$Q_1 = Q_b - Q_{\text{пл}}. \quad (4)$$

Следует отметить, что величина этой доли ресурсов не является постоянной и будет расти за счет восполнения объема добытой из залежи нефти закачиваемыми водами ( $Q_{\text{зак}}$ ). Величину ежегодного прироста ( $Q_1$ ), т. е. величину ( $Q_b$ ) можно определить по формуле (2).

Для оценки содержаний отдельных компонентов в смеси двух разных по составу вод предлагается

использовать формулу А. Р. Ахундова и Ш. Ф. Мехтиева, основанную на линейной зависимости содержания компонентов от пропорций смещающихся вод [14]. Для решения нашей задачи она будет иметь следующий вид:

$$C_2 = (C_1 - C_{\text{ост}}) X_2 + C_{\text{ост}}, \quad (5)$$

где  $X_2$  – объемная доля 1-й воды ( $Q_1$ ) в составе смеси ( $Q_1 + Q_{\text{зак}}$ );

$C_1$  – начальное содержание какого-либо компонента в составе 1-й воды (в закачанной ранее и остающейся в залежи воде);

$C_{\text{ост}}$  – содержание этого же компонента в составе 2-й воды (отработанной воде, после извлечения ценных компонентов и вновь закачанной в залежь в текущем году);

$C_2$  – содержание этого компонента в составе смеси вод этих вод.

Формула (5) справедлива для тех случаев, когда не происходит процессов взаимодействия вод с породой и не отмечается выпадения осадков с участием анализируемых компонентов. Расчеты должны проводиться по так называемым консервативным компонентам, которые практически не сорбируются породами и коллоидными системами, не дают трудно растворимых соединений и не усваиваются биологическим путем [6; 7; 8]. Как известно, бром и йод можно отнести к консервативным элементам, соответственно, расчеты уверенно можно проводить по формуле (5).

Для расчета величины  $X_2$  вначале необходимо определить ( $Q_2$ ) – суммарный объем смеси вод ( $Q_1$ ) и годового объема закачиваемых вод ( $Q_{\text{зак}}$ ) (6), а затем определить объемную долю воды ( $Q_1$ ) в составе смеси (7):

$$Q_2 = Q_1 + Q_{\text{зак}}. \quad (6)$$

$$X_2 = \frac{Q_1}{Q_2}. \quad (7)$$

Начальное содержание какого-либо компонента в закачанной ранее и остающейся в залежи воде, при условии отсутствия в залежи пластовых рассолов ( $C_1$ ), определяется как разница между концентрациями этих компонентов в попутной воде и  $C_{\min}$ :

$$C_1 = C_{\text{пл}} - C_{\min}. \quad (8)$$

Чтобы определить величину  $C_{\text{ост}}$  – содержание этого же компонента в отработанной воде, после извлечения ценных компонентов, необходимо знать долю не извлекаемой (остаточной) их концентрации ( $X_{\text{техн}}$ ), что зависит от применяемой технологии извлечения этих компонентов. В таком случае:

$$C_{\text{ост}} = C_1 X_{\text{техн}}. \quad (9)$$

Зная концентрацию ценного компонента по состоянию на конкретную дату в попутных водах, определяемую наличием пластовых рассолов ( $C_{\min}$ ) и величину этой концентрации, определяемую наличием в пластах ранее закачанных вод ( $C_2$ ) можно рассчитать прогнозное содержание рассматриваемых компонентов:

$$C = C_{\min} + C_2. \quad (10)$$

Иными словами, концентрация рассматриваемых элементов в попутных водах будет определяться как сумма минимально возможной их величины, обусловленной долей пластовых рассолов, и расчетной величины концентрации, обусловленной долей ранее закачанных и оставшихся в залежи вод.

С применением вышеизложенного алгоритма решения задачи по оценке изменения концентраций отдельных компонентов в процессе разубоживания попутно добываемых с нефтью вод, составлен расчетный модуль, который использовался для решения стоящей задачи по ряду наиболее крупных разрабатываемых нефтяных залежей Беларуси.

## АПРОБАЦИЯ ПРЕДЛОЖЕННОГО МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Апробацию предложенного методического подхода рассмотрим на примере самой крупной в Беларуси межсолевой залежи нефти Осташковичского месторождения, по которой в БелНИПИнефть параллельно проводилось компьютерное моделирование процесса разубоживания концентраций йода и брома с использованием гидродинамической модели.

В целях выяснения особенностей заводнения межсолевой залежи нефти Осташковичского месторождения различными типами вод в последние десятилетия и прогноза возможных изменений состава попутных вод на ближайшие 10 лет (при их использовании в качестве гидроминерального сырья) нами проведена детальная обработка имеющихся нефтепромысловых гидрохимических данных за 1994–2021 гг. Для этого, прежде всего, были построены графики изменения плотностей попутных вод для всех добывающих скважин за время их эксплуатации с нанесением на них сведений о плотностях, полученных при проведении химического анализа этих вод. Примеры таких графиков приведены на рисунке 1.

Анализ этих графиков позволил создать две выборки результатов химического анализа, которые характеризуют состав вод, обводняющих скважины, и вод, обводняющих продукцию по ранее разработанному методическому подходу [13]. Проведенная обработка гидрохимических данных позволила определиться с методическими приемами проводимых расчетов.

Для характеристики состава пластовых растворов межсолевого нефтегазоносного комплекса Осташковичского месторождения использовались результаты химического анализа вод, отобранных при испытании поисковых и разведочных скважин рассматриваемого месторождения. При этом из всех имевшихся ранее [15] и новых данных были выделены по разработанным ранее критериям разбраковки [16; 17; 18] наиболее представительные, которые использовались для определения корректных значений концентраций кальция, магния, натрия и калия в пластовых водах рассматриваемого месторождения.

В целях обоснования концентраций анализируемых компонентов в закачиваемых водах был построен график изменения плотности вод, закачиваемых в залежь через нагнетательные скважины, с нанесением на него сведений о плотностях вод блочной кустовой насосной станции БКНС-3 (рис. 2).

Отсутствие данных по плотностям закачиваемых вод до 1994 г. по нагнетательным скважинам не позволяет корректно решить вопрос о составе закачиваемых в залежь вод и, соответственно, проводить расчеты показателей долевого участия пластовых и закачиваемых вод в попутно добываемых за этот период. Поэтому в дальнейшем обработка гидрохимических данных по этой и другим залежам проводилась с использованием более поздних результатов изучения химического состава закачиваемых и попутных вод.

На рисунке 2 хорошо видно, что с 1994 по 2013 г. плотности закачиваемых вод в нагнетательные скважины и вод БКНС-3 заметно различаются. Для данного периода времени наблюдается рост плотностей закачиваемых вод, но их плотность заметно ниже, чем плотность вод БКНС-3. С учетом этого были обоснованы средние концентрации щелочных и щелочноземельных элементов в закачиваемых водах первого из рассматриваемых расчетных периодов. В последующий период плотности закачиваемых вод и вод БКНС-3 оказались сопоставимыми, что послужило обоснованием при выборе наиболее представительных химических анализов для определения содержания кальция, магния, натрия и калия в закачиваемых водах второго периода.

Проведенная обработка гидрохимических данных позволила провести расчеты величины показателя долевого участия пластовых рассолов в попутно добываемых водах по каждому из анализов их химического состава. Расчеты проводились с использованием методических приемов Галит-1 и Галит-1т.

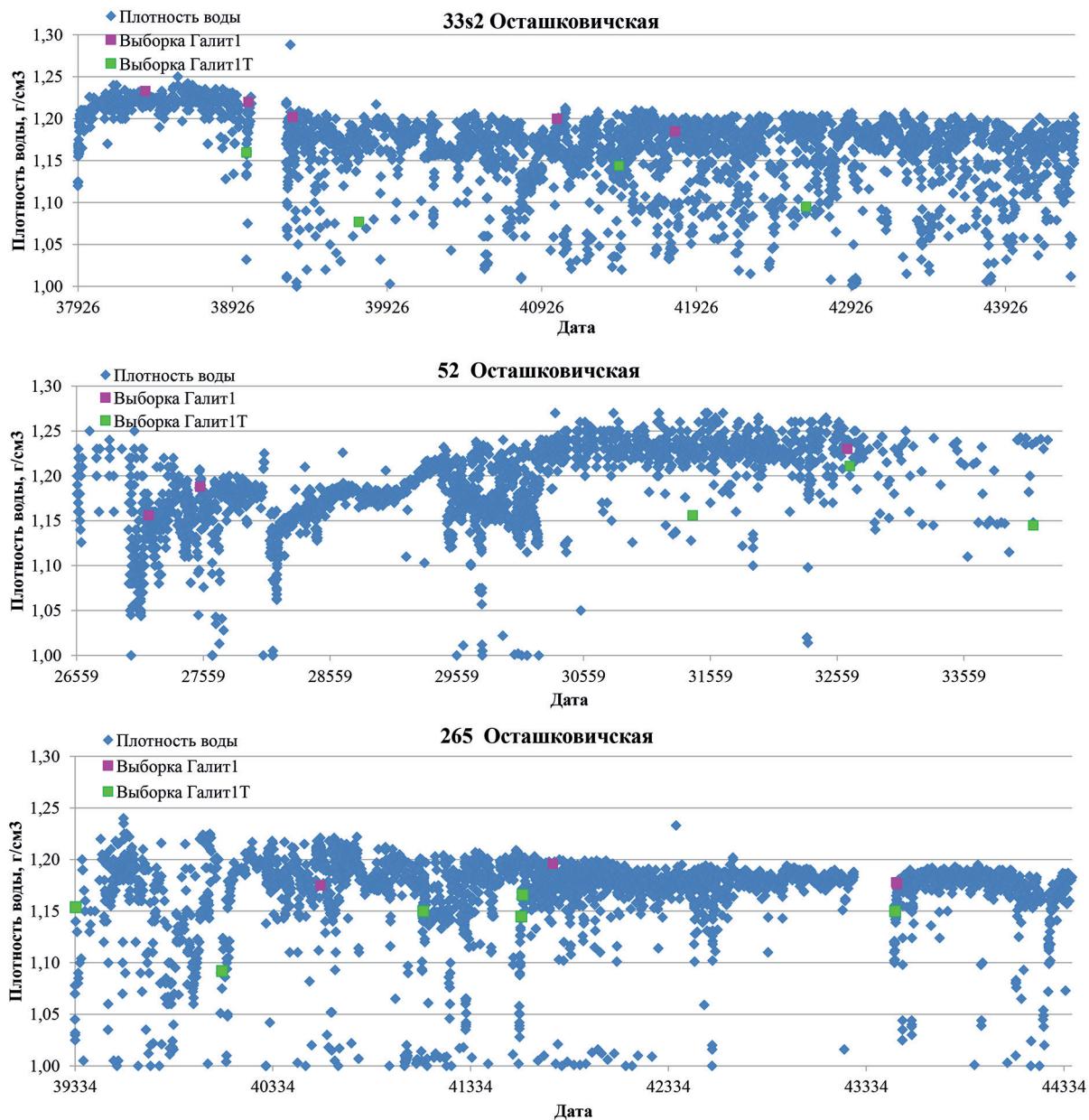


Рисунок 1 – Изменение плотности попутных вод по скв. 33s2, 52, 265 Осташковичского месторождения

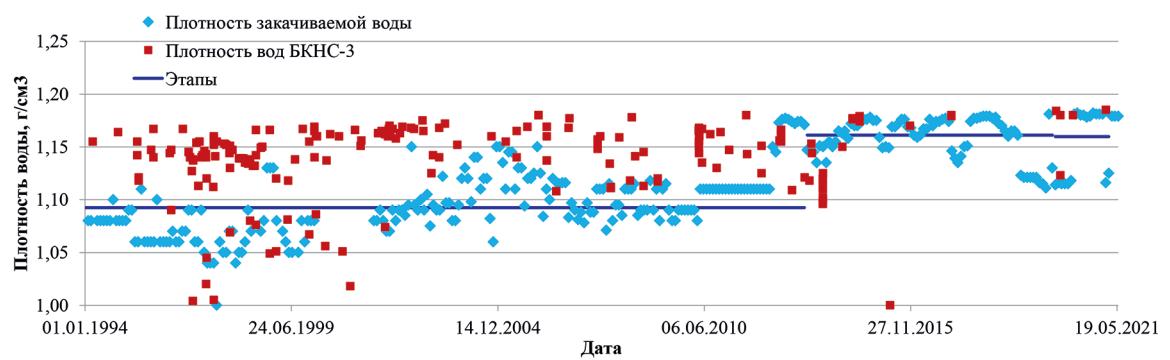


Рисунок 2 – Осташковичское месторождение нефти. Изменение плотности закачиваемых вод с 1994 по 2021 г.

Следует полагать, что с участками более активного внедрения в залежь пластовых рассолов следует связывать более высокие концентрации йода и брома. Это достаточно явно прослеживается на графиках зависимости концентраций брома и йода в попутных водах от долевого участия в них пластовых рассолов (рис. 3). Широкий разброс точек на построенных графиках объясняется прежде всего тем, что химический состав закачиваемых вод за время эксплуатации залежи формировался за счет поступления попутных вод из месторождений всего второго нефтепромысла и разбавления этих вод в разной степени сточными водами. При этом следует учесть, что химический состав пластовых вод залежей этих месторождений заметно различается.

Рассматривая приведенные графики, можно заметить, что линии установленных зависимостей пересекают ось концентраций брома при значениях около 1000 мг/л, а ось йода около 10 мг/л, что отражает средние содержания этих элементов в закачиваемых водах за анализируемый период. При долевом участии пластовых рассолов в попутно добываемых водах равном единице концентрации брома по зависимости составляют около 2400–2500 мг/л, а йода около 46–47 мг/л, что примерно соотносится с содержанием этих элементов в пластовых рассолах (2587 и 47,7 мг/л соответственно). Такое совпадение не случайно, оно подтверждает верность наших представлений о зависимости концентраций ценных компонентов в попутных водах от долевого участия в их составе пластовых рассолов и свидетельствует о достаточной обоснованности предлагаемого методического подхода по прогнозу разубоживания гидроминерального сырья.

Для прогноза возможных изменений концентраций полезных компонентов в попутно добываемых водах рассматриваемой залежи нефти до 2030 г. построены графики изменения величины долевого участия в них пластовых рассолов за последние 27 лет (рис. 4). Отмечено, что четкой закономерности изменения данного показателя за анализируемый период времени не наблюдается. Это преимущественно связано с отбором проб попутных вод из скважин, расположенных в участках с различной долей в них пластовых рассолов и закачкой в продуктивные пластины вод различного химического состава.

Несмотря на это, на графиках четко отмечается тенденция снижения доли пластовых рассолов в попутных водах. Об этом же говорит и сравнение средневзвешенных значений долевого участия пластовых рассолов в попутно добываемых водах за вышеупомянутые периоды времени (0,42 и 0,38 соответственно). Казалось бы, установленная осо-

бенность должна указывать на снижение концентраций брома и йода в попутно добываемых водах со временем, но этого не наблюдается. Последнее связано с тем, что при снижении содержания рассматриваемых элементов в доле пластовых рассолов отмечался постоянный рост их концентраций в закачиваемой воде.

При работе предприятия по извлечению йода и брома из попутных вод в продуктивные пластины будут закачиваться отработанные воды с низкими концентрациями этих элементов, к тому же доля пластовых рассолов в попутных водах также будет несколько снижаться, что приведет к ухудшению качества используемого гидроминерального сырья.

Исходя из установленной тенденции снижения доли пластовых рассолов, будем полагать, что за прогнозируемый период она будет изменяться по зависимости, отраженной на рисунке 4. В таком случае минимально возможные концентрации брома и йода в попутных водах (при отсутствии этих элементов в доле закачанной воды) составят ( $2587 \times 0,312$ ) 806,94 мг/л брома и 14,87 йода соответственно к концу первого года работы предприятия по извлечению йода и брома (табл. 1). В дальнейшем расчете минимальных концентраций йода и брома по состоянию на конец каждого последующего года используются значения  $X_1$ , получаемые по ранее установленной зависимости (см. рис. 4).

При использовании попутных вод в качестве гидроминерального сырья средняя концентрация брома в доле закачанной воды будет снижаться в соответствии с изменением величины  $X_2$ . Она определяется как отношение объема закачанных и остающихся в залежи вод  $Q_1$  к  $Q_2$  – сумме объемов закачанной (и остающейся в залежи) воды и годовой закачки отработанной воды.

Объем закачанных и остающихся в залежи вод  $Q_1$  может быть определен как произведение суммарных ресурсов попутных вод по данной залежи и коэффициента долевого участия закачиваемых вод в попутно добываемых  $X$  ( $44\ 460,61 \times 0,668 = 30\ 592,35$  тыс. м<sup>3</sup>). В целях оценки объема, заполненного вместо добытыми нефти пластовой и закачанной водой за рассматриваемый год, годовая добыча нефти по состоянию на конец расчетного года переведена в пластовые условия по формуле (2) и составила 213,66 тыс. м<sup>3</sup>. В таком случае суммарный объем вод  $Q_2$  определяется по уравнению (9) – 32 764,35 тыс. м<sup>3</sup>, а величина  $X_2$  по уравнению (10) – 0,933.

При прогнозе величины концентраций ценных элементов в остающейся в залежи воде должны учитываться концентрации рассматриваемых микрокомпонентов в отработанных водах, которые будут закачиваться в залежь для ППД уже после их извлечения.

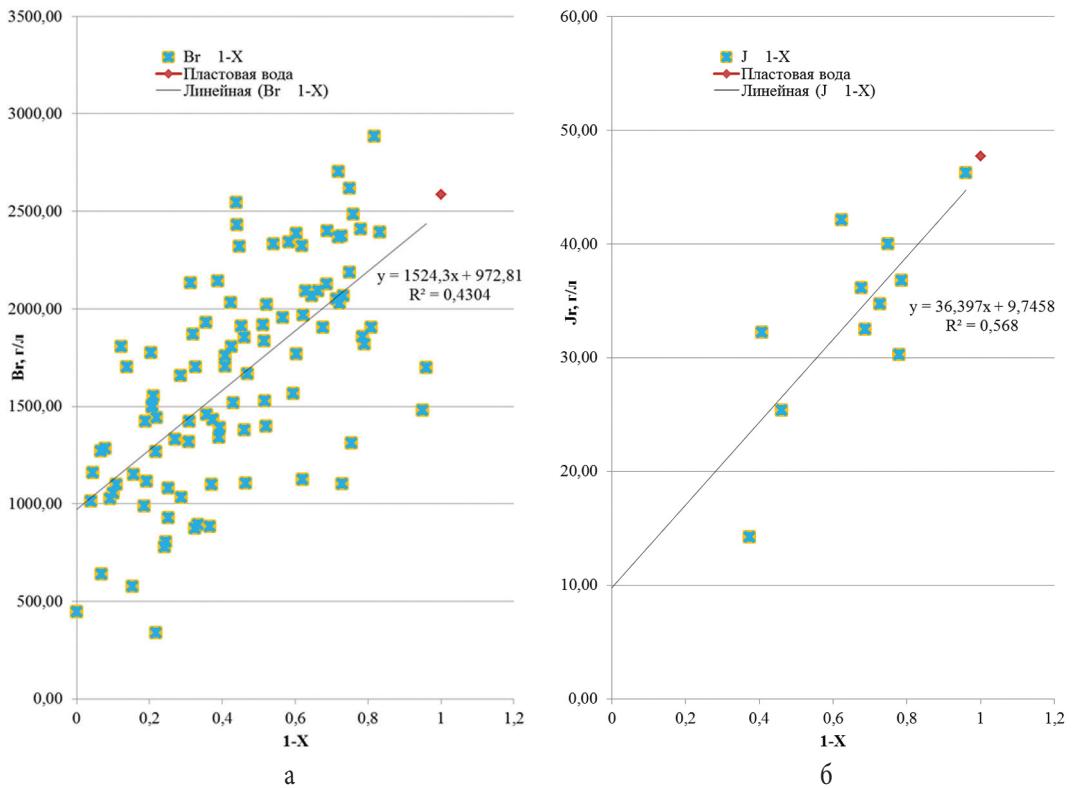


Рисунок 3 – Зависимость осредненных по скважинам концентраций брома (а) и йода (б) в попутных водах межсолевой залежи нефти Осташковичского месторождения от долевого участия в них пластовых рассолов

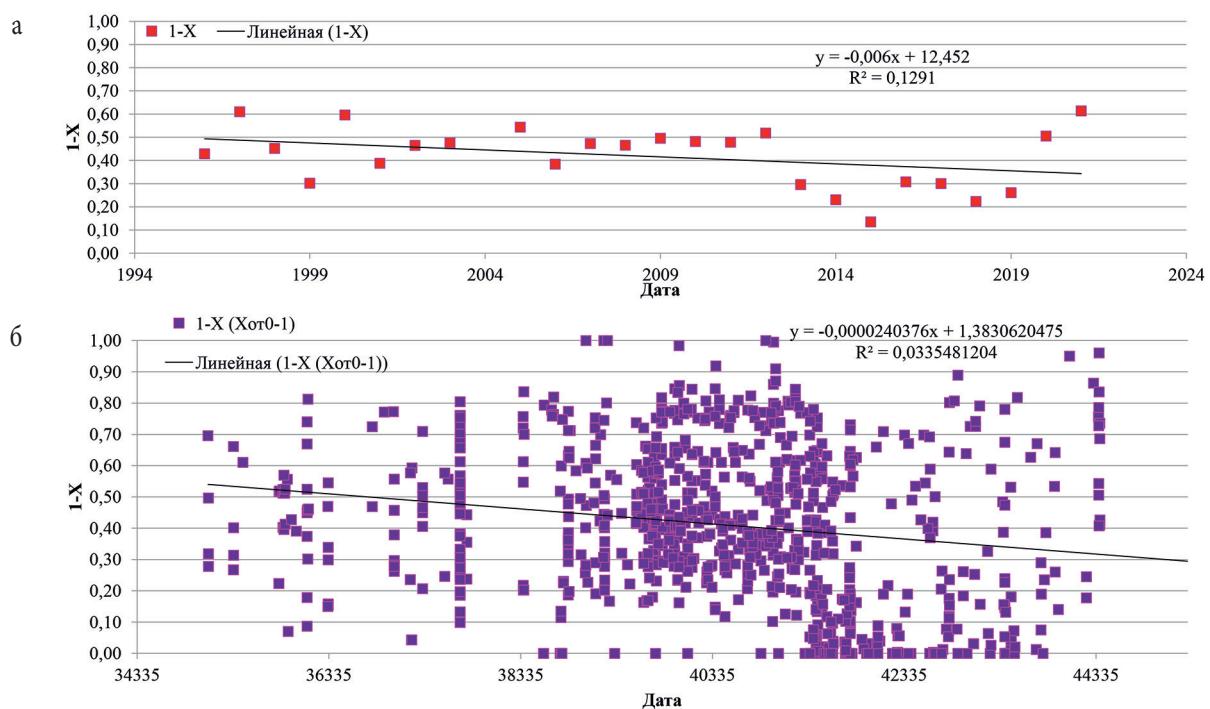


Рисунок 4 – Изменение величины долевого участия пластовых рассолов в попутно добываемых водах петриковско-задонской залежи нефти Осташковичского месторождения:  
по среднегодовым значениям (а), по замерам (б)

**Таблица 1 – Результаты оценки изменения концентраций йода и брома в попутных водах петриковско-задонской залежи нефти  
Осташковского месторождения до 2030 г. (текущие концентрации на 01.01.2021)**

Год	$C_{\text{бр}}^{\text{нр}}, \text{мг/л}$	$X_1 = (1 - X)$	$C_{\text{мин}}^{\text{нр}}, \text{мг/л}$	$Q_{\text{н}}, \text{тыс. т}$	$Q_{\text{вн}^3}, \text{тыс. м}^3$	$\Sigma Q_{\text{вн}^3}, \text{тыс. м}^3$	$Q_{\text{зак}^3}, \text{тыс. м}^3$	$Q_2, \text{тыс. м}^3$	$X_2$	$X_{\text{техн}}$	$C_{\text{окт}}, \text{мг/л}$	$C_1, \text{мг/л}$	$C_2, \text{мг/л}$	$C, \text{мг/л}$	
брюм															
31.12.21	2587	0,312	806,94	165,22	230,05	44246,95	44477,00	30603,62	2268	32871,79	0,931	0,1	178,99	982,98	927,50
31.12.22	2587	0,303	784,25	153,56	213,81	44690,81	31142,85	2119	33261,94	0,936	0,1	173,44	950,20	900,71	1684,96
31.12.23	2587	0,294	761,55	138,49	192,84	44883,65	31671,02	1981	33651,74	0,941	0,1	168,50	923,41	878,98	1640,52
31.12.24	2587	0,286	738,79	125,06	174,13	45057,78	32190,3	1980	34169,99	0,942	0,1	164,05	901,74	859,00	1597,79
31.12.25	2587	0,277	716,09	115,02	160,15	45217,93	32701,44	1945	34646,74	0,944	0,1	159,78	881,69	841,16	1557,25
31.12.26	2587	0,268	693,39	107,71	149,97	45367,91	33207,95	1931	35139,38	0,945	0,1	155,73	863,86	824,94	1518,33
31.12.27	2587	0,259	670,70	101,01	140,65	45508,56	33710,18	1912	35622,03	0,946	0,1	151,83	847,63	810,29	1480,99
31.12.28	2587	0,250	647,94	95,21	132,57	45641,13	34209,92	1877	36087,11	0,948	0,1	148,10	833,05	797,42	1445,36
31.12.29	2587	0,242	625,24	88,07	122,62	45763,75	34703,35	1775	36477,89	0,951	0,1	144,54	820,12	787,25	1412,49
31.12.30	2587	0,233	602,54	82,02	114,20	45877,95	35192,48	1681	36873,84	0,954	0,1	141,25	809,95	779,46	1382,00
йод						44246,95									31,58
31.12.21	47,688	0,312	14,87	165,22	230,05	44477,00	30603,62	2268	32871,79	0,931	0,1	3,16	16,71	15,77	30,65
31.12.22	47,688	0,303	14,46	153,56	213,81	44690,81	31142,85	2119	33261,94	0,936	0,1	3,06	16,19	15,35	29,81
31.12.23	47,688	0,294	14,04	138,49	192,84	44883,65	31671,02	1981	33651,74	0,941	0,1	2,98	15,77	15,02	29,06
31.12.24	47,688	0,286	13,62	125,06	174,13	45057,78	32190,3	1980	34169,99	0,942	0,1	2,91	15,44	14,71	28,33
31.12.25	47,688	0,277	13,20	115,02	160,15	45217,93	32701,44	1945	34646,74	0,944	0,1	2,83	15,13	14,44	27,64
31.12.26	47,688	0,268	12,78	107,71	149,97	45367,91	33207,95	1931	35139,38	0,945	0,1	2,76	14,86	14,19	26,98
31.12.27	47,688	0,259	12,36	101,01	140,65	45508,56	33710,18	1912	35622,03	0,946	0,1	2,70	14,61	13,97	26,34
31.12.28	47,688	0,250	11,94	95,21	132,57	45641,13	34209,92	1877	36087,11	0,948	0,1	2,63	14,39	13,78	25,72
31.12.29	47,688	0,242	11,53	88,07	122,62	45763,75	34703,35	1775	36477,89	0,951	0,1	2,57	14,20	13,63	25,16
31.12.30	47,688	0,233	11,11	82,02	114,20	45877,95	35192,48	1681	36873,84	0,954	0,1	2,52	14,05	13,53	24,63

Эффективность извлечения брома и йода по применяемой технологии принята в 90 %. Последняя величина характерна для большинства использующихся технологий извлечения брома и йода из гидроминерального сырья [6; 7; 8; 9]. В таком случае  $X_{\text{техн}}$  будет равно 0,1. Для проводимых нами расчетов было принято, что ценные компоненты извлекались из всего объема закачиваемых в залежь вод.

Для оценки содержаний брома в смеси оставшихся в залежи ранее закачанных вод и сброшенного в залежь за год отработанного сырья по их химическому составу ( $C_2$ ) использовалась формула А. Р. Ахундова и Ш. Ф. Мехтиева (8), а для оценки текущего содержания этого микроэлемента в попутных водах ( $C$ ) – формула (13). Результаты расчета по вышеприведенному методическому подходу показывают, что на конец первого года работы йодо-бромного производства на основе попутных вод межсолевой залежи Осташковичского месторождения концентрация брома в них оценивается в 1736 мг/л (см. табл. 1).

Расписанная выше процедура при проведении расчетов за каждый год повторялась с использованием скорректированной средней величины концентраций брома, обеспеченной закачанной в залежь водой, что позволяет оценить прогнозные значения рассматриваемого показателя на начало каждого следующего года работы йодо-бромного производства. Аналогичные расчеты проведены для прогноза текущих концентраций йода в попутных водах.

Результаты проведенных расчетов, по прогнозной оценке, величины концентраций брома и йода в попутно добываемых водах межсолевой залежи Осташковичского месторождения на конец каждого года рассматриваемого периода при извлечении из них данных компонентов представлены в таблице 1.

Оценивая результаты проведенных расчетов, необходимо отметить, что за десять лет работы йодо-бромного завода, концентрации извлекаемых полезных компонентов в попутных водах межсолевой залежи Осташковичского месторождения могут снизиться примерно на 20 %. При рассмотрении более длительного периода (период функционирования завода 25–30 лет), можно полагать, что за счет разубоживания концентрации ценных компонентов могут быть снижены почти в два раза.

Используя вышеизложенный подход была проведена оценка изменения концентраций йода и бро-

ма на десятилетний период в попутно добываемых водах нефтяных залежей IV, VIII пачек межсолевых отложений и семилукско-саргаевских отложений Речицкого месторождения, межсолевых залежей Осташковичского, Ю-Осташковичского, Ю-Сосновского и III блока Березинского месторождения, воронежско-саргаевской залежи Вишанского и семилукско-саргаевской залежи Золотухинского месторождений, при их использовании в качестве гидроминерального сырья. Показано, что для большинства рассмотренных залежей нефти следует ожидать заметное снижение концентраций йода и брома за десятилетний период использования попутных вод в качестве минерального сырья. Наиболее ярко это проявляется по межсолевым залежам нефти IV пачки Речицкого месторождения, Ю-Сосновского, Осташковичского месторождений и воронежско-саргаевскому объекту разработки Вишанского месторождения. В данных залежах прогнозируется снижение концентраций ценных компонентов в попутных водах за десятилетний период функционирования йодо-бромного производства на уровне 20 % (табл. 2). Объясняется это, прежде всего, повышенными объемами закачки за этот срок отработанных (и, соответственно, обедненных бромом и йодом) вод в данную залежь по отношению к их ресурсам (35,2–63,6 %).

При использовании в качестве гидроминерального сырья попутных вод семилукско-саргаевской залежи нефти Речицкого месторождения, межсолевых залежей Южно-Осташковичского и III блока Березинского месторождения снижение концентраций этих элементов прогнозируется на уровне 4–14 %. Соотношение объема закачанных за десятилетие вод и суммарных ресурсов попутных вод в этой группе залежей более низкое и составляет 10,7–21,4 %.

На конечные концентрации брома и йода в попутных водах существенное влияние также оказывает характер изменения в процессе разработки доли пластовых рассолов в попутно добываемых с нефтью водах. Наиболее ярко это проявляется на семилукско-саргаевской залежи Золотухинского месторождения, где снижения йода и брома в попутных водах за счет разубоживания не прогнозируется. Связано это с тем, что концентрации рассматриваемых элементов в попутных водах данной залежи определяются очень высоким их содержанием в пластовых рассолах, доля которых в попутно добываемых водах велика (около 70 %), к тому же неуклонно растет.

При анализе полученных результатов расчета следует учитывать, что их достоверность будет зависеть от обоснованности средних величин концентраций рассматриваемых ценных компонентов в пластовых, закачиваемых и попутно добываемых водах. Обработка имеющихся сведений о составе этих вод указывает на то, что в настоящее время рассматриваемые величины обоснованы не в полной мере, что преимущественно связано с недостаточным качеством и небольшим количеством имеющихся фактических данных, а также неравномерностью их распределения по скважинам и, соответственно, по объемам добываемых вод. Несмотря на это, в целом с гидрохимических позиций результаты проведенных исследований можно считать достаточно обоснованными. На нынешнем уровне знаний результаты проведенных расчетов могут приниматься как один из наиболее реальных вариантов оценки влияния разубоживания попутных вод рассмотренных в статье залежей нефти на изменение концентраций брома и йода во время работы предприятий по их извлечению. В пользу этого свидетельствуют результаты решения этой задачи с помощью гидродинамического моделирования разработки нефтяных месторождений.

Так, сотрудниками БелНИПИнефть (С. И. Гриムус) для межсолевых залежей нефти Осташковичского и Южно-Осташковичского месторождений с использованием ранее созданных и адаптированных на историю разработки ги-

дродинамических моделей проводились ретроспективные и прогнозные расчеты показателей разработки с учетом опции трассирования минерализации пластовой и закачиваемой воды. Гидродинамическая модель настраивалась с учетом имеющихся гидрохимических данных за весь период разработки объекта (плотность, минерализация пластовой и закачиваемой для ППД воды и др.). В ходе расчетов на модели определялась доля пластовых рассолов в общем объеме попутной воды за весь период разработки залежи и на десятилетний период. В прогнозных расчетах на каждом временном шаге, равном одному году, рассчитывались степень разбавления пластовой воды закачиваемой обедненной водой и соответствующее изменение концентраций брома и йода в добываемой воде на период до 2030 г. Однако, в связи с тем, что общая минерализация и плотность попутных вод нефтяных месторождений Беларуси формируются не только за счет смешения закачиваемых и пластовых вод, но и за счет рассоления продуктивных коллекторов, для этих залежей при настройке и корректировке получаемых результатов моделирования использовались специально построенные в ГГТУ им. П. О. Сухого (С. Л. Порошина) схематические карты долевого участия пластовых рассолов в попутно добываемых водах за отдельные этапы разработки залежей и карты содержания брома в попутных водах (рис. 5–7).

**Таблица 2 – Сопоставление темпа снижения концентраций брома и йода в попутных водах с различными показателями**

№ п/п	Месторождение, залежь	1 – X			$\Sigma Q_{\text{зак}} / \Sigma Q_{\text{в}}$	$\Delta C, \%$		$C_{\text{тек}} / C_{\text{пп}}, \%$	
		от	до	%		Br	J	Br	J
1	Осташковичское, м/с (I)	0,311	0,233	-25,1	43,0	20,3	19,6	67,1	64,3
2	Осташковичское, м/с (II)	0,311	0,233	-25,1	43,0	17,0	17,0	57,0	59,2
3	Ю-Осташковичское, м/с	0,316	0,285	-9,8	10,7	3,4	2,4	47,8	42,1
4	Золотухинское, sm-sr	0,700	0,712	+1,7	99,3	-6,8	2,9	72,3	82,2
5	Речицкое, sm-sr	0,096	0,079	-17,7	20,1	11,9	14,1	37,3	76,0
6	Речицкое, VII-IX пачки	0,298	0,351	+17,8	43,6	12,9	0,4	55,8	37,1
7	Речицкое, IV пачка	0,211	0,256	+21,3	63,6	23,5	22,0	55,8	52,3
8	Березинское, III блок	0,260	0,241	-7,3	21,4	4,0	9,0	35,2	52,5
9	Вишанское, sm-sr	0,146	0,171	+17,1	35,2	13,8	22,6	35,3	88,9
10	Ю-Сосновское, м/с	0,148	0,136	-8,1	36,1	22,0	24,7	70,7	62,2

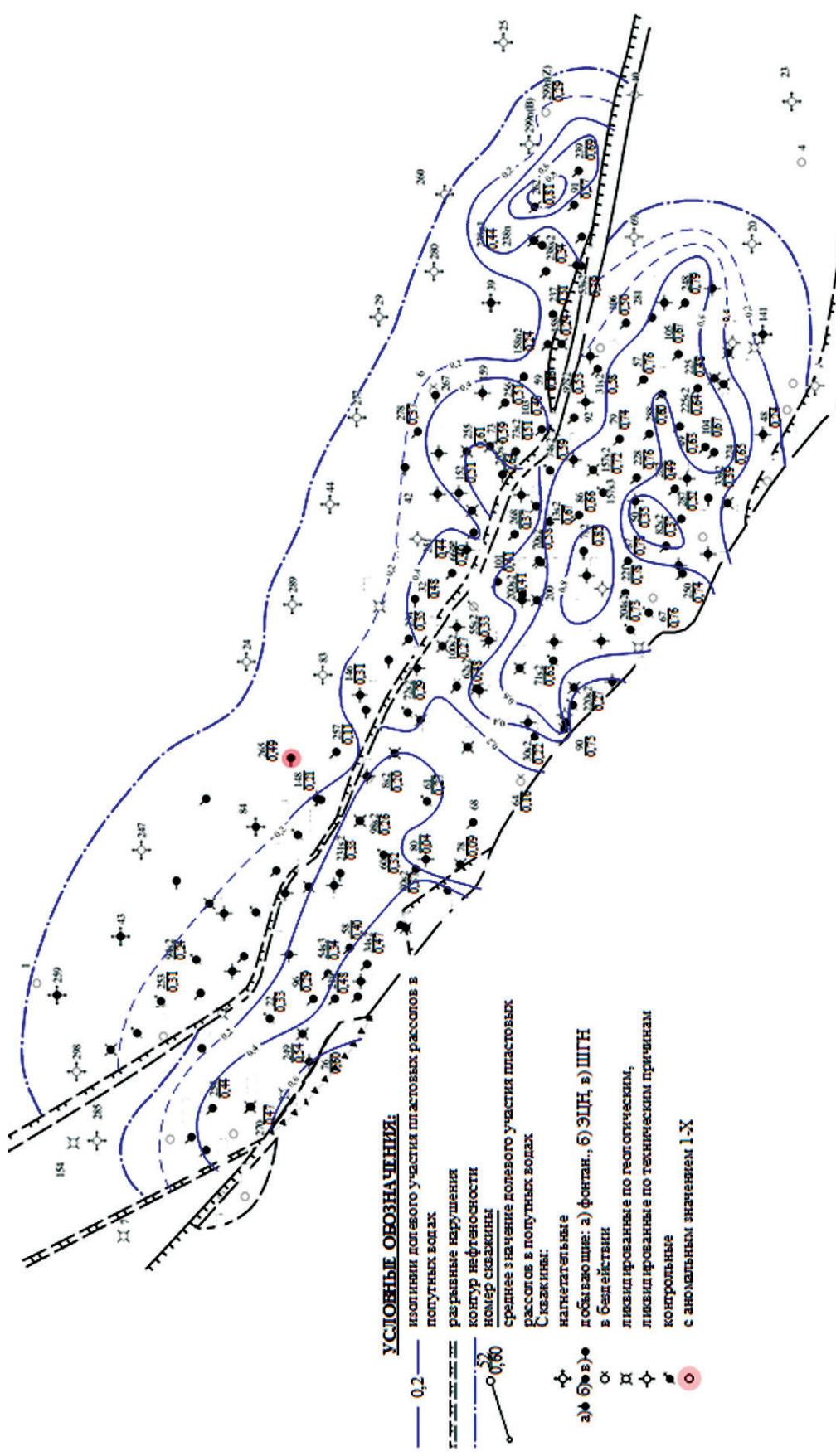
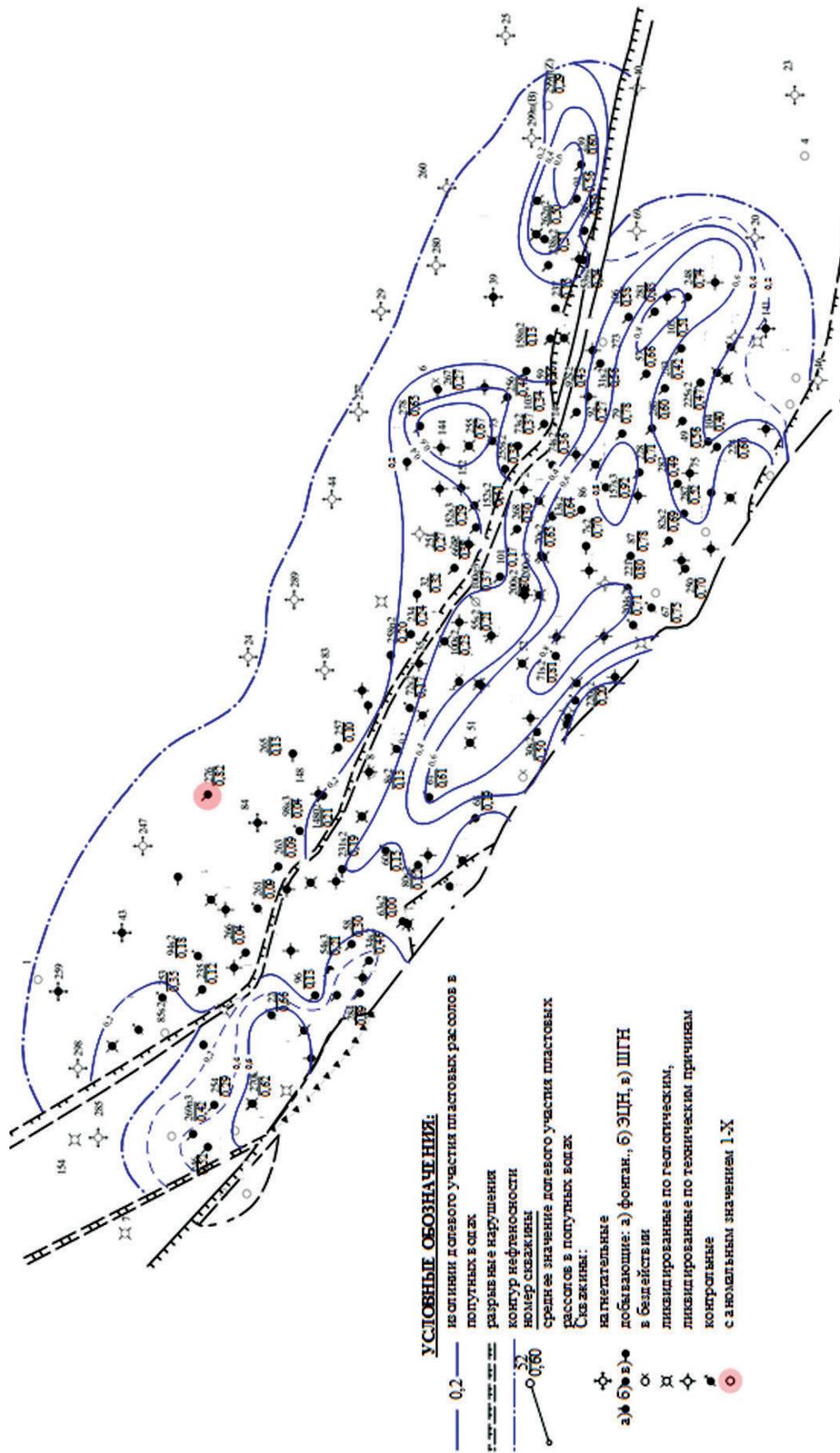


Рисунок 5 – Схематическая карта долевого участия пластовых рассолов в попутно добываемых водах петриковско-задонской залежи Осташковичского месторождения (1994–2009 гг.)



**Рисунок 6** – Схематическая карта долевого участия пластовых рассолов в полуторнадобываемых водах Петриковско-Задонской залежи Осташковичского месторождения (2010–2021 гг.)

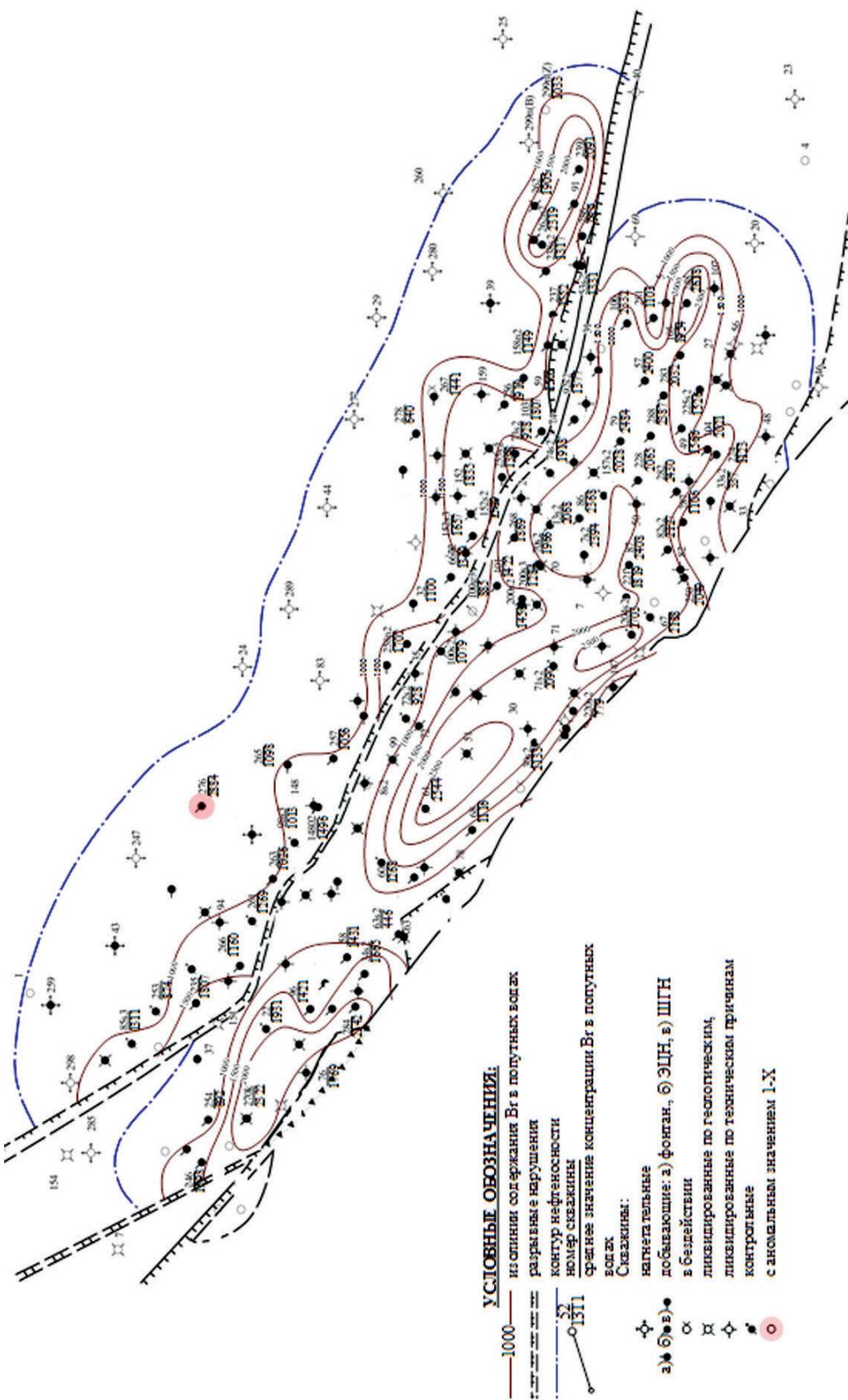


Рисунок 7 – Схематическая карта содержания брома в полуточно добываемых водах петрковско-задонской залежи Осташковичского месторождения

Полученные результаты моделирования показывают, что за десять лет закачки обедненной воды в межсолевую залежь Осташковичского месторождения степень разбавления попутной воды ю может составить 19 %. За счет этого за десять лет разработки концентрация брома в попутной воде может снизиться до 1460,38 мг/л, а концентрация йода – до 25,7 мг/л. В попутной воде межсолевой залежи Южно-Осташковичского месторождения ожидается снижение концентраций рассматриваемых микрокомпонентов на 5 % от текущих значений. Расхождение результатов моделирования с гидрохимическими расчетами для обеих залежей составило менее 1 % [5]

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований получены новые результаты по проблеме прогнозной оценки изменения концентраций полезных компонентов в попутных водах нефтяных месторождений Беларуси при их использовании для извлечения йода и брома, позволяющие сделать следующие выводы:

1. Одна из наиболее сложных задач оценки изменения ресурсной базы промышленно ценных элементов при использовании попутных вод нефтяных месторождений Беларуси в качестве гидроминерального сырья связана с учетом процесса их разубоживания при закачке в продуктивные пласти добытых вод после извлечения из них конкретных компонентов. Связано это, прежде всего, с необходимостью учета интенсивно проявляющихся процессов взаимодействия закачиваемых для ППД вод с засоленными продуктивными породами, а также с периодически проводимыми подливами пресных вод в добывающие скважины для предупреждения и борьбы с отложениями хлоридных солей, оказывающими существенное влияние на формирование химического состава попутных вод.

2. Впервые для условий нефтяных месторождений Республики Беларусь разработан и апробирован гидрохимический способ оценки изменения концентраций ценных компонентов в попутных водах в процессе их использования в качестве гидроминерального сырья. Предлагаемый гидрогеохимический подход основан на прогнозе изменения концентраций йода и брома в попутно добываемых с нефтью водах за счет устанавливаемого для конкретных залежей долевого участия пластовых расолов и разбавления ранее закачанных в залежь вод

отработанными (после извлечения ценных компонентов) водами.

3. Проведенная оценка изменения концентраций йода и брома в попутно добываемых водах ряда наиболее крупных нефтяных залежей показала, что для большинства из них следует ожидать заметное (4–25 %) снижение концентраций йода и брома за десятилетний период использования попутных вод в качестве минерального сырья. За планируемый срок работы йодо-бромного завода (25–30 лет) концентрации этих компонентов в попутных водах на ряде залежей могут снизиться в 2 и более раза.

4. В связи с тем, что общая минерализация и плотность попутных вод нефтяных месторождений Беларуси, использующиеся в модельных расчетах, формируются не только за счет смешения закачиваемых и пластовых вод, но и за счет растворения продуктивных коллекторов, а также проводимых технологических обработок скважин пресной водой, использование ранее созданных и адаптированных на историю разработки гидродинамических моделей для решения стоящей задачи должно осуществляться с настройкой и корректировкой получаемых результатов моделирования по материалам детальных гидрохимических исследований.

5. Сравнение результатов параллельно проводимого прогноза изменения концентрации йода и брома при использовании попутных вод межсолевых залежей Осташковичского и Южно-Осташковичского месторождений в качестве гидроминерального сырья за десятилетний период показало, что расхождение результатов моделирования с гидрохимическими расчетами для обеих залежей составило менее 1 %. Это может быть свидетельством достаточно высокой эффективности предложенного и апробированного в работе гидрохимического метода решения рассматриваемой задачи.

6. На нынешнем уровне знаний результаты проведенных расчетов по предложенной авторами гидрохимической методике могут приниматься как один из наиболее реальных вариантов оценки влияния разубоживания попутных вод рассмотренных в статье залежей нефти на изменение концентраций брома и йода во время работы предприятия по их извлечению. Результаты проведенных исследований рекомендуется использовать при рассмотрении вопроса организации производства по получению йода, брома, а также других промышленно-ценных элементов и их соединений из попутных вод нефтяных месторождений Беларуси.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Савченко, А. Ф.** Состояние и проблемы освоения попутных вод нефтяных месторождений ПО «Белоруснефть» в качестве гидроминерального сырья / А. Ф. Савченко, И. А. Стрешинский, В. Д. Порошин // Стратегия развития нефтедобывающей промышленности Республики Беларусь на 2000–2015 гг. : материалы науч.-практ. конф. (14–17 сентября 1999 г.). – Гомель : ПО «Белоруснефть», 1999. – С. 402–409.
2. **Порошин, В. Д.** Оценка запасов и ресурсов промышленно-ценных компонентов в попутных водах нефтяных месторождений Беларуси / В. Д. Порошин, Н. В. Хайнак, Н. В. Хайнак // Стратегия развития нефтедобывающей промышленности Республики Беларусь на 2000–2015 гг. : материалы науч.-практ. конф. (14–17 сентября 1999 г.). – Гомель : ПО «Белоруснефть», 1999. – С. 410–415.
3. **Порошин, В. Д.** Попутные воды нефтяных месторождений Беларуси – нетрадиционный источник минерального сырья / В. Д. Порошин, Н. В. Хайнак // Поиски и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь : сб. науч. тр. – Вып. 4. – Гомель : БелНИПИнефть, 2001. – С. 152–156.
4. **Жогло, В. Г.** О комплексном использовании геотермальных и гидроминеральных ресурсов нефтяных месторождений Беларуси, находящихся на поздней стадии разработки / В. Г. Жогло, Н. А. Демяненко, А. А. Махнач // Нефть. Газ. Новации. – 2013. – № 1. – С. 76–80.
5. **Порошин, В. Д.** Оценка запасов и ресурсов промышленно-ценных компонентов в попутных водах нефтяных месторождений Беларуси / В. Д. Порошин, А. Г. Ракутько, С. И. Гримус // Современные проблемы машиноведения : сб. науч. тр. В 2 ч. Ч. 2 / М-во образования Респ. Беларусь [и др.] ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 196–199.
6. **Йовчев, Р. И.** Методические рекомендации по изучению и оценке попутных вод месторождений полезных ископаемых в целях их использования в качестве гидроминерального сырья / Р. И. Йовчев [и др.]. – М. : ВСЕГИНГЕО, 1985. – 97 с.
7. **Ефремочкин, Н. Е.** Временные рекомендации по обоснованию запасов попутных вод нефтяных месторождений в качестве гидроминерального сырья / Н. Е. Ефремочкин, Р. И. Йовчев, А. А. Бездетный – М. : ВСЕГИНГЕО, 1987. – 70 с.
8. **Ефремочкин, Н. В.** Подсчет эксплуатационных запасов попутных вод нефтяных месторождений / Н. В. Ефремочкин // Разведка и охрана недр. – 1986. – № 6. – С. 42–45.
9. **Бондаренко, С. С.** Геолого-экономическая оценка месторождений подземных промышленных вод / С. С. Бондаренко, Л. А. Лубенский, Г. В. Куликов. – М. : Недра, 1988. – 201 с.
10. **Порошин, В. Д.** Методы обработки и интерпретации гидрохимических данных при контроле разработки нефтяных месторождений / В. Д. Порошин, В. В. Муляк. – М. : Недра, 2004. – 220 с.
11. **Порошина, С. Л.** Новые подходы к оценке масштабов рассоления коллекторов нефтяных месторождений Беларуси по промысловым гидрохимическим данным / С. Л. Порошина // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2019. – № 4. – С. 3–12.
12. **Порошин, В. Д.** Оценка масштабов рассоления продуктивных пород нефтяных месторождений Припятского прогиба по промысловым гидрохимическим данным (на примере Северо-Домановичского месторождения) / В. Д. Порошин, С. Л. Порошина // Літасфера. – 2020. – №1 (52). – С. 148–160.
13. **Порошина, С. Л.** К вопросу представительности данных о химическом составе попутных вод нефтяных месторождений Беларуси и методических приемах их обработки (интерпретации) / С. Л. Порошина // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 58–70.
14. **Мехтиев, Ш. Ф.** Практические вопросы нефтепромысловой гидрогеологии / Ш. Ф. Мехтиев, А. Р. Ахундов, Е. А. Ворошилов. – Баку : ЭЛМ, 1975. – 188 с.
15. **Кудельский, А. В.** Гидрогеология и рассолы Припятского нефтегазоносного бассейна / А. В. Кудельский, В. М. Шиманович, А. А. Махнач. – Минск : Наука и техника, 1985. – 223 с.
16. **Порошин, В. Д.** К вопросу оценки представительности гидрохимических данных (на примере Припятского прогиба) / В. Д. Порошин, В. П. Хайнак, А. Г. Морозов // Поиски и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь : сб. науч. тр. – Гомель : БелНИПИнефть, 1995. – Вып. 2. – С. 57.
17. **Порошин, В. Д.** Оценка представительности данных по химическому составу пластовых вод нефтегазоносных бассейнов / В. Д. Порошин // Геохимия. – 1998. – № 6. – С. 615–628.
18. **Порошин, В. Д.** К методике определения природы вод при проведении солянокислотных обработок в скважинах / В. Д. Порошин, В. В. Муляк, Е. А. Пинчук // Літасфера. – 2005. – № 2 (23). – С. 151–153.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 17.03.2023

Рэцэнзент В. Г. Жогла

**ПРАГНОЗ ЗМЯНЕННЯ КАНЦЭНТРАЦЫЙ ЁДУ і БРОМУ  
Ў СПАДАРОЖНЫХ ВОДАХ НАФТАВЫХ РАДОВІШЧАЎ БЕЛАРУСІ  
ПРЫ IX ВЫКАРЫСТАННІ Ў ЯКАСЦІ ГІDRAMІNERAL'NAY СЫРАВІНЫ**

**В. Дз. Парошын, С. Л. Парошына**

УА «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт імя П. В. Сухога»  
праспект Кастрычніка, 48, 246746, Гомель, Беларусь  
E-mail: poroshin-52@mail.ru

Упершыню для ўмоў нафтовых радовішч Рэспублікі Беларусь распрацаваны гідрахімічны метад ацэнкі разбожвання спадарожных вод у працэсе іх выкарыстання ў якасці гідрамінеральнай сырэвіны. Метад заснаваны на прагнозе змены канцэнтрацыі прамысловага каштоўных хімічных элементаў, якія адначасна здабываюцца з нафтай у водах за кошт змены разлічваемага для канкрэтных пакладаў долевага ўдзелу пластовых расолаў у завадненні працуктыўных пластоў і за кошт развядзення раней запамінаваных у паклад вод адпрацаванымі (пасля вымання каштоўных кампанентаў) вод. Апрабацыя пропанаванага метаду разглядаецца на прыкладзе прагнозу на дзесяцігадовы перыяд (2021–2030 гг.) змены зместу ёду і брому ў спадарожных водах самага буйнога ў Беларусі міжсолевага пакладу нафты Асташкавіцкага радовішча пры выманні з іх гэтых элементаў і запамоўкі адпрацаваных вод у нагнітальныя свідравіны.

**PROGNOSIS OF CHANGES OF IODINE AND BROMINE CONCENTRATIONS  
IN THE ASSOCIATED WATER OF BELARUSIAN OIL FIELDS  
WHEN USING IT AS HYDROMINERAL RAW MATERIAL**

**V. D. Poroshin, S. L. Poroshina**

УО «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт імя П. О. Сухога»  
48 Oktyabrya Avenue, 246746, Gomel, Belarus  
E-mail: poroshin-52@mail.ru

For the first time, a hydrochemical method for assessing the dilution of associated water when using it as hydromineral raw material has been developed for the Belarusian oil fields. The method is based on the prognosis of changes in the concentrations of the industrially valuable chemical elements in the water extracted with oil due to changes in participating share of formation brines calculated for certain deposits during the flooding of productive layers and due to dilution of water, previously injected into the reservoir, with return water. The approbation of the proposed method is considered on the example of the largest inter-salt oil deposit of the Ostashkovichi field in Belarus. The article supplies a prognosis for a ten-year period (2021–2030 y.) of changes of the iodine and bromine contents in associated water during the extraction of these elements and injection of return water back into injection wells.

## ПАПУЛЯРЫЗАЦЫЯ ГЕАЛОГІИ

УДК 551+373.3/5+379.852

### ОПЫТ ПОДГОТОВКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ ДЛЯ ШКОЛЬНЫХ ЭКСКУРСІЙ И УЧЕБНЫХ ЭКСПЕДИЦІЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЖЛОБИНСКОГО РАЙОНА ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

К. Ю. Балашов<sup>1</sup>, А. М. Балашова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственное предприятие «НПЦ по геологии»  
ул. Акад. Купревича, 7, 220141, Минск, Беларусь  
E-mail: balashovkj@gmail.com

<sup>2</sup>Открытое акционерное общество «Белгорхимпром»  
пр. Машерова, 17, 220029, Минск, Беларусь

*В статье приведена характеристика геологических объектов, расположенных на территории Жлобинского района, которые, при объединении в геологические маршруты, предлагаются к изучению при проведении однодневных экскурсий и многодневных экспедиций учащихся с целью ознакомления их с геологическим строением родного края.*

#### ВВЕДЕНИЕ

В статье приведена краткая характеристика наиболее интересных и уникальных геологических обнажений на территории Жлобинского района. Кроме того, предложена методика проведения исследований и приведена краткая характеристика геологических маршрутов.

Изучение выбранных объектов, объединенных в геологические маршруты, предлагается проводить в рамках работы школьного геологического кружка, одной из форм занятий которого являются: однодневные экскурсии (в выходные дни) и многодневные экспедиции (в каникулярное время), позволяющие наиболее наглядно продемонстрировать и ознакомить учащихся с геологическим строением родного края.

Приведенные в статье материалы будут интересны и полезны, прежде всего, учащимся учреждений общего среднего образования, преподавателям географии, руководителям и организаторам естественнонаучных, природоведческих, географических, геологических и краеведческих школьных кружков, интересующимся геологией и природой родного края.

Методические вопросы организации и проведения школьных геологических экскурсий и экспедиций отражены во множестве научных публикаций [1; 2; 3; 4].

Цель работы состояла в выявлении и изучении наиболее интересных и уникальных геологических обнажений на территории Жлобинского района, объединение их в геологические маршруты, что в дальнейшем позволило бы использовать их в учеб-

ных целях при проведении маршрутных геологических экспедиционных исследований для учащихся в рамках работы географо-краеведческих школьных кружков.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- поиск наиболее интересных геологических объектов в пределах территории Жлобинского района;
- расчистки в естественных обнажениях по берегам рек и в стенах карьерных горных выработок;
- зарисовка и фотографирование наиболее интересных объектов;
- описание объектов, включающее литолого-петрографическую характеристику геологического разреза, характеристику структурно-текстурных особенностей, а также условий залегания;
- объединение отдельных объектов в комплексные геологические маршруты;
- составление характеристики наиболее интересных и уникальных геологических обнажений на территории Жлобинского района.

#### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методика подготовки, организации и порядок проведения геологических экскурсий, основные принципы подготовительных и рекогносцировочных работ, непосредственно полевых исследований, лабораторных исследований и камеральной обработки полученного материала хорошо изложена во множестве учебно-методических пособий [1; 4; 5]. Поэтому авторами данных материалов рассмотрены основные моменты методик.

**Подготовительный этап.** На данном этапе преподаватель и учащиеся изучают имеющиеся в открытом доступе научные и научно-популярные материалы, а также специализированную литературу (литературные источники, статьи в научных журналах, отчеты научно-исследовательских работ, отчеты о геологической съемке и т. д.), которые отражают геологическое строение предполагаемой к изучению территории. Следующей задачей является составление плана работ, а именно: определиться с продолжительностью полевых исследований, наметить на топографической основе предположительные места заложения точек наблюдения. Точки наблюдения (ТН) необходимо выбирать таким образом, чтобы охватить как можно больше генетических типов разновозрастных отложений, встречаемых в районе исследования. Точки наблюдения в свою очередь объединяются маршрутным ходом. Далее следует подготовить необходимое снаряжение (лопату, геологический молоток, письменные принадлежности, полевой дневник, геологический компас, нож, миллиметровую бумагу, фотоаппарат, пакеты и т. д.) и изучить принципы работы с ними. Непосредственно перед выходом в маршрут преподаватель в обязательном порядке проводит инструктаж по технике безопасности для учащихся.

**Этап полевых работ.** До начала проведения работ преподаватель знакомит учащихся с методикой и непосредственным выполнением полевых работ. Полевые работы включают в себя маршрутную съемку. В ходе маршрутной съемки проводятся наблюдения за характером рельефа изучаемой территории, заложение и изучение горных выработок (шурфов, расчисток), их описание (геологическая документация), отбор образцов горных пород, изучение современных геологических процессов.

Маршрут проходит по намеченным на подготовительном этапе точкам, к которым могут относиться места заложения горных выработок (шурфов и расчисток), геологические обнажения, валуны и т. д. Изучение геологического строения производят в естественных и искусственных обнажениях.

Все наблюдения, записи и результаты документирования обнажений в ходе маршрутной съемки необходимо заносить в полевой дневник. Как у преподавателя, так и у всех учащихся необходимо наличие такого дневника, представляющего собой полуобщую тетрадь, все записи в котором ведутся только простым карандашом. На титульном листе указывается название учреждения образования, номер класса, Ф. И. О. и адрес проживания учащегося, даты начала и завершения полевых работ. Страницы полевого дневника нумеруются. На левой стороне выполняются зарисовки геологического обнажения, делаются примечания. На правой стороне пишется текст,

который включает: 1) номер маршрута; 2) дату прохождения маршрута; 3) близлежащие к маршруту населенные пункты; 4) номер точки наблюдения; 5) тип точки наблюдения (шурф или расчистка); 6) привязку точки наблюдения (к ближайшим неподвижным объектам, населенным пунктам, пересечению дорог, кладбищам и т. д., а также с помощью GPS-приемника указывают координаты и абсолютную отметку места заложения точки наблюдения).

В месте точки наблюдения создается горная выработка (шурф или зачистка). Производится ее осмотр и визуальное изучение. Далее выполняется фотографирование выработки. В расчистке или шурфе выделяются слои, выполняется визуальное расчленение изучаемого разреза по различным признакам, главным образом по литолого-петрографическому составу и по возрасту. Затем выполняется зарисовка (схема расчистки или шурфа), слои нумеруются (описание слоев выполняется сверху вниз), производятся структурные замеры. Даётся стратиграфическая привязка слоев. При необходимости лабораторных исследований делают отбор образцов горных пород, которые упаковываются и снабжаются этикетками.

Описание слоя производят в следующей последовательности: 1) номер слоя; 2) глубина залегания слоя от – до (в метрах); 3) мощность слоя (в метрах); 4) название породы; 5) цвет, оттенки, особенность изменения цвета; 6) состав (состав обломков, основной); 7) состав дополнительный; 8) структура (размер зерен, форма зерен, однородность, окатанность); 9) текстура (ориентировка и взаимное расположение зерен, слоистость, отдельность, комковатость, плитчатость, сланцеватость, трещиноватость, складчатость); 10) трещиноватость, характер трещиноватости; 11) плотность, крепость, пористость, рыхлость, пластичность; 12) цемент, наличие или отсутствие цемента, состав цемента, характер цемента; 13) отмечается наличие прослоев, линз, прожилков, включений и гнезд; 14) условия залегания (согласное, не согласное), контакт с выше-/нижележащей породой (нечеткий, волнистый, неровный, под углом), границы раздела между слоями (резкие, постепенные, неясные); 15) вторичные изменения конкреции в отложениях (состав, форма, размеры, распределение); 16) наличие палеонтологических остатков.

**Этап камеральных работ** включает составление геологического отчета и графических приложений к нему в виде фотографий, рисунков. Обязательным приложением к отчету является карта с нанесенными точками наблюдения и маршрутного хода при выполнении полевых работ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии с разработанной методикой авторами проведены геологические экскурсии,

результатом которых явилось выделение геологических маршрутов в Жлобинском районе Гомельской области.

**Краткая характеристика геологического строения территории Жлобинского района.** Тектонически Жлобинский район приурочен к зоне сочленения разновозрастных структур платформенного чехла: Припятского прогиба, Белорусской антеклизы и Жлобинской седловины. Большую часть территории района занимает Северо-Припятское плечо, которое с юга отделяется краевым суперрегиональным Северо-Припятским разломом от северной зоны ступеней Припятского прогиба, с запада граничит с Бобруйским погребенным выступом Белорусской антеклизы и с севера отделяется Жлобинским разломом от Жлобинской седловины. Глубина погружения кристаллического фундамента постепенно возрастает с севера на юг от минус 400 (в пределах Жлобинской седловины) до минус 5000 м (в пределах Северо-Припятской разломной зоны). Отложения кристаллического фундамента представлены нижнепротерозойскими отложениями микашевичского интрузивного комплекса ( $\gamma$ ,  $\gamma\sigma$ ,  $\sigma PR1mk$ ) Осницко-Микашевичского вулканоплутонического пояса (граниты, диориты и гранодиориты).

Платформенный чехол стратиграфически представлен отложениями пинской свиты среднего рифея (красноцветные песчаники и алевролиты), вильчанской серии вендской системы (песчаники и тиллиты), девонского (морские терригенные песчаники и глины, морские карбонатные известняки и доломиты, морские эвапоритовые отложения, представленные каменной солью, гипсом и ангидритом), юрского (континентальные песчано-глинистые породы, песчаники и морские карбонатные известняковые отложения), мелового (морские терригенные песчано-глинистые и морские карбонатные мергельно-меловые породы), палеогенового (морские глауконит-кварцевые пески и континентальные аллювиальные и лиманно-озерные пески и глины), неогенового (терригенные континентальные аллювиальные и озерные пески и глины) и четвертичного возрастов. Особенностью девонских отложений является наличие вулканомагматических образований, морфологически представленных диатремами (трубками взрыва), сложенными главным образом вулканическими породами – туффами и расположенными в районе населенных пунктов: д. Цупер и д. Антоновка.

Верхняя часть разреза платформенного чехла представлена отложениями четвертичной системы, мощность которых в среднем составляет 40–50 м, уменьшаясь до первых метров по долине р. Днепр в местах выхода на поверхность дочетвертичных по-

род палеогенового и неогенового возраста у д. Прокурни и д. Стрешин и увеличиваясь до 100 м и более в ложбинах ледникового размыва (у д. Октябрь и д. Прокурни). Поверхность дочетвертичных пород приурочена к абсолютным отметкам от 80 до 120 м. Наиболее распространенными генетическими типами четвертичных отложений на территории района являются днепровские моренные, березинские, днепровские и сожские флювиогляциальные отложения, аллювиальные, озерно-аллювиальные, болотные и эоловые аккумуляции поозерского и голоценового возрастов. Особенностью строения четвертичных отложений является наличие глубоких погребенных ложбин ледникового размыва и древней погребенной пра-долины р. Днепр [6].

Геоморфологически район приурочен к Стрешинской водно-ледниковой низине, расположенной в междуречье рек Днепр и Березина. На севере геоморфологический район граничит с Центральноберезинской, на востоке – с Чечерской равнинами, на западе и юге – со Светлогорской и Васильевичской низинами соответственно. Абсолютные отметки рельефа дневной поверхности изменяются от 117–125 м в долинах рек до 140–155 м на водоразделах. Верхний уровень рельефа с отметками 145–155 м занимают участки днепровских моренных образований с пологоволнистой поверхностью и колебанием относительных высот до 3–5 м. Ниже 140–145 м располагаются водно-ледниковые аккумуляции днепровского и сожского возраста, получившие в районе наибольшее распространение. Их поверхность мелкоувалистая, расчлененная длинными широкими ложбинами. Нижний уровень представлен плоской, заболоченной озерно-аллювиальной низиной, с многочисленными котловинами заросших озер. Гидросеть представлена наиболее крупными реками – Березиной и Днепром и их более мелкими притоками – Олой, Добосной, Окрай, Ржавкой и Цуперкой. Наиболее крупной рекой в пределах района является Днепр. Долина реки выработанная, асимметричная, извилистая, трапециевидная. Ее ширина изменяется от 1,5 до 6 км. Глубина вреза долины не превышает 20 м. Русло реки извилистое, шириной в среднем 100–200 м. Над руслом, на высоте 2–3 м, развита пойма. Ширина поймы изменяется от 1 до 3 км. В пределах поймы, особенно в левобережной части, широко развиты понижения болотных массивов, большое количество старичных озер. Кроме того, рельеф поймы, как и террас, осложняется эловыми формами рельефа – грядами, холмами, буграми и дюнами. Следует отметить, что пойма вслед за долиной несколько расширяется в направлении с севера на юг. В пределах долины выделяется до двух надпойменных террас. Вторая, 15–20-метро-

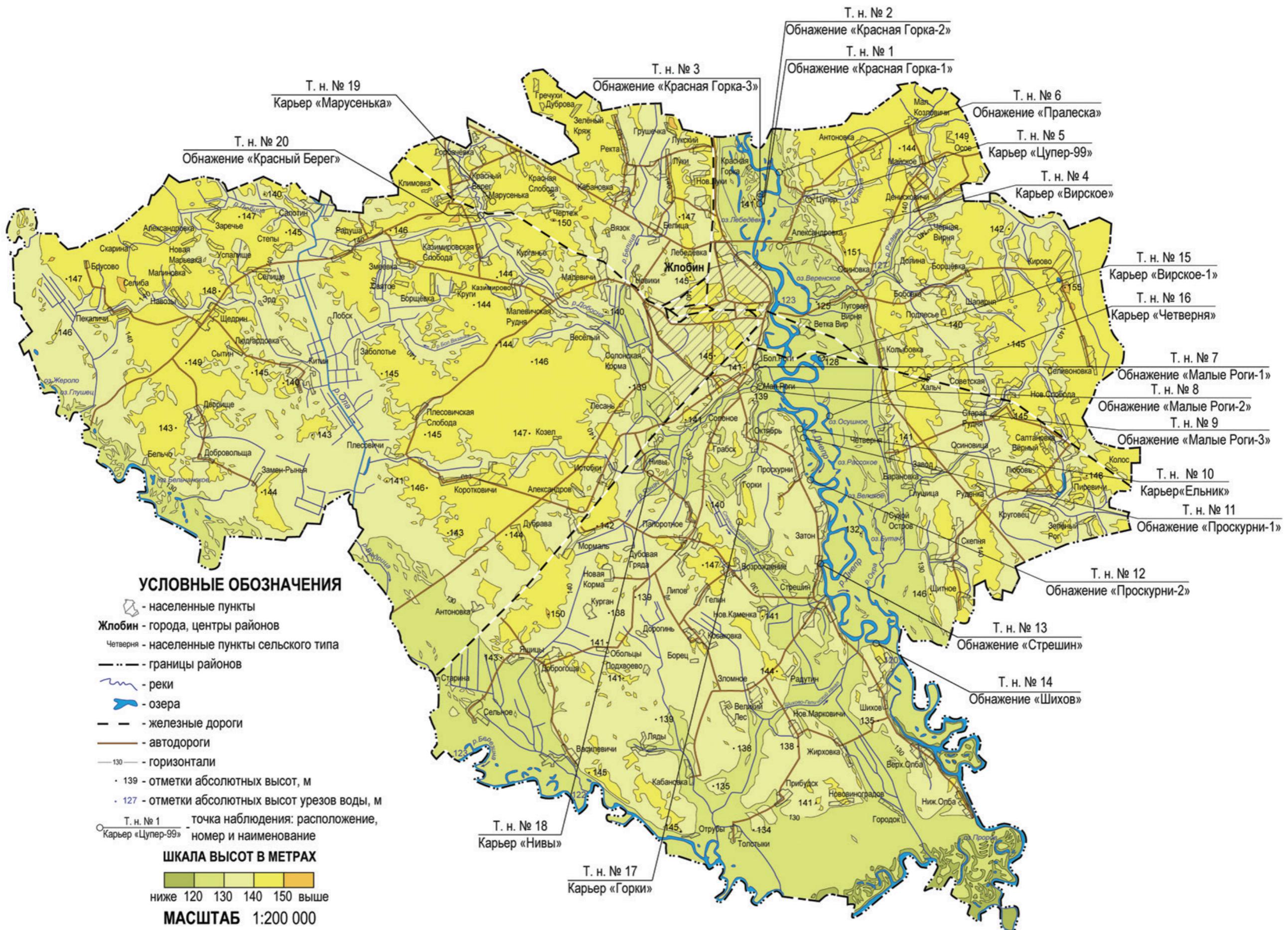


Рисунок 1 – Схема расположения точек наблюдения и проложенных через них маршрутов

ая надпойменная эрозионно-аккумулятивная терраса муравинско-раннепоозерского возраста, выражена фрагментарно, только в левобережной части долины в виде узкой полосы, шириной до 400 м. Ее абсолютные высоты изменяются от 135 до 140 м, а относительная высота над урезом воды в р. Днепр составляет до 20 м. Первая надпойменная аккумулятивная терраса поозерского возраста наиболее развита в левобережной части долины. Ее ширина составляет в среднем 2 км, абсолютная высота изменяется от 128 до 135 м, а относительная высота над урезом воды в реке – 5–15 м. Долины притоков Березины и Днепра слаборазвитые, относятся к типу пойменных, шириной до 2–3 км. Пойма хорошо выражена, часто заболоченная. Руслы многих рек спрямлены. Слоны долин средней крутизны. Часто встречаются массивы эоловых бугров, гряд высотой 3–5 м, длиной до 2 км, развеявших песков площадью 2–4 км<sup>2</sup> [7; 8].

Полезные ископаемые на территории района представлены нефтью и попутным газом (месторождения «Березинское», «Отрубское»), торфом, глинами тугоплавкими, связанными с озерными отложениями неогенового возраста (месторождение «Ельник»), строительными супесями и суглинками (месторождения «Цупер» и «Горки»), песками формовочными, связанными с аллювиальными отложениями четвертичного возраста (месторождение «Четверня»), минеральными водами, добывающимися из отложений девонского возраста (санаторий «Праlesка») и пресными водами [9].

**Краткая характеристика геологических обнажений, основные сведения о геологических маршрутах.** Вначале дадим определение термину «Геологическое обнажение». Геологическое обнажение – это выход горных пород на дневную поверхность земли, имеющее природное или искусственное происхождение. Геологические обнажения являются самым надежным источником геологических данных о внутреннем строении земной коры [4].

При выборе объектов для их использования в учебных целях авторы придерживались двух принципов.

Во-первых, геологическое обнажение должно быть интересно для изучения, что подразумевает наличие множества слоев, имеющих различный возраст, и их различную стратиграфическую приуроченность; разнообразие генетических типов, что указывает на различие условий и обстановок образования отложений; разнофациональный состав отложений, литолого-петрографическое разнообразие горных пород, а также присутствие в разрезе ископаемых органических остатков.

Во-вторых, объекты выбирались с учетом их транспортной доступности и удобства для осмо-

тра. Небольшие расстояния от населенных пунктов, наличие свободного проезда транспортных средств, удобство для подхода, осмотра и изучения – все эти признаки являются одними из главных критериев при выборе объектов.

Изучение геологических обнажений при проведении полевых экскурсий является главным методом познания и получения первичной информации по геологическому строению и истории геологического развития родного края. Посещение и изучение этих объектов позволит ученикам сделать выводы и понять характер геологического строения изучаемого ими района.

Руководствуясь вышенназванными принципами, было выбрано и изучено 20 геологических обнажений, 8 из которых связаны с карьерными горными выработками, образованными при добыче полезных ископаемых (песков, глин, песчано-гравийных смесей). Остальные 12 объектов имеют естественно-природное происхождение и обязаны своим появлением процессам эрозии, наиболее ярко проявляющимся по берегам рек. Именно поэтому самые интересные обнажения приурочены к берегам крупной водной артерии района – р. Днепр. Все 20 геологических обнажений были сгруппированы и распределены по 7 геологическим маршрутам (рис. 1, табл.).

Ниже в таблице приводится краткая характеристика наиболее интересных и значимых для посещения и изучения геологических объектов Жлобинского района.

Как видно из схемы на рисунке 1, точки наблюдения (т.н.) размещены по территории района неравномерно. Большинство из них тяготеют к берегам р. Днепр (благодаря хорошей обнаженности крутых незадернованных обвально-осипных берегов), а также к карьерным горным выработкам.

Следует отметить, что за рамками рассмотрения осталось еще множество объектов, в том числе исчезнувших в связи с рекультивацией карьеров. Другие объекты, тяготеющие к берегам Березины, расположенной на самом западе и юге Жлобинского района, также не рассматривались из-за их удаленности и плохой транспортной доступности, в первую очередь от г. Жлобина и других населенных пунктов Жлобинского района. Тем не менее считаем, что в районе исследования с течением времени могут появиться новые геологические обнажения, например, при разработке месторождений полезных ископаемых, где на поверхности образуются карьерные горные выработки, или при подмытии берегов рек, в случае обнажения на дневной поверхности разновозрастных отложений.

**Таблица – Перечень наиболее интересных и значимых для изучения геологических объектов Жлобинского района**

№ т. н.	Наименование точки наблюдения	Топографическая привязка	Генетический тип и возраст отложений
1	2	3	4
<b>Маршрут № 1, протяженность* – 21 км, г. Жлобин – д. Красная Горка – г. Жлобин</b>			
1	Обнажение «Красная Горка – 1»	52° 56' 52,6" с. ш., 30° 02' 56,1" в. д. В обрыве правого берега р. Днепр, в 2,1 км к юго-востоку от южной окраины д. Красная Горка, в 2,2 км к северо-востоку от автомобильного моста через р. Днепр	gIId
2	Обнажение «Красная Горка – 2»	52° 57' 14,5" с. ш., 30° 02' 54,8" в. д. В обрыве правого берега р. Днепр, в 2,9 км к северо-востоку от автомобильного моста через р. Днепр	a <sup>p</sup> IV a <sup>r</sup> IV
3	Обнажение «Красная Горка – 3»	52° 57' 18,2" с. ш., 30° 02' 54,2" в. д. В обрыве правого берега р. Днепр, в 1,4 км к юго-востоку от южной окраины д. Красная Горка, в 3 км к северо-востоку от автомобильного моста через р. Днепр	a <sub>1</sub> <sup>t</sup> IIIрz
<b>Маршрут № 2, протяженность – 30 км, г. Жлобин – д. Александровка – д. Цупер – КУП ДРОЦ «Пralеска» – д. Цупер – д. Александровка – г. Жлобин</b>			
4	Карьер месторождения «Вирское»	52° 55' 33,0" с. ш., 30° 04' 21,1" в. д. Северные, южные и восточные стенки карьера месторождения песка «Вирское», на 1-й надпойменной террасе, в 0,4 км к юго-западу от южной окраины д. Александровка	vIV a <sub>1</sub> <sup>t</sup> IIIрz
5	Карьер месторождения «Цупер-99»	52° 57' 04,7" с. ш., 30° 05' 39,8" в. д. Северные и восточные стенки карьера месторождения песка «Цупер-99», в 0,42 км к юго-востоку от автомобильного моста через р. Цуперка, в 0,15 км от южной окраины д. Цупер	gIId fIIbr-d
6	Обнажение «Пralеска»	52° 57' 56,9" с. ш., 30° 04' 03,9" в. д. В обрыве левого берега р. Днепр, в 0,5 км к северо-западу от административного здания КУП ДРОЦ «Пralеска»	a <sup>p</sup> IV a <sup>s</sup> tIV a <sup>r</sup> IV
<b>Маршрут № 3, протяженность – 15 км, г. Жлобин – д. Большие Роги – д. Малые Роги – д. Большие Роги – г. Жлобин</b>			
7	Обнажение «Малые Роги – 1»	52° 51' 23,5" с. ш., 30° 02' 42,6" в. д. В придорожной выемке, в 0,1 км к северо-западу от пешеходного моста через р. Добосна, в 0,1 км к юго-востоку от юго-восточной окраины кладбища у южной окраины д. Большие Роги	fIIsz <sup>s</sup> gIId
8	Обнажение «Малые Роги – 2»	52° 50' 50,3" с. ш., 30° 02' 53,1" в. д. В придорожной выемке, в 0,18 км к северо-западу от южной окраины д. Малые Роги	a <sub>1</sub> <sup>t</sup> IIIрz
9	Обнажение «Малые Роги – 3»	52° 50' 48,7" с. ш., 30° 02' 42,1" в. д. В обрыве правого берега р. Добосна, в 0,36 км к северо-западу от южной окраины д. Малые Роги	gIId
10	Карьер месторождения «Ельник»	52° 49' 42,6" с. ш., 30° 05' 06,2" в. д. Стенки карьера месторождения кирпичных глин «Ельник», в пойме р. Днепр, в 0,67 км к северо-востоку от северной окраины д. Проскурни	N <sub>1</sub> an
11	Обнажение «Проскурни-1»	52° 49' 17,6" с. ш., 30° 05' 25,1" в. д. В обрыве правого берега р. Днепр, в 0,5 км к юго-востоку от северной окраины д. Проскурни	a <sup>p</sup> IV
12	Обнажение «Проскурни-2»	52° 47' 44,8" с. ш., 30° 05' 53,2" в. д. В обрыве правого берега р. Днепр, в 0,25 км к востоку от восточной окраины фермы, в 0,5 км к юго-востоку от юго-восточной окраины д. Проскурни	N <sub>1</sub> an
13	Обнажение «Стрэшин»	52° 44' 52,5" с. ш., 30° 06' 24,8" в. д. В обрыве правого берега р. Днепр, в 0,8 км к югу от северной окраины д. Стрэшин	fIIsz <sup>s</sup> gIId N <sub>1</sub> an P <sub>3</sub> kрz

Окончание таблицы

1	2	3	4
<b>Маршрут № 4, протяженность – 63 км, г. Жлобин – д. Большие Роги – д. Октябрь – д. Проскурни – д. Затон – д. Стрешин – д. Шихов – д. Стрешин – д. Затон – д. Проскурни – д. Октябрь – д. Большие Роги – г. Жлобин</b>			
14	Обнажение «Шихов»	52° 42' 23,0" с. ш., 30° 09' 24,4" в. д. В обрыве правого берега р. Днепр, в 1 км к северо-западу от северо-западной окраины д. Шихов, в 0,4 км к северо-западу от б. о. «Днепровские зори»	gIId
<b>Маршрут № 5, протяженность – 58 км, г. Жлобин – д. Александровка – д. Луговая Вирня – карьер «Вирский-1» – карьер «Четверня» – карьер «Вирский-1» – д. Луговая Вирня – д. Александровка – г. Жлобин</b>			
15	Карьер месторождения «Вирское-1»	52° 51' 39,2" с. ш., 30° 06' 23,3" в. д. Восточные стенки карьера месторождения формовочных песков «Вирское-1», на 1-й надпойменной террасе, в 1,47 км к юго-востоку от административного здания «ЖКФМ», в 2,7 км к юго-востоку от о. п. Вирский	vIV a <sub>1</sub> III <sub>r</sub>
16	Карьер месторождения «Четверня»	52° 49' 43,1" с. ш., 30° 06' 45,5" в. д. Юго-западные и юго-восточные стенки карьера месторождения формовочного песка «Четверня», на 1-й надпойменной террасе, в 2,2 км к северо-востоку от северной окраины д. Проскурни	vIV a <sub>1</sub> III <sub>r</sub>
<b>Маршрут № 6, протяженность – 42 км, г. Жлобин – д. Большие Роги – д. Октябрь – д. Горки – д. Папоротное – д. Нивы – д. Солоное – д. Большие Роги – г. Жлобин</b>			
17	Карьер месторождения «Горки»	52° 46' 25,1" с. ш., 30° 02' 03,3" в. д. Северные и восточные стени карьера месторождения песка «Горки», 1 км к югу от южной окраины д. Горки	fIIbr-d
18	Карьер месторождения «Нивы»	52° 47' 56,0" с. ш., 29° 57' 22,9" в. д. Северная стена карьера месторождения песка «Нивы», 0,8 км к юго-востоку от юго-восточной окраины д. Нивы	fIIsz <sup>s</sup>
<b>Маршрут № 7, протяженность – 53 км, г. Жлобин – д. Белица – д. Красный Берег – д. Казимировская Слободка – д. Казимирово – д. Папоротное – д. Малевичская Рудня – д. Малевичи – д. Новики</b>			
19	Карьер месторождения «Марусенька»	52° 57' 09,0" с. ш., 29° 48' 34,8" в. д. Южная стена карьера месторождения песка «Марусенька», 0,4 км к северо-востоку от центра д. Марусенька, в 1,6 км к северо-востоку от ж/д станции Красный Берег	fIIsz <sup>s</sup>
20	Обнажение «Красный Берег»	52° 56' 38,4" с. ш., 29° 48' 05,1" в. д. В обрыве правого берега р. Добосна, 0,4 км к северо-востоку от юго-восточной окраины д. Красный Берег, в 1,35 км к юго-востоку от ж/д станции Красный Берег	laIII <sub>r</sub>

Примечания:

Генетический тип отложений: а – аллювиальный, la – озерно-аллювиальный, g – моренный, f – флювиогляциальный, v – эоловый.

Фациальные типы отложений: t – фация надпойменных террас, r – русловая фация аллювия, p – пойменная фация аллювия, st – старичная фация аллювия.

Возраст отложений: четвертичная система: IV – голоценовый отдел; плейстоценовый отдел: III – верхний подотдел, pz – по-озерский; II – средний подотдел, br – березинский горизонт, d – днепровский горизонт, sz – сожский горизонт; N<sub>1</sub>an – неогеновая система, миоценовый отдел, антопольская свита; P<sub>3</sub>krg – палеогеновая система, олигоценовый отдел, крупейская свита.

\* – протяженность маршрутов рассчитана от административного здания Жлобинского районного исполнительного комитета при передвижении по автомобильным дорогам общего пользования.

Большое количество точек наблюдения на предложенных геологических маршрутах обуславливает хорошую представительность основных генетических типов четвертичных отложений. Наиболее хорошо представлены аллювиальные, флювиогляциальные и моренные генетические типы.

Как видно из таблицы, в точках наблюдения обнажаются разновозрастные отложения. В основном это отложения березинского, днепровского, сожского, поозерского и голоценового возраста четвертичной системы. Редко, в двух случаях, вскрываются более древние отложения антопольской свиты неогеновой системы и в одном – еще более древние отложения крупейской свиты палеогеновой системы.

Несмотря на, казалось бы, общую схожесть геологического строения различных обнажений, почти каждое из них уникально и характеризуется своими особенностями строения (рис. 2; 3; 4).

В т. н. № 10 обнажение «Ельник», т. н. № 12 обнажение «Проскурни-2» и т. н. № 13 обнажение «Стрешин» (см. рис. За – г) на дневную поверхность выходят дочетвертичные отложения, приуроченные к антопольской свите неогеновой системы, абсолютный возраст которых составляет 13,65–5,33 млн лет. Отложения представлены глиной серо-голубой, плотной, с прослойками алеврита, трещиноватой, с пятнами и разводами ожелезнения вишнево-красного и буро-желтого цвета, в основании слоя с редкими уплощенными лимонитовыми конкрециями. В обнажении «Стрешин» глины и алевриты по латерали замещаются на пески светло-серые, кварцевые, волнисто-косослоистые. Отложения антопольской свиты генетически связаны с деятельностью рек и обширных озер. С отложениями антопольского возраста связано месторождение кирпичных глин «Ельник», которое ранее разрабатывалось и являлось сырьевой базой для кирпичного завода, расположенного в д. Стрешин.

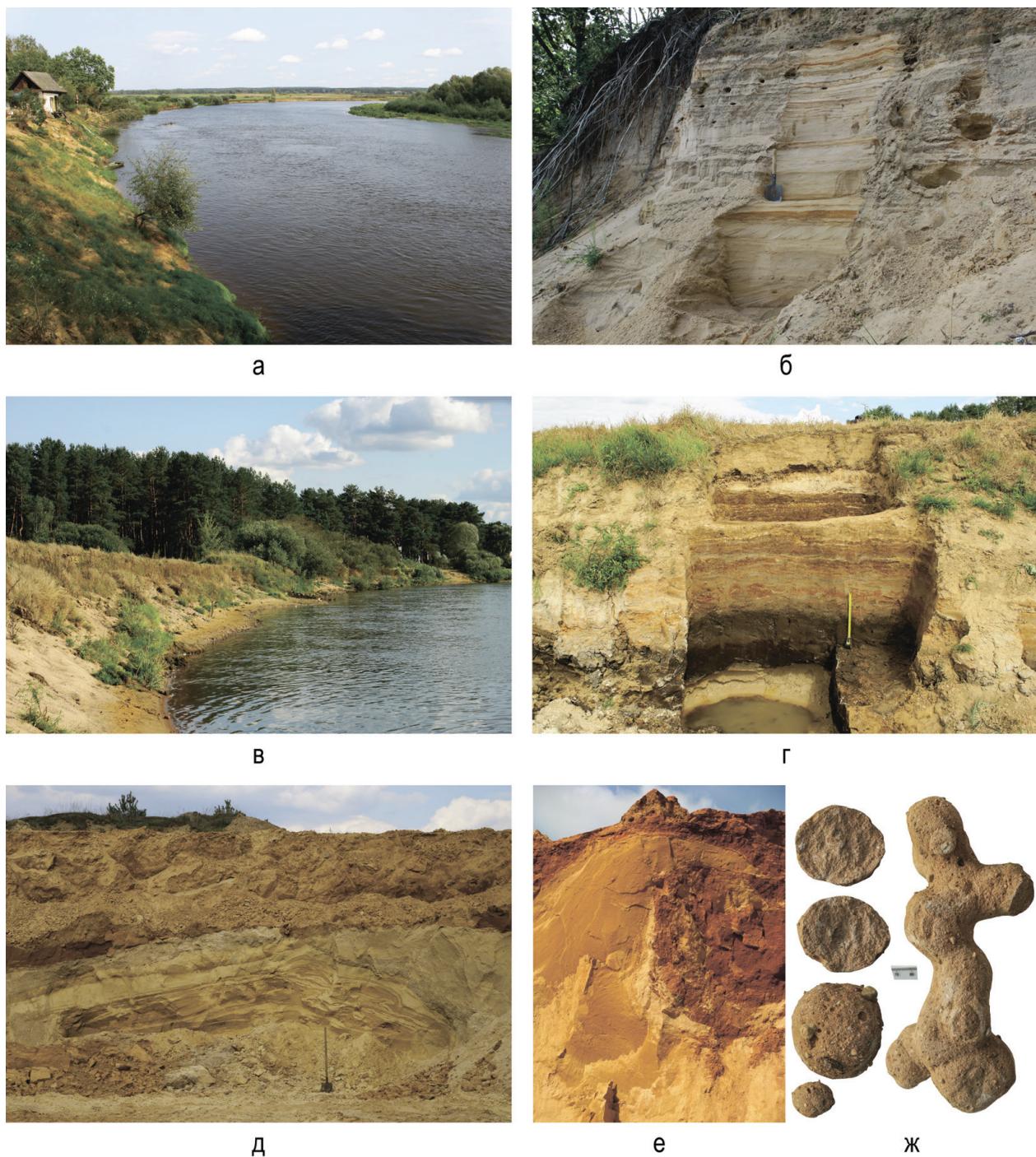


Рисунок 2 – Фотографии точек наблюдения маршрутов № 1 (а–б) и № 2 (в–ж)

а – т.н. № 3 (общий вид на долину р. Днепр с обрывистого правого берега, представленного останцем 1-й надпойменной террасы поозерского возраста); б – т.н. № 3 (обнажение песков аллювиальных отложений (фации надпойменных террас) поозерского возраста (останец 1-й надпойменной террасы) «Красная Горка-3»); в – т.н. № 6 (общий вид на левый обрывистый пойменный берег р. Днепр); г – т.н. № 6 (обнажение песков, супесей и суглинков аллювиальных отложений (русловой, пойменной и старициной фаций) голоценового возраста «Праглеска»); д – обнажение моренных супесей днепровского и песков березинско-днепровского возраста в северо-восточной стенке карьера месторождения песка «Цупер-99»; е – гляциодиапир в северной стенке карьера месторождения песка «Цупер-99»; ж – супесчаные карбонатные конкреции неправильной формы, отобранные из толщи моренных супесей днепровского возраста в стенах карьера месторождения песка «Цупер-99»



а



б



в



г



д



е

**Рисунок 3 – Фотографии точек наблюдения маршрутов № 4 (а – г) и № 5 (д – е)**

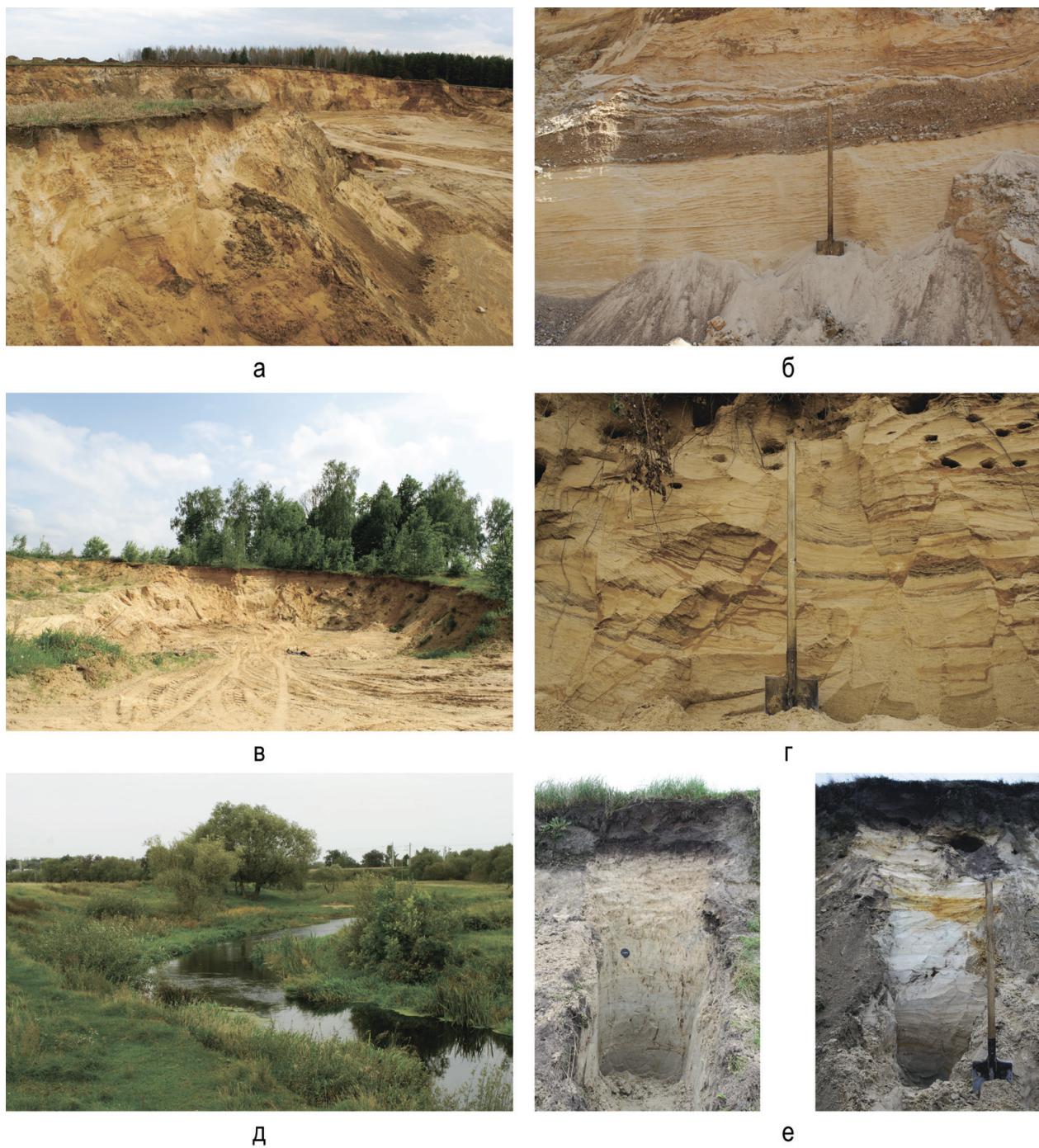
а – общий вид с коренного правого берега на долину р. Днепр;

б – контакт глин и алевритов антопольской свиты неогеновой системы и ожелезненных песков крупейской свиты палеогеновой системы в средней части обнажения;

в – ожелезненные пески крупейской свиты палеогеновой системы в нижней части обнажения;

д – т.н. № 16 (обнажение эоловых песков голоценового возраста и песков аллювиальных отложений (фация надпойменных террас) поозерского возраста (1-я надпойменная терраса) в юго-западной стенке карьера месторождения формовочных песков «Четверня»);

е – т.н. № 16 (использование земснаряда при гидродобыче песков)



**Рисунок 4 – Фотографии точек наблюдения маршрутов № 6 (а – б) и № 7 (в – е)**  
а – т. н. № 17 (общий вид восточной стенки карьера месторождения песков «Горки»);  
б – т. н. № 17 (обнажение песков березинско-днепровского возраста в восточной стенке карьера месторождения песка «Горки»); в – т. н. № 19 (общий вид южной стенки карьера месторождения песков «Марусенька»); г – т. н. № 19 (обнажение песков сожского возраста, нарушенных гляциотектоническими процессами в южной стенке карьера месторождения песка «Марусенька»);  
д – т. н. № 20 (общий вид с пойменного правого берега на долину р. Добосна);  
е – т. н. № 20 (обнажение озерно-аллювиальных песков поозерского возраста)

В т. н. № 13 обнажения «Стрешин» (см. рис. 3а-г) на дневную поверхность выходят наиболее древние из изученных в обнажениях дочетвертичные отложения, приуроченные к крупейской свите палеогеновой системы. Завершение осадконакопления отложений данного возраста произошло 23,03 млн лет назад. Континентальные отложения крупейской свиты завершают разрез палеогеновых отложений морского генезиса. Отложения представлены песком от мелкодо среднезернистого, кварцевым, светло-серым, преимущественно светло-желтым, желтым, буро-желтым, сильно ожелезненным, местами песок переходит в песчаник, сцементированный железистым (лимонитовым) типом цемента, с большим количеством округлых конкреций лимонита черно-бурового цвета.

В т. н. № 5 (см. рис. 2д – ж), в северной стенке карьера месторождения песка «Цупер-99», был выявлен гляциодиапир – особый геологический объект, нарушение в залегании пород, связанное с деятельностью ледника, а если быть точнее – с гляциотектоническими процессами [10]. Гляциодиапир представляет собой инъективную форму (структурну) – внедрение одних пород в другие. В общем он имеет форму антиклинальной складки, направленной вверх, или изогнутого клина, который в своей вершине, т. е. при замке, приобретает горизонтальное залегание, как все остальные недислоцированные породы. Видимо, именно такая форма вызвана особенностями образования этой структуры.

Глубина внедрения флювиогляциальных песков березинско-днепровского возраста в днепровские моренные супеси составляет около 2,5 м.

В нашем случае инъецирующими послужили рыхлые и пластичные песчаные породы, которые внедрились в перекрывающие их супеси. Данный гляциодиапир относится к закрытому типу, т. е. вершина инъецирующего тела застряла в перекрывающей ее породе и не прорывает их. Гляциодиапир в рельфе местности никак не выражен. Образование инъективных форм – гляциодиапиров могло происходить при условиях выжимания (диапиризма) податливого материала пород субстрата: либо в лед, в его трещины или полости, либо в основную морену, т. е. в перекрывающие породы и свободные от льда участки.

В т. н. № 19, в южной стенке карьера месторождения песков «Марусенька» (см. рис. 4в, г), наблюдаются множественные гляциотектонические нарушения в залегании отдельных слоев флювиогляциальных песков сожского возраста. Многочисленные разрывные малоамплитудные нарушения связаны с процессами гляциокарста – т. е. вытаиванием мертвого льда на заключительных стадиях дегляциации в толще слоистых флювиогляциальных отложений, формировавшихся в условиях не-

посредственного контакта с погребенным льдом. Деформации обусловлены процессами вытаивания глыб льда, оказавшихся захороненными в отложениях. Разрывные нарушения разбивают толщу на клиновидные, У-образные и грабеноподобные блоки, часто прослеживается образование системы субпараллельных микросбросов [10].

В т. н. № 5 (см. рис. 2д – ж), в стенках карьера месторождения песка «Цупер-99», выявлены многочисленные морфологические типы карбонатных новообразований, которые являются постседиментационными изменениями вмещающих их отложений. В толще моренных супесей днепровского возраста установлено большое количество округлых, эллипсовидных и неправильной формы супесчаных карбонатных конкреций. Округлые, шаровидные, эллипсовидные конкреции сложены супесью красно-буровой, с включением гравийных и галечных зерен, с шероховатой поверхностью, зачастую с обособленным центром роста (в центре конкреции присутствует центр роста – гравий или галька осадочных пород (доломит или известняк)), обломочная составляющая породы сцементирована карбонатным (кальцитовым) типом цемента, очень крепкие, практически не размокают в воде, хорошо реагируют с соляной кислотой, при этом не поглощают (не впитывают) ее, хаотично распределены в толще супесчаных моренных отложений. На контакте днепровских моренных и флювиогляциальных березинско-днепровских отложений залегает плита, сцементированная карбонатным материалом [11].

В ходе проведения геологических маршрутов могут быть установлены новые, еще не изученные обнажения, которые должны быть изучены и задокументированы.

Кроме изучения и документирования обнажений, в геологических маршрутах необходимо вести наблюдения и изучать проявления современных геологических процессов по берегам рек, на склонах речных долин и на стенах карьеров, параллельно можно изучать гидрогеологические особенности территории и т. д. Еще одной немаловажной задачей в ходе проведения геологических экспедиций является сбор минералов, горных пород и палеонтологических остатков, которые на камеральном этапе в обязательном порядке должны быть определены, и из них составлена коллекция, которая бы наглядно отражала особенности геологического строения изучаемого района. Кроме того, коллекция послужила бы либо началом создания, либо пополнила уже имеющуюся экспозицию в школьном геологическом музее.

Отметим, что многие из представленных в статье обнажений требуют дальнейшего детального изучения с целью установления их генезиса и возраста.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для Жлобинского района Гомельской области адаптирована методика организации и проведения геологических экскурсий для учащихся средний школ, включающая критерии выбора уникальных геологических объектов и принципы составления геологических маршрутов, для использования их в учебных целях при проведении исследований в рамках работы географо-краеведческих школьных кружков.

2. Выявлено и изучено 20 геологических обнажений территории Жлобинского района, в том числе 12 объектов естественно-природного происхождения и 8 – образованных при добыче полезных ископаемых, что обуславливает хорошую представительность основных генетических типов четвертичных отложений для изучения и проведения исследований учащимися.

3. Выбранные для изучения геологические объекты представлены аллювиальными, флювиогляциальными и моренными генетическими типами разновозрастных отложений, в том числе отложениями березинского, днепровского, сожского, поозерского и голоценового возраста четвертичной системы. В двух случаях вскрываются более древние отложения антопольской свиты неогеновой системы, и в одном – еще более древние отложения крупской свиты палеогеновой системы.

4. На основании критериев выбора уникальных геологических объектов составлено 7 геологических маршрутов с определением точек наблюдения за геологическими объектами, которые предлагаются использовать при проведении занятий по геологии и краеведению в форме однодневных экскурсий и многодневных экспедиций среди учащихся школ Жлобинского района с целью ознакомления их с геологическим строением родного края.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семихатов, Б. Н. Геологические экскурсии в окрестностях Москвы / Б. Н. Семихатов. – М. : Учпедгиз, 1955. – 90 с.
2. Дзагоева, Е. А. Геологический туризм в дополнительном образовании школьников // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. – Барнаул, 2015. – С. 43–47.
3. Дзагоева, Е. А. Геологическое образование школьников в рамках краевой программы // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. – Барнаул, 2013. – С. 68–71.
4. Полевая геология для начинающих / И. Р. Бергазов [и др.] ; под общ. ред. И. Р. Бергазова. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2013. – 121 с.
5. Комаровский, М. Е. Учебная общегеологическая практика на Минском полигоне / М. Е. Комаровский. – Минск : БГУ, 2011. – 175 с.
6. Геология Беларуси / А. С. Махнач [и др.] ; под общ. ред. А. С. Махнача. – Минск : Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
7. Рельеф Белоруссии / А. В. Матвеев [и др.] ; под общ. ред. А. В. Матвеева. – Минск : Университетское, 1988. – 317 с.
8. Рельеф Белорусского Полесья / А. В. Матвеев [и др.] ; под общ. ред. А. В. Матвеева. – Минск : Наука и техника, 1982. – 129 с.
9. Хомич, П. З. Полезные ископаемые Беларуси / П. З. Хомич. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528 с.
10. Левков, Э. А. Гляциотектоника / Э. А. Левков. – Минск : Наука и техника, 1980. – 279 с.
11. Постседиментационные изменения отложений платформенного чехла Беларуси / А. А. Махнач [и др.] ; под общ. ред. А. А. Махнача. – Минск : Белорусская наука, 2007. – 394 с.

Артыкул пастуپіў у рэдакцыю 30.01.2023

Рэцэнзент М. А. Багдасараў

## ДОСВЕД ПАДРЫХТОЎКІ ГЕАЛАГІЧНЫХ МАРШРУТАЎ ДЛЯ ШКОЛЬНЫХ ЭКСКУРСІЙ І ВУЧЭБНЫХ ЭКСПЕДЫЦІЙ НА ТЭРЫТОРЫІ ЖЛОБІНСКАГА РАЁНА ГОМЕЛЬСКАЙ ВОБЛАСЦІ

К. Ю. Балашоў<sup>1</sup>, А. М. Балашова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дзяржаўнае прадпрыемства «НПЦ па геалогіі»  
вул. Акад. Купрэвіча, 7, 220141, Мінск, Беларусь  
E-mail: balashovkj@gmail.com

<sup>2</sup>Адкрытае аццыянернае таварыства «Белгархімпрам»  
пр. Машэрава, 17, 220029, Мінск, Беларусь

У артыкуле прыведзена характарыстыка геалагічных аб'ектаў, размешчаных на тэрыторыі Жлобінскага раёна, якія пры аб'яднанні ў геалагічныя маршруты працягуюцца да вывучэння пры правядзенні аднадзённых экспкурсій і шматдзённых экспедыцый навучэнцаў, з мэтай азнаямлення іх з геалагічнай будовай роднага краю.

## EXPERIENCE OF PREPARING GEOLOGICAL ROUTES FOR SCHOOL EXCURSIONS AND STUDY EXPEDITIONS ON THE TERRITORY OF ZHLOBIN DISTRICT OF GOMEL REGION

K. Balashov<sup>1</sup>, A. Balashova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>State Enterprise «Research and Production Centre of Geology»

7 Akad. Kuprevich St, 220141, Minsk, Belarus

E-mail: balashovkj@gmail.com

<sup>2</sup>Joint Stock Company «Belgorkhimprom»

17 Masherov Avenue, 220029, Minsk, Belarus

The article describes the characteristics of geological objects located on the territory of the Zhlobin region, which, when combined into geological routes, are offered for study during one-day excursions and multi-day expeditions of students in order to familiarize them with the geological structure of their native land.

## КАРОТКІЯ ПАВЕДАМЛЕННІ

УДК 567+551.791:734.5 (476)

### О НАХОДКАХ ПЕРЕОТЛОЖЕННЫХ ОСТАТКОВ ДЕВОНСКОЙ ИХТИОФАУНЫ В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОКРЕСТНОСТЕЙ МОГИЛЕВА

Д. П. Плакс, В. В. Мельников

Белорусский национальный технический университет  
пр. Независимости, 65, 220013, Минск, Беларусь  
E-mail: agnatha@mail.ru

К настоящему времени сведения о находках переотложенных остатков девонской ихтиофауны в четвертичных отложениях известны из более чем десятка местонахождений на территории Беларуси. Информация по ним накапливалась у Д. П. Плакс в течение девяти лет исследований. В 2014 г. была опубликована первая статья [5], в которой были приведены данные о находках переотложенных скелетных элементов девонских позвоночных в плейстоценовых отложениях только из двух местонахождений в пределах Минской области: в песчаном карьере недалеко от г. Старые Дороги и в песчаном карьере в окрестностях г. п. Фаниполь. Сведения об остальных местонахождениях, в пределах которых были найдены остатки переотложенной девонской ихтиофауны, пока не опубликованы, что является делом ближайшего будущего.

Данная статья посвящена недавним находкам переотложенных остатков девонской ихтиофауны в четвертичных отложениях в окрестностях г. Могилева. В результате проведенных полевых работ по сбору палеонтологического материала в песчаном карьере «Павловское», расположенному в пойме р. Днепр около д. Мосток в 17 км на северо-восток от Могилева, были найдены четыре небольших (диаметром от 10 до 15 см) окатанных обломка органогенных известняков, содержащих визуально определимые триторы девонских плацодерм. Образцы пород были растворены 9–10 %-ной уксусной кислотой. Это позволило установить в них, помимо упомянутых птиктодонтидных триторов, мелкий обломок пластинки антиарха, немногочисленные обломки чешуй актиноптеригий и достаточно много мелких, в основном, фрагментарных остатков других ископаемых организмов. Изучение извлеченных из пород остатков осуществлялось под стереоскопическим бинокулярным микроскопом МБС-1 и с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV (JEOL, Япония). Идентификация

фоссилий базировалась на исследовании их морфологии. Ниже рассмотрим подробнее, что было установлено в каждом образце породы.

Так, в светло-сером, с бурыми пятнами и разводами, местами с глинистыми примазками, массивном, крепком, слабо окатанном, органогенном, биоморфно-детритовом известняке (образец № 1) были установлены многочисленные мелкие и крупные обломки раковин брахиопод, редкие мелкие раковины двустворок, не очень многочисленные членики криноидей, единичные фрагментарные конодонты и редкие обломки чешуй *Moythomasia* sp., две чешуи *M. cf. perforata* (Gross), а также один тритор *Ptyctodontidae* gen. indet. довольно хорошей сохранности (фототаблица 1, фигура 1).

В желтовато-сером, слабо глинистом, плотном, крепком, окатанном, органогенном, биоморфно-детритовом известняке (образец № 2) были выявлены немногочисленные створки остракод, редкие целые раковины атрипид, мелкие обломки раковин неопределенных брахиопод, немногочисленные членики криноидей, единичные и преимущественно фрагментарные конодонты, редкие обломки чешуй *Moythomasia* sp. и один тритор *Ptyctodontidae* gen. indet. достаточно хорошей сохранности (фототаблица 1, фигура 2).

В светло-зеленовато-сером, участками с бурыми и красными пятнами, слабо глинистом, плотном, крепком, окатанном, органогенно-детритовом известняке (образец № 3) были констатированы преимущественно фрагментарные створки остракод, мелкие обломки раковин брахиопод, немногочисленные фрагменты раковин бивальвий, единичные обломки конодонтов, мелкий обломок пластинки *Bothriolepis* sp., один тритор *Ptyctodontidae* gen. indet. плохой сохранности и немногочисленные обломки чешуй *Moythomasia* sp. и *Actinopterygii* indet. (фототаблица 2, фигуры 1–7).



**Фототаблица 1** – Триторы *Ptyctodontidae* gen. indet., извлеченные из органогенных известняков (образцы №№ 1, 2 и 4), найденных в карьере «Павловское» у д. Мосток Могилевского района. Длина масштабного отрезка 5 мм для фигур 2 и 3; 1 см для фигуры 1.

Фигура 1. Экземпляр 157/1-1, тритор: а – вид сверху, б – вид снизу.

Фигура 2. Экземпляр 157/2-1, тритор: а – вид сверху, б – вид снизу.

Фигура 3. Экземпляр 157/4-1, тритор: а – вид сбоку, б – вид сбоку с небольшим наклоном.

И, наконец, в светло-сером, с красными и розовыми пятнами, плотном, крепком, слабо окатанном, органогенно-детритовом известняке (образец № 4) были установлены некрупные обломки раковин брахиопод, редкие фрагментарные раковины моллюсков, немногочисленные членики криноидей и один небольшой тритор *Ptyctodontidae* gen. indet. сравнительно хорошей сохранности (фототаблица 1, фигура 3).

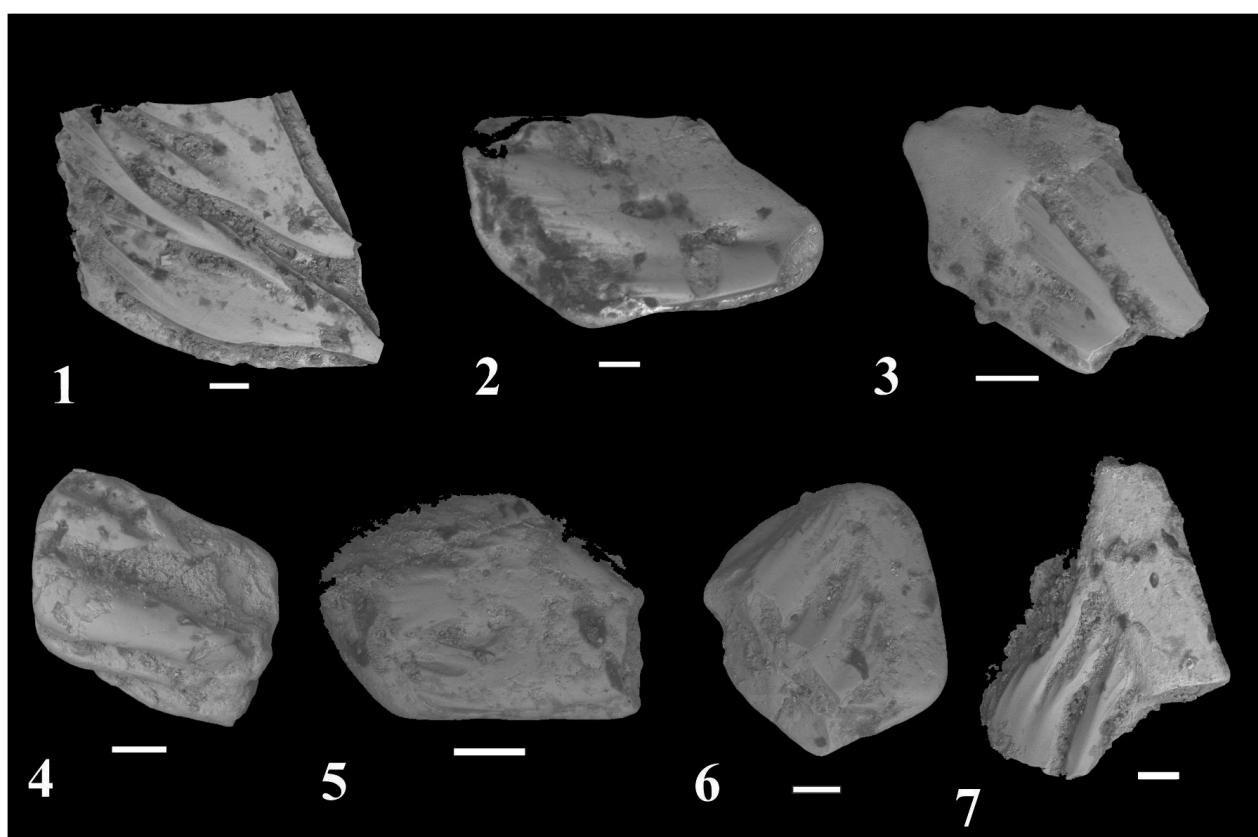
В целом, для извлеченных органических остатков из описанных выше образцов пород характерна в основном удовлетворительная, в меньшей степени сравнительно хорошая сохранность экземпляров. Большинство извлеченных из пород остатков окатанные и фрагментарные, за исключением единичных створок остракод, нескольких раковин брахиопод и двустворок, а также трех триторов, которые

характеризуются относительной хорошей сохранностью и незначительной окатанностью. Такая сохранность органических остатков может свидетельствовать, по всей видимости, об их сравнительно длительной механической транспортировке до начала погребения, а также об их последующих преобразованиях в процессе фоссилизации и литификации.

По остаткам ихтиофауны, содержащимся в четырех вышеописанных образцах органогенных известняков, можно заключить, что эти породы позднедевонского, а именно франского, возраста. Если же попытаться провести датировку еще точнее, то их возраст, по всей видимости, может соответствовать саргаевскому [2]. Подобные таксоны ихтиофауны, например, известны из плявинского горизонта франского яруса Главного девонского поля [1, 4].

В заключение стоит отметить, что согласно классификации Т. Б. Янина [3] обнаруженные породы с органическими остатками относятся к ледниковому типу переотложения. Возможно, они могут быть либо местного происхождения, попавшими

в четвертичные отложения во время разрушения ледником коренных верхнедевонских пород, либо могли быть перемещены ледником в плейстоценовое время с нынешней территории Прибалтики или России.



**Фототаблица 2 – Чешуи актиноптеригий, извлеченные из органогенно-детритового известняка (образец № 3), найденного в карьере «Павловское» у д. Мосток Могилевского района. Длина масштабного отрезка 100  $\mu\text{м}$  для фигур 1, 2, 4, 5, 6 и 7; 200  $\mu\text{м}$  для фигуры 3.**

Фигура 1. *Moythomasia* sp. Экземпляр 157/3-1, фрагмент чешуи,  $\times 100$ ; вид снаружи.

Фигура 2. *Moythomasia* sp. Экземпляр 157/3-2, фрагмент чешуи,  $\times 100$ ; вид снаружи.

Фигура 3. *Moythomasia* sp. Экземпляр 157/3-4, фрагмент чешуи,  $\times 85$ ; вид снаружи.

Фигура 4. *Actinopterygii* indet. Экземпляр 157/3-6, фрагмент чешуи,  $\times 150$ ; вид снаружи.

Фигура 5. *Actinopterygii* indet. Экземпляр 157/3-7, фрагмент чешуи,  $\times 180$ ; вид снаружи.

Фигура 6. *Actinopterygii* indet. Экземпляр 157/3-8, фрагмент чешуи,  $\times 130$ ; вид снаружи.

Фигура 7. *Moythomasia* sp. Экземпляр 157/3-12, фрагмент чешуи,  $\times 100$ ; вид снаружи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Девон и карбон Прибалтики / В. С. Сорокин [и др.] ; редкол.: В. С. Сорокин (отв. ред.) [и др.]. – Рига : Зинатне, 1981. – 503 с.
2. Девонская система / Т. Г. Обуховская [и др.] // Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларусь : объяснительная записка / С. А. Кручек [и др.] ; редкол.: С. А. Кручек (отв. ред.) [и др.]. – Минск : ГП «БелНИГРИ», 2010. – С. 98–114 (со стратиграфическими схемами девонских отложений Беларусь (2 листа)).
3. Янин, Б. Т. Основы тафономии / Б. Т. Янин. – М. : Недра, 1983. – 184 с.

4. **Vertebrate** correlation of the Upper Devonian and Carboniferous on the East European Platform / D. Esin [et al.] // Courier Forschungsinstitut Senckenberg (Final Report of IGCP 328 project). – 2000. – Vol. 223. – P. 341–359.

5. **Plax, D. P.** The first findings of the redeposited Devonian ichthyofauna in the Quaternary deposits of Belarus / D. P. Plax // Літасфера. – 2014. – № 2 (41). – С. 19–26.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 26.11.2022

Рэцэнзент Я. А. Кухарык

## СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### ОБЗОР ПУБЛИКАЦИЙ, ВОШЕДШИХ В ОТЧЕТ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КОМИССИИ БЕЛАРУСИ ЗА 2022 ГОД

С. В. Демидова, П. О. Сахарук

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

Филиал «Институт геологии»

ул. Акад. Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь

E-mail: demidovasvet@mail.ru, polina.sakharuk@gmail.com

Стратиграфическая комиссия Беларуси ежегодно готовит обзор публикаций отечественных и зарубежных исследователей по стратиграфической тематике, в основном, по стратиграфическому расчленению и корреляции стратонов кристаллического фундамента и платформенного чехла Беларуси и смежных территорий («Літасфера» № 1 (46), 2017; № 1 (48), 2018; № 1 (50), 2019; № 1 (52), 2020; № 1 (54), 2021; № 1 (56), 2022).

Как и в предыдущие годы, члены Стратиграфической комиссии, а также сотрудники различных ведомств участвовали в дискуссиях по вопросам применения Стратиграфических схем докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси (2010, 2017) на заседаниях ученых и научно-технических советов, при рассмотрении материалов научных и производственных отчетов, подготовке печатных научных работ, при предварительном обсуждении и защите диссертаций.

В 2022 г. белорусские геологи принимали участие в работе научно-практических конференций (LXVIII сессия Палеонтологического общества при РАН, г. Санкт-Петербург; XV Всероссийская палинологическая конференция «Актуальные проблемы современной палинологии», г. Москва; Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы геодезии, картографии, кадастра, геоинформационных технологий, рационального земле- и природопользования», г. Новополоцк; Международная научная конференция «Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых», г. Минск); результаты стратиграфических исследований публиковались в отечественных («Літасфера», «Природопользование», «Природные ресурсы», «Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология»), а также в зарубежных («Стратиграфия. Геологическая корреляция», «New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin») научных периодических изданиях. В 2022 г. напечатаны монографии: А. А. Махнача, Н. А. Махнача и Б. Г. Покровского по геохимии стабильных изотопов в платформенном чехле Беларуси [3], коллектива авторов под общей редакцией Р. Е. Айзберга и Я. Г. Грибика о нетрадиционных источниках углеводородного сырья [5] и В. П. Зерницкой о позднеледниковых и голоцене Беларуси [28]. Продолжается сотрудничество Стратиграфической комиссии Беларуси с Межведомственным стратиграфическим комитетом России, Подкомиссией по девонской стратиграфии Международной стратиграфической комиссии (отчеты о деятельности белорусских стратиграфов девона публикуются в издании «SDS Newsletter» [20]).

Ниже приводится перечень опубликованных статей в следующем порядке. В начале обзора в отдельной рубрике указаны работы по изотопной хемостратиграфии [1; 2; 3] и обзорная работа по итогам глубинного геологического картирования [4], далее в стратиграфической последовательности приводятся публикации по различным подразделениям кристаллического фундамента и платформенного чехла Беларуси [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; 34; 35]. Как и в предыдущие годы, наибольшее количество публикаций 2022 г. посвящено вопросам стратиграфии девонской и четвертичной систем.

### НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ *Изотопная хемостратиграфия*

1. **Вариации** изотопного состава углерода и кислорода в эмсских и эйфельских отложениях на юго-востоке Латвийской седловины / А. А. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2022. – № 1 (56). – С. 67–79.
2. **Вариации** изотопного состава углерода и кислорода в эмсско-франских отложениях Северо-Припятского плача (юго-восток Беларуси) / А. А. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 101–115.
3. **Махнач, А. А.** Геохимия стабильных изотопов в платформенном чехле Беларуси / А. А. Махнач, Н. А. Махнач, Б. Г. Покровский. – Минск : Беларуская навука, 2022. – 373 с.

## РАБОТЫ, В КОТОРЫХ РАССМАТРИВАЮТСЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

4. **Итоги** глубинного геологического картирования масштаба 1:200 000 территории листов N-36-XIX (Могилев), N-36-XV (Жлобин), N-36-XXXI (Гомель) И N-36-XXXII (Добруш) (платформенный чехол) / Г. Д. Стрельцова [и др.] // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 3–8.

5. **Нетрадиционные** источники углеводородного сырья в недрах Беларуси: геологические аспекты / Р. Е. Айзберг [и др.]; под общ. ред. Р. Е. Айзберга и Я. Г. Грибика ; Национальная академия наук Беларусь, Ин-т природопользования ; Производственное объединение «Белоруснефть». – Минск : Беларуская навука, 2022. – 332 с.

### АРХЕЙСКИЕ И НИЖНЕПРОТЕРОЗОЙСКАЯ ЭОНОТЕМЫ

*Кристаллический фундамент*

6. **Пискун, О. А.** Особенности вещественного состава метасоматитов кристаллического фундамента запада Беларуси (участок «Шнипки») / О. А. Пискун, А. А. Толкачикова, М. П. Гуринович // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 9–23.

7. **Промышленный** приток нефти из пород кристаллического фундамента Припятского прогиба / Я. Г. Грибик [и др.] // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 131–138.

### ВЕРХНЕПРОТЕРОЗОЙСКАЯ ЭОНОТЕМА

*Венская система*

8. **Палеонтологическая** характеристика верхневенских – нижнекембрийских отложений в разрезе скважины Северо-Полоцкая Восточно-Европейской платформы (Беларусь) / Е. Ю. Голубкова [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2022. – Т. 30, № 6. – Стр. 3–20. – DOI: 10.31857/S0869592X22060072.

### ФАНЕРОЗОЙСКАЯ ЭОНОТЕМА. ПАЛЕОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА

*Кембрийская – ордовикская системы*

9. **Шпак, С. Е.** Физические свойства пород кембрийских отложений Прибугской структуры Подляско-Брестской впадины // Природопользование. – 2022. – № 1. – С. 103–111.

10. **Zaika, Yu.** New data on Lower Paleozoic outcrops near the village of Ravaničy (Minsk region, Belarus) / Yu. Zaika, O. Murashka // Fossil Record 8. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin. – 2022. – № 90. – Р. 485–495.

*Девонская система*

11. **Кондратенко, А. В.** Особенности строения и перспективы нефтегазоносности галитовой подтолщи верхнесоленосных девонских отложений мармовичско-давыдовского участка в Северной зоне Припятского прогиба / А. В. Кондратенко // Літасфера. – 2022. – № 1 (56). – С. 118–129.

12. **Кондратенко, Н. И.** Оценка достоверности гидрохимических данных при испытании и освоении перспективных горизонтов Припятского нефтегазоносного бассейна / Н. И. Кондратенко, Я. Г. Грибик // Літасфера. – 2022. – № 1 (56). – С. 148–159.

13. **Обоснование** обустройства и эксплуатации Мозырского подземного хранилища газа / В. В. Майоров [и др.] // Природопользование. – 2022. – № 1. – С. 112–117.

14. **Петрова, Н. С.** Взаимоотношение нефтегазоносных и соленосных структурно-вещественных комплексов на северо-западе Припятского прогиба / Н. С. Петрова, Н. Ю. Денисова, И. Р. Захария // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 151–157.

15. **Петрова, Н. С.** Перспективы освоения залежей калийных солей в пределах Копаткевичского участка в Центральном структурном ареале Припятского прогиба / Н. С. Петрова, Н. Ю. Денисова // Літасфера. – 2022. – № 1 (56). – С. 89–100.

16. **Порошина, С. Л.** Анализ разработки залежи нефти в воронежских отложениях (верхний фран) Золотухинского месторождения в Припятском прогибе по промысловым гидрохимическим данным / С. Л. Порошина // Літасфера. – 2022. – 1 (56). – С. 130–147.

17. **Порошин, В. Д.** Оценка изменения объема сети фильтрационных каналов при проведении опытно-промышленных работ по рассолению продуктивных коллекторов на скважинах Березинского месторождения нефти в Припятском прогибе / В. Д. Прошин, С. Л. Порошина // Літасфера. – 2022. – № 1 (56). – С. 101–117.

18. **Толстошев, В. И.** Характеристика поверхности отложений франского яруса верхнего девона Брагинско-Люевской перемычки и сопредельных территорий (юго-восток Беларусь) / В. И. Толстошев, С. А. Кручек, П. О. Сахарук // Літасфера. – 2022. – № 1 (56). – С. 3–19.

19. Условия формирования нефтематеринских и углеводородсодержащих пород задонского надгоризонта (нижний фамен) в Центральной части Червонослободско-Малодушинской ступени Припятского прогиба / Е. В. Бибикова [и др.] // Літасфера. – 2022. – № 1 (56). – С. 160–166.
20. Membership News. CM Dmitry P. Plax and the Belarusian Devonian Group / D. P. Plax [et al.] // SDS Newsletter. – 2022. – № 37. – Р. 76.
21. Plax, D. P. A new species of the ray-finned fish (Osteichthyes, Actinopterygii) from the Upper Emsian and Lowermost Eifelian deposits of Belarus / D. P. Plax // Літасфера. – 2022. – № 1 (56). – Р. 30–39.
22. Plax, D. P. Ichthyofauna from the Lower Devonian (Lochkovian) deposits of the Brest region, Belarus / D. P. Plax // Палеонтология и стратиграфия: современное состояние и пути развития : материалы LXVIII сессии Палеонтологического общества при РАН, посвященной 100-летию со дня рождения Александра Ивановича Жамойды, 25–29 апреля 2022 г. / редкол.: А. Ю. Розанов [и др.]. – СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2022. – С. 232–234.
23. Plax, D. P. Ichthyofauna from the Lower Devonian (Lochkovian) deposits of the Podlasie-Brest Depression (from the results of the Rataichitsy 12k borehole section investigation) / D.P. Plax // Природные ресурсы. – 2022. – № 1. – С. 44–66.
24. Plax, D. P. Placoderm remains from the Middle Devonian of Belarus / D. P. Plax, M. J. Newman // Fossil Record 8. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin. – 2022. – № 90. – Р. 331–337.

### Каменноугольная система

25. Толстошев, В. И. Stratigraphy and correlation of Lower Devonian (Visean) coal-bearing facies in the southern part of the Pripyat Depression / В. И. Толстошев, П. О. Сахарук // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 24–37.

## КАЙНОЗОЙСКАЯ ЭРА ТЕМА Четвертичная система (квартер)

26. Галкин, А. Н. Построение карты глубины залегания подошвы четвертичных отложений на территории Витебской области средствами ГИС [Электронный ресурс] / А. Н. Галкин, Е. О. Шепляков, А. Б. Торбенко // Актуальные проблемы геодезии, картографии, кадастра, геоинформационных технологий, рационального земле- и природопользования : электрон. сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф., Новополоцк, 9–10 июня 2022 г. / Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой ; редкол.: канд. техн. наук Г. А. Шароглазова (отв. ред.) [и др.]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2022. – С. 21–24.
27. Еловичева, Я. К. Палинология Беларусь: метод и научное направление в исследовании отложений гляциоплейстоцена и голоцен / Я. К. Еловичева // Журнал Бел. гос. ун-та. География Геология. – 2022. – № 2. – С. 3–15. – DOI: 10.33581/2521-6740-2022-2-3-15.
28. Зерницкая, В. П. Позднеледниковые и голоцен Беларусь: геохронология, осадконакопление, растительность и климат / В. П. Зерницкая. – Минск : Беларуская навука, 2022. – 303 с.
29. Комаровский, М. Е. Влияние термических условий в ложе последнего ледникового покрова на распределение ледниковых ложбин Белорусского Поозерья / М. Е. Комаровский, Е. В. Хилькевич // Журнал Бел. гос. ун-та. География. Геология. – 2022. – № 1. – С.101–115. – DOI: 10.33581/2521-6740-2022-1-101-115.
30. Матвеев, А. В. История формирования рельефа южной Беларусь в четвертичное время / А. В. Матвеев // Природопользование. – 2022. – № 1. – С. 83–90.
31. Модель пространственной дифференциации химических элементов в покровных отложениях северной части территории Беларусь (в границах Витебской области) / М. П. Оношко [и др.] // Літасфера. – 2022. – № 1 (56). – С. 80–88.
32. Оношко, М. П. ГИС-проект структурно-геологических карт погребенных горизонтов четвертичных отложений Беларусь [Электронный ресурс] / М. П. Оношко, В. А. Крошинский, М. А. Подружая // Актуальные проблемы геодезии, картографии, кадастра, геоинформационных технологий, рационального земле- и природопользования : электрон. сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф., Новополоцк, 9–10 июня 2022 г. / Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой ; редкол.: канд. техн. наук Г. А. Шароглазова (отв. ред.) [и др.]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2022. – С. 76–82.
33. Рылова, Т. Б. Растительность и климат муравинского межледникового на территории западной Беларусь по данным палинологических исследований / Т. Б. Рылова, А. В. Шидловская // Актуальные проблемы современной палинологии : материалы XV Всеросс. палинологической конф. памяти В. С. Волковой и М. В. Ошурковой, Москва, 1–3 июня 2022 г. – М. : МГУ им. Ломоносова, 2022. – С. 306–310. – DOI: 10.54896/9785891188532\_2022\_65.
34. Шидловская, А. В. Палеоботаническое обоснование возраста древнеозерных отложений, вскрытых скважинами 2Р и 4Р на востоке Беларусь / А. В. Шидловская // Актуальные проблемы современной палинологии : материалы XV Всеросс. палинологической конф. памяти В. С. Волковой и М. В. Ошурковой, Москва, 1–3 июня 2022 г. – М. : МГУ им. Ломоносова, 2022. – С. 40–48.
35. Шидловская, А. В. Палинологическая характеристика древнеозерных отложений, вскрытых скважинами 2Р и 4Р на востоке Беларусь / А. В. Шидловская // Актуальные проблемы современной палинологии : материалы XV Всеросс. палинологической конф. памяти В. С. Волковой и М. В. Ошурковой, Москва, 1–3 июня 2022 г. – М. : МГУ им. Ломоносова, 2022. – С. 414–418. – DOI: 10.54896/9785891188532\_2022\_89.

## ХРОНИКА

### СЕМИНАР «ГИДРОГЕОЛОГИЯ И МОНИТОРИНГ ПОДЗЕМНЫХ ВОД БЕЛАРУСИ»



В январе 2023 г. в государственном предприятии «НПЦ по геологии» силами сотрудников отдела гидрогеологии и мониторинга подземных вод филиала «Институт геологии», филиала «Белорусская комплексная геологоразведочная экспедиция» в рамках клуба «Молодой специалист» и в связи с 30-летием Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь для молодых специалистов и всех желающих был организован и проведен обучающий семинар на тему «Гидрогеология и мониторинг подземных вод Беларуси». На семинаре, состоявшем из теоретической и практической частей, рассмотрены следующие вопросы: пресные и минеральные воды Беларуси, основные запасы, качество вод, проведение мониторинга подземных вод, включая приборную базу и интерпретацию результатов.

Теоретическую часть семинара проводила О. А. Берёзко, кандидат геолого-минералогических наук, начальник отдела гидрогеологии и мониторинга подземных вод филиала «Институт геологии». Она представила 3 доклада-презентации. Первая презентация была посвящена общим вопросам гидрогеологии Беларуси, ресурсам, запасам пресных и минеральных вод, а также их качеству и актуальным проблемам в области охраны и рационального использования подземных вод. Во второй презентации О. А. Берёзко изложила вопросы организации, проведения и основные направления развития мониторинга подземных вод в Национальной системе мониторинга окружающей среды Республики Беларусь. В третьей презентации были представлены результаты трансграничного мониторинга подземных вод Беларуси и приведены примеры междуна-

родного сотрудничества в области изучения подземных вод.

Практическую часть семинара проводил В. А. Мазур, ведущий гидрогеолог Центральной гидрогеологической партии филиала «Белорусская комплексная геологоразведочная экспедиция». Он наглядно продемонстрировал приборы, применяемые при проведении мониторинга подземных вод, а именно: «хлопушки» и автоматические уровнемеры различных производителей для замеров уровней подземных вод, термометры для измерения температуры воды, насосы и другое оборудование. Отмечено, что в настоящее время в наблюдательных скважинах гидрогеологических постов функционирует 66 уровнемеров, в том числе: 9 уровнемеров «Микрорадар-217»; 53 уровнемера «InSitu Level TROLL-400» и 4 уровнемера «Друид». Кроме этого, В. А. Мазур показал несколько видеороликов, посвященных отбору проб воды из наблюдательных скважин, прокачкам и ремонту скважин на местности.

Семинар проходил в формате живого общения. Присутствующие задавали интересующие их вопросы, на которые получали развернутые ответы.

В семинаре приняли участие около 40 человек из различных структурных подразделений государственного предприятия «НПЦ по геологии» (филиал «Центральная лаборатория», филиал «Институт геологии», филиал «Белорусская комплексная геологоразведочная экспедиция», филиал «МНРЭГБ»), а также из других организаций (БГУ, «Институт природопользования»).

О. А. Берёзко

## 22 МАРТА – ВСЕМИРНЫЙ ДЕНЬ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

22 марта во многих странах мира отмечается Всемирный день водных ресурсов, основными задачами которого является привлечение внимания общества к существующим экологическим проблемам состояния воды на планете, напоминание о ее важности и необходимости бережного использования.

В Республике Беларусь эта дата отмечается ежегодно под эгидой Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

В 2023 г. к Всемирному дню водных ресурсов была приурочена Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы эффективного и комплексного использования водных ресурсов», которая проходила 22–24 марта на базе Республиканского центра государственной экологической экспертизы, подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров, а организатором научного мероприятия традиционно выступал РУП «ЦНИИКИВР». Программа конференции состояла из торжественного заседания и выступлений на научных секциях по следующим направлениям:

**Гидрология. Гидрохимия и гидробиология водных объектов. Водоохранные территории.**

**Мониторинг поверхностных и подземных вод. Государственный водный кадастр. Чрезвычайные ситуации на водных объектах. Моделирование.**

**Охрана подземных вод при осуществлении хозяйственной деятельности.**

**Водное богатство. Инвентаризация водных объектов Республики Беларусь.**

На торжественном заседании с приветственным словом к участникам совещания обратились: заместитель Министра природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь А. В. Горошко, начальник отдела использования и охраны водных ресурсов Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь В. Е. Воронова и директор РУП «ЦНИИКИВР» С. В. Сташевский.

В рамках секции, посвященной мониторингу поверхностных и подземных вод, представители филиала «Институт геологии» государственного предприятия «НПШ по геологии» (заместитель

директора по науке О. В. Васнёва, сотрудники отдела гидрогеологии и мониторинга подземных вод О. А. Берёзко, В. Е. Волков, Е. М. Черевач, ученый секретарь А. М. Бубнова) представили доклады на темы:

«Мониторинг подземных вод в Национальной системе мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: организация наблюдений, анализ данных, перспективы развития»;

«Разработка мероприятий по рациональному использованию и охране подземных вод от истощения на примере ключевых объектов, расположенных в бассейнах рек Припять и Западный Буг».

В первом докладе изложены основные аспекты проведения мониторинга подземных вод в Национальной системе мониторинга окружающей среды Республики Беларусь. Освещены вопросы организации системных наблюдений, проведен анализ данных мониторинга подземных вод по качественным и количественным показателям, предложены перспективные направления развития мониторинга подземных вод Республики Беларусь.

Во втором докладе обобщены результаты исследований, полученные на основании анализа многолетних данных режимных наблюдений за состоянием поверхностных и подземных вод в бассейнах рек Припять и Западный Буг. Приведены особенности геолого-гидрогеологических условий территорий исследований, прогноз гидродинамического состояния подземных вод для объектов с нарушенными условиями, на основании которых разработаны мероприятия, направленные на рациональное использование и охрану подземных вод от истощения.

Результаты исследований получены при выполнении мероприятий Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021–2025 гг. и Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. соответственно.

Мероприятие прошло в теплой и дружественной атмосфере.

О. В. Васнёва

## АЛЕКСЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ МАТВЕЕВ (К 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

23 мая 2023 г. исполняется 85 лет выдающемуся исследователю, академику Национальной академии наук Беларусь, доктору геолого-минералогических наук, профессору, заслуженному деятелю науки Республики Беларусь и лауреату Государственной премии БССР, главному научному сотруднику лаборатории современной геодинамики и палеогеографии Института природопользования НАН Беларусь Алексею Васильевичу Матвееву.

А. В. Матвеев начал свою научную деятельность в 1960 г. После окончания географического факультета Белорусского государственного университета был направлен на работу в Белгипроводхоз Министерства мелиорации и водного хозяйства БССР. Здесь им был получен первый опыт в изучении четвертичных отложений во время многочисленных полевых и камеральных исследований, связанных с проведением инженерно-геологической съемки территории республики. Именно в этот период определилось основное направление дальнейшей научной деятельности Алексея Васильевича – четвертичная геология.



В 1964 г. после успешной сдачи экзаменов А. В. Матвеев поступил в очную аспирантуру Института геологических наук Министерства геологии СССР. Во время учебы под руководством доктора геолого-минералогических наук М. М. Цапенко занялся изучением литологических и минералогических особенностей ледниковых отложений. Полученные при проведении этих исследований материалы легли в основу диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук на тему «Особенности литолого-минералогического состава разновозрастных морен в бассейне Березины (Днепровской) и их значение для стратиграфии», досрочно защищенной в 1966 г.

После защиты кандидатской диссертации А. В. Матвеев продолжил работу в Институте геологических наук, занимаясь изучением ледниковых образований территории Беларусь для палеогеографических реконструкций и целей стратиграфии. В 1968 г. вместе с коллективом белорусских исследователей участвовал в создании стратиграфической схемы расчленения четвертичных отложений, утвержденной Межведомственным региональным комитетом в качестве унифицированной. Благодаря высокой организованности и целеустремленности, в 1969 г. А. В. Матвеев назначен на должность ученого секретаря Института геологических наук (впоследствии БелНИГРИ), а затем заведующим сектором четвертичной геологии. За успехи в научной деятельности и трудолюбие в 1970 г. А. В. Матвеев награждается медалью «За доблестный труд».

Итогом проведенных в 1960-е гг. исследований А. В. Матвеева становится монография «Ледниковые отложения Белоруссии: (минералого-петрографические особенности)», в которой рассмотрены распространение, условия залегания и состав ледниковых образований на территории страны. В дальнейшем Алексей Васильевич продолжает изучение основных вопросов четвертичной геологии в связи с решением задач геоморфологии и поиска месторождений полезных ископаемых, приуроченных к ледниковой толще. Результаты этих работ отражены в коллективной (соавторы – Э. А. Левков и Н. А. Махнач) монографии «Геология антропогена Белоруссии», опубликованной в 1973 г. Важным итогом научной деятельности А. В. Матвеева является подготовка и защита в 1975 г. диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук на тему «Ледниковые отложения антропогена Белоруссии (условия залегания, вещественный состав, литогенез)», получившей высокую оценку коллег. На основании обобщения обширного фактического материала были охарактеризованы условия залегания, вещественный состав и закономерности формирования отложений ледниковой формации; выделены и охарактеризованы основные этапы ледникового литогенеза; разработана оригинальная классификация генетических типов четвертичных отложений и выявлены закономерности изменения состава ледниковых горизонтов; обнаружены взаимосвязи между особенностями строения четвертичной толщи и геологическим строением территории и др. Основные положения диссертационной работы легли в основу опубликованной в 1976 г. фундаментальной монографии «Ледниковая формация антропогена Белоруссии».

В середине 1970-х гг. научные интересы Алексея Васильевича расширяются и охватывают вопросы структурной геологии, геоморфологии и неотектоники. В этот период глубокие знания закономерностей формирования четвертичных отложений и многочисленные экспедиционные работы позволили ему выполнить анализ происхождения современных форм рельефа и построить серию геоморфологических, структурно-геоморфологических, неотектонических карт по отдельным районам Беларусь и территории

республики в целом. За высокие достижения в научной деятельности А. В. Матвеев в 1977 г. награжден Грамотой Верховного Совета БССР.

В 1978 г. А. В. Матвеев переходит на работу в Институт геохимии и геофизики Академии наук БССР, в структуре которого создает лабораторию динамики ландшафтов, впоследствии преобразованную в лабораторию современных геологических процессов. Расширяются творческие связи и круг научных интересов Алексея Васильевича – большое внимание уделяется разработке вопросов современной геодинамики, экологической геологии, геохимии, поиску полезных ископаемых. Плодотворная научная деятельность А. В. Матвеева позволила подготовить в сотрудничестве с коллегами (Э.А. Левков, Л. Ф. Ажгиревич, Э. А. Крутоус, В. Ф. Моисеенко и др.) и опубликовать ряд монографий: «Неотектоника территории Припятского прогиба» (1980), «Рельеф Белорусского Полесья» (1982), «Неотектоника и полезные ископаемые Белорусского Полесья» (1984), «Рельеф Белоруссии» (1988).

На протяжении 1980-х и в начале 1990-х гг., руководя работой творческого коллектива лаборатории современных геологических процессов, Алексей Васильевич начинает формировать научную школу в области четвертичной геологии, палеогеографии, геоморфологии и современной геодинамики. Активная экспедиционная жизнь позволяет ему и его ученикам успешно решать актуальные вопросы региональной геологии Беларуси, что выразилось в последующей защите кандидатских диссертаций (Э. А. Крутоус, Л. А. Нечипоренко, Н. А. Шишонок, Н. А. Махнач, А. И. Павловский, В. П. Зерницкая и др.) и подготовке ряда монографических трудов: «История формирования рельефа Белоруссии» (1990), «Современная динамика рельефа Белоруссии» (1991), «Геоморфология и математика» (1992), «Ледниковые валуны Беларуси: экспериментальная база изучения валунов» (1993), «Кольцевые структуры территории Беларуси» (1993). За разработку теоретических основ четвертичной геологии и внедрения их в практику геологоразведочных работ в 1986 г. А. В. Матвеев вместе с группой белорусских геологов удостаивается Государственной премии БССР в области науки и техники. В 1990 г. ему присваивается ученое звание профессора, в 1991-м он избирается членом-корреспондентом Академии наук Беларуси.

В 1993 г. А. В. Матвеев становится директором Института геологических наук НАН Беларуси, успешно сочетает научную, организационную и педагогическую деятельность. Результаты его многогранных исследований были высоко оценены: в 1994 г. он избран академиком НАН Беларуси и Международной академии наук Евразии, в 1995-м – членом Нью-Йоркской академии наук, в 1996–1997 гг. был признан человеком года Американским биографическим институтом и Международным биографическим центром в Кембридже. В 1998 г. А. В. Матвееву присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Республики Беларусь».

На протяжении 2000-х гг. Алексей Васильевич сосредоточивает внимание на проблемах современной геодинамики, геохимии и поисков месторождений полезных ископаемых. В составе большого коллектива геологов принимает участие в анализе и обобщении накопленных к началу XXI столетия материалов по геологии Беларуси, которые легли в основу фундаментальных монографий, являющихся настольными книгами для специалистов в области наук о Земле – «Геология Беларуси» (2001) и «Основы геологии Беларуси» (2004). Кроме этого, в эти годы были опубликованы монографии «Линеаменты территории Беларуси» (2001) и «Палеогеография кайнозоя Беларуси» (2002), а также серия карт «Нацыянальнага атласа Беларусі» (2002). А. В. Матвеев является научным редактором раздела «Рельеф і геамарфалогія» этого атласа.

С 2008 г. А. В. Матвеев работает в Институте природопользования НАН Беларуси в должности главного научного сотрудника лаборатории геодинамики и палеогеографии (впоследствии – современной геодинамики и палеогеографии). В 2010-е и в начале 2020-х гг. научные интересы Алексея Васильевича сосредоточены на комплексном изучении проявлений современных геологических процессов на территории Беларуси и решении актуальных вопросов региональной экологической геологии и геохимии покровных отложений. Результаты выполненных в этот период исследований вошли в основу монографий «Геохимия четвертичных отложений Беларуси» (2013), «Радон в геологических комплексах Беларуси» (2017), «Инженерная геология Беларуси. Ч. 1. Региональная инженерная геология» (2018), «Инженерная геология Беларуси. Ч. 2. Инженерная геодинамика Беларуси» (2017), «Природа Беларуси на рубеже тысячелетий» (2020). В течение последних десяти лет А. В. Матвеев является председателем Комиссии по изучению четвертичного периода и геоморфологии, руководителем и исполнителем целого ряда проектов по линии Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, считается признанным лидером белорусской школы геологов-четвертичников. Алексей Васильевич продолжает плодотворную работу по подготовке кадров высшей квалификации: за последние 10 лет под его руководством было защищено 2 кандидатские диссертации (Н. Ф. Гречаник, Е. А. Кухарик) и 1 докторская диссертация (В. П. Зерницкая). Кроме этого, он выступает в качестве оппонента и эксперта по диссертациям

в области геолого-минералогических и географических наук, является членом Совета по защите диссертаций К 12.01.01, действующего при НПЦ по геологии.

Алексей Васильевич является автором более 450 опубликованных работ, в том числе более 30 монографий и книг.

А. В. Матвееву присущи высокая эрудиция, организованность, целеустремленность, принципиальность, трудолюбие и оптимизм. Интересы и глубокие знания в области геологии сочетаются с увлечениями литературой, поэзией, живописью. Он отзывчивый и искренний человек, внимательный руководитель, готовый всегда оказать поддержку и помочь. Коллеги и ученики искренне поздравляют Алексея Васильевича Матвеева с юбилеем и желают ему крепкого здоровья для реализации творческих планов и новых идей, бодрости духа и оптимизма на долгие годы.

*Р. Г. Гарецкий, А. А. Махнач, А. В. Кудельский,  
М. А. Богдасаров, А. Н. Галкин, С. А. Лысенко,  
В. П. Зерницкая, Я. Г. Грибик, Е. А. Кухарик*

## ЯРОСЛАВ ГАВРИЛОВИЧ ГРИБИК (К 75-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Ярослав Гаврилович Грибик, известный белорусский геолог-нефтяник, заведующий лабораторией литосферы и минерагении Института природопользования НАН Беларуси, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, родился 3 января 1948 г. в селе Поплавники Галичского района Ивано-Франковской области Украины. У Ярослава Гавриловича было три брата и три сестры; родители работали в сельском хозяйстве.

Судьба распорядилась так, что сразу же после окончания геологоразведочного факультета Ивано-Франковского института нефти и газа в 1970 г. Я. Г. Грибик связал свою жизнь с Беларусью. Он работал в тресте «Белнефтегазразведка» (Гомель) – геологом, старшим геологом, начальником геологического отдела. В 1980 г. защитил во ВНИГРИ (Ленинград) диссертацию по проблеме радиоактивности горных пород и подземных вод Припятского прогиба; ему была присуждена степень кандидата геолого-минералогических наук.



С 1989 г. Ярослав Гаврилович – заместитель начальника геологического отдела нефти и газа по Западной Сибири РУП «Белгеология» (Минск). Затем, начиная с 1998 г., он долгое время работал главным геологом по нефти и газу, заместителем генерального директора РУП «Белгеология».

При непосредственном участии Я. Г. Грибика были открыты и разведаны Березинское, Судовицкое, Ново-Давыдовское, Полесское, Северо-Домановичское, Ново-Кореневское, Денисовичское, Западно-Давыдовское и другие месторождения нефти Беларуси, а также Талинское, Яхлинское, Ем-Еговское, Онтохское, Потанайское месторождения нефти и Восточно-Тугровское месторождение газа в Западной Сибири.

Работая на нефтегазоразведочном производстве, Ярослав Гаврилович параллельно занимался научной деятельностью, а 2008 г. начался новый и самый плодотворный этап его научной карьеры. Он возглавил лабораторию геотектоники и геофизики, а затем и центр литосферы и минерагении в Институте природопользования НАН Беларуси. При этом Я. Г. Грибик продолжил сочетать научные и производственные интересы. Основные направления его работы – это научное обоснование тактики и стратегии поисков и разведки месторождений нефти и газа, радиогеология, геотермия, геотектоника, геофизика.

Ярослав Гаврилович много сделал для подготовки объектов под подземные хранилища газа на территории Беларуси, был соавтором проекта по строительству первой геотермальной станции в пригороде Бреста для тепличного комбината «Берестье».

В 2004 г. за цикл работ «Верхнепротерозойские и палеозойские комплексы Беларуси и Сибири: геология, нефтегазоносность, проблемы освоения ресурсов углеводородов» Я. Г. Грибик с соавторами был удостоен премии Национальной академии наук Беларуси и Сибирского отделения Российской академии наук им. академика В. А. Коптюга.

Ярослав Гаврилович – один из разработчиков мероприятий по расширению топливно-энергетического потенциала Беларуси, государственных программ геологоразведочных работ по развитию минерально-сырьевой базы Беларуси на 2006–2010, 2011–2015 гг. и на период до 2020 г.

За разработку новых представлений о палеогеодинамической эволюции глубинных зон земной коры и верхней мантии Припятского и Днепровского палеорифтовых и нефтегазоносных бассейнов, позволяющих повысить эффективность геологоразведочных работ, Я. Г. Грибик вместе с Р. Е. Айзбергом, Р. Г. Гарецким и Г. И. Карапаевым в 2018 г. стал победителем конкурса «ТОП-10» результатов деятельности ученых Национальной академии наук Беларуси в области фундаментальных и прикладных наук. А в 2022 г. Ярослав Гаврилович (с В. Н. Бескопыльным и П. П. Повжиком) был удостоен премии НАН Беларуси за цикл работ: «Результаты геолого-технологических исследований углеводородного сырья недр Беларуси», а также был награжден памятным знаком «У гонар 100-годдзя Інстытута беларускай культуры».

Я. Г. Грибик – научный руководитель заданий ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг., Национальной системы мониторинга окружающей среды и Государственной программы по геологическим исследованиям Антарктиды. Он научный руководитель пяти аспирантов, председатель экзаменационной комиссии БГУ по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых», член республиканской комиссии по запасам полезных ископаемых, редколлегий журналов «Літасфера», «Природопользование», «Недропользование XXI век» (Россия).

Только в 2022 г. Ярослав Гаврилович опубликовал с соавторами 2 монографии и 11 научных статей, а всего им написано 14 монографий и более 170 статей.

Свой 75-летний юбилей Я. Г. Грибик встречает полным сил и новых творческих планов. Коллеги и друзья глубоко уважают и ценят его не только за ответственность, высокий профессионализм, но и за доброжелательность, уравновешенность, приветливость, умение выслушать и помочь.

Сердечно желаем Ярославу Гавриловичу здоровья, семейного счастья и дальнейших успехов на благо белорусской геологии!

*Р. Э. Гірин, Р. Г. Гарэцкій, А. В. Матвеев*

## ИВАН ИВАНОВИЧ ЛИШТВАН (03.11.1932 – 17.02.2023)

17 февраля 2023 г. на 91-м году ушел из жизни почетный директор Института природопользования НАН Беларусь, академик НАН Беларусь, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники, почетный эколог Республики Беларусь Иван Иванович Лиштван.

Иван Иванович Лиштван родился 3 ноября 1932 г. в д. Большая Дайнова Воложинского района Минской области. В 1956 г. с отличием окончил торфяной факультет Белорусского политехнического института и был направлен по распределению на торфопредприятие «Березинское» Молодечненского района Минской области, где работал на инженерных должностях. В 1958-м поступил в целевую аспирантуру на кафедру физики Московского торфяного института, где его научным руководителем стал известный физик-реолог, доктор физико-математических наук, профессор М. П. Воларович. Одновременно с обучением в аспирантуре И. И. Лиштван прослушал курс коллоидной химии академика П. А. Ребиндера на кафедре коллоидной химии Московского государственного университета.



В 1961 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Физико-химические основы управления структурно-реологическими свойствами торфа и гуминовых веществ». В этом же году Московский торфяной институт был переведен в г. Тверь и преобразован в Калининский торфяной институт. В нем И. И. Лиштван проработал до 1973 г. В 1969-м Иван Иванович защитил докторскую диссертацию «Исследование физико-химической природы торфа и процессов структурообразования в природных системах с целью регулирования их свойств», организовал и возглавил кафедру физики и химии торфа в Калининском торфяном институте. В 1971 г. Ивану Ивановичу было присвоено звание профессора.

В 1973 г. руководство АН БССР пригласило И. И. Лиштвана на работу в Институт торфа, директором которого он являлся до 1997-го. В 1974 г. Ивана Ивановича избрали членом-корреспондентом, а в 1980-м – академиком АН БССР. В 1988–1992 гг. И. И. Лиштван – вице-президент АН БССР, с 1992 по 2002 г. – академик-секретарь Отделения химических наук и наук о Земле НАН Беларусь. С ноября 1997 г. И. И. Лиштван – почетный директор Института проблем использования природных ресурсов и экологии (с 2008 г. – Институт природопользования).

И. И. Лиштван широко известен в стране и за рубежом как крупный ученый в области коллоидной химии и физико-химической механики природных дисперсных систем, природопользования, охраны окружающей среды и экологии. Под его руководством и при непосредственном участии выполнены важнейшие работы по физикохимии торфа, гуминовых веществ, битумов и биологически активных соединений. Большое научное и практическое значение имеют работы в области ионного обмена, гидрофильности, тепломассопереноса и реологии органогенных природных дисперсных материалов при положительных и отрицательных температурах. Он впервые предложил и обосновал факторы, определяющие структуру торфа как сложной многокомпонентной полуколлоидно-высокомолекулярной системы с признаками полизелектролитов и микромозаичной гетерогенности, а также возможность применения сапропелей в технологии геологического разведочного и промыслового бурения скважин.

Под руководством И. И. Лиштвана получены важные закономерности механизма трансформации молекулярных фрагментов, миграционной и сорбционной активности гуминовых веществ в модельных и природных средах, а также их воздействия на процессы структурообразования в реологических системах.

И. И. Лиштван являлся сопредседателем комиссии Парламентского собрания Союза Беларусь и России по вопросам экологии, природопользования и ликвидации последствий аварий, иностранным членом Польской академии наук, Горной академии наук России, почетным членом Международного торфяного общества, почетным профессором ряда университетов. Был председателем и членом советов по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук при Институте природопользования НАН Беларусь, Институте общей и неорганической химии НАН Беларусь, Тверском государственном техническом университете, членом бюро научного совета РАН по коллоидной химии, физико-химической механике и химии твердого топлива, главным редактором журнала «Природные ресурсы», членом редколлегий журналов «Известия НАН Беларусь. Серия химических наук», «Коллоидный журнал», «Химия твердого

топлива», «Химия в интересах устойчивого развития», «Промышленная безопасность», «Торф и бизнес», «Химия и технология воды», «Энергетическая стратегия», «Энергоэффективность».

Автор более 1300 научных работ, в том числе 54 монографий, брошюр, учебных пособий. Им получено 98 авторских свидетельств и патентов.

И. И. Лиштван подготовил 7 докторов и 45 кандидатов наук.

Светлая память о нем останется в наших сердцах.

*В. Г. Левашкевич, С. А. Лысенко, А. Э. Томсон,  
Г. П. Бровка, Ю. Г. Янута, Г. А. Камышенко,  
Б. В. Курзо, А. В. Высоchenko*

**ПАВЕЛ АПОЛЛОНОВИЧ ТУТКОВСКИЙ**  
**(01.03.1858 – 03.06.1930)**

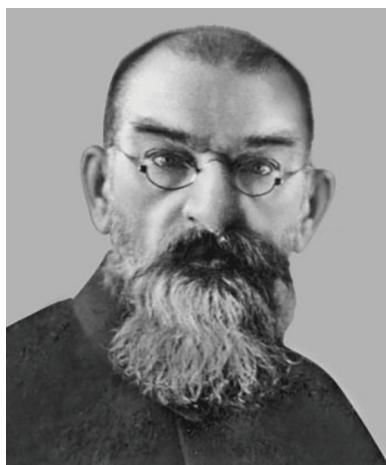
3 марта 2023 г. исполняется 165 лет со дня рождения видного геолога и ученого-естествоиспытателя, академика АН БССР и АН УССР, доктора географии, доктора минералогии и геогнозии, профессора Павла Аполлоновича Тутковского.

Павел Аполлонович родился 1 марта 1858 г. в м. Липовец Киевской губернии. Родители с детства привили ему любовь к изучению иностранных языков и музыке. В домашних условиях П. А. Тутковский готовился к поступлению в гимназию. После переезда семьи в г. Житомир Павел Аполлонович поступает в Житомирскую восьмиклассную классическую гимназию сразу в 3-й класс, которую заканчивает с серебряной медалью. В 1877 г. П. А. Тутковский поступает на естественное отделение физико-математического факультета киевского Императорского университета Святого Владимира. В университетские годы он с большим интересом изучал геологию, химию и физику, много времени проводил над опытами в лаборатории. В марте 1878 г. П. А. Тутковского на год исключают из университета за активное участие в забастовке студентов, однако, вернувшись в университет, он еще активнее включился в научную деятельность. В 1881 г. он публикует свою первую научную работу «К вопросу о соотношении чисел элементов ограничения кристаллических форм». Интерес к науке и трудолюбие молодого исследователя отметил профессор К. М. Феофилактов, рекомендовавший П. А. Тутковского по окончании университета стипендиатом на кафедру геологии и минералогии для подготовки к профессорскому званию, и в 1883 г. он избирается на эту должность. В 1884-м Павел Аполлонович назначается хранителем минералогического и геологического кабинетов и на этом месте проработает до конца 1985 г. По поручению Киевского общества естествоиспытателей, членом которого состоял, он проводил геологические изыскания в Волынской, Гродненской, Подольской, Екатеринославской, Херсонской, Полтавской, Черниговской и Киевской губерниях.

В 1896 г. П. А. Тутковский покидает университет и до 1904-го работает учителем географии, математики, физики в гимназиях Киева, совмещая должность с деятельностью корректора в различных журналах и газетах. В этот сложный период жизни Павел Аполлонович не бросил заниматься наукой. На основании детального изучения геологического строения территории Киева он разработал проект артезианского водоснабжения города, благодаря реализации которого в городе прекратились эпидемии тифа и холеры. В дальнейшем артезианские скважины были пробурены в Житковичах (1894), Ганцевичах (1896), Речице (1897), Бобруйске (1897), Пинске (1905), Брагине (1905), Мозыре (1907), Минске (1914–1915) и др.

В 1904 г. по приглашению академика АН СССР А. П. Карпинского П. А. Тутковский оформлен внештатным сотрудником Геологического комитета. Ему было поручено провести геологическую съемку 16-го листа 10-верстной геологической карты Европейской России. Выполняемые региональные геологические исследования на территории Украины, Беларуси и Польши легли в основу публиковавшихся в тот период научных работ, и как раз в это время проявился научный талант Павла Аполлоновича. Он объяснил происхождение, характер и условия залегания доледниковых и последниковых отложений, обосновал теорию эолового происхождения лессов и др. П. А. Тутковский по праву считается одним из основоположников отечественной четвертичной геологии.

В 1911 г. П. А. Тутковский в Московском университете защищает докторскую диссертацию на тему «Ископаемые пустыни Северного полушария», ему была присуждена степень доктора географии, минуя степень магистра. В том же году по предложению профессора П. И. Кротова за совокупность работ по минералогии, геологии и палеонтологии Казанский университет присудил Павлу Аполлоновичу ученую степень доктора минералогии и геологии honoris causa. В 1913 г. П. А. Тутковский становится приват-доцентом Киевского университета, а в 1914-м занимает должность профессора кафедры географии. В этом же году он принимает участие в составлении геологического очерка Минской губернии, частично опубликованный в 1916 г. Изучая вопросы региональной гидрогеологии Полесья, он указывал на важное значение в распределении и режиме подземных вод гипсометрического расположения водоносных и водоупорных толщ. Большое внимание П. А. Тутковский уделял изучению озер и ключей полесского региона, которые называл «окнами». Попутно он изучал с привлечением обширного фактического материала по геологии,



гидрогеологии и гидрогохимии карстовые провалы, которые фиксировались вдоль Полесской железной дороги. Кроме этого, Павел Аполлонович при изучении Полесья живо интересовался вопросами топографии, ботаники, зоологии, гидрологии, сельского хозяйства. В ряду научных заслуг П. А. Тутковского особое место занимает тот факт, что он одним из первых применил микропалеонтологический метод для изучения четвертичных отложений. Он разработал методику микропалеонтологического метода и составил обширный обзор литературы по состоянию на 1888–1898 гг. о современных ископаемых фораминиферах.

В очередной раз признание заслуг П. А. Тутковского в области геологии случилось в 1919 г. – его избирают действительным членом Украинской академии наук и председателем физико-математического отделения. В 1924-м П. А. Тутковский назначен председателем научно-исследовательской кафедры геологии, которая в 1926 г. реорганизована в Украинский научно-исследовательский институт (ныне – Институт геологических наук НАН Украины), и был назначен его первым директором. Кроме этого, он избирается действительным и почетным членом многих научных обществ и академий: Петербургского минералогического общества (1886), Бельгийского общества геологии и палеонтологии (1888), Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии при Московском университете (1889), Киевского общества естествоиспытателей (1893), Общества исследователей Волыни (1909), Российского географического общества в Петербурге (1919), Научного общества имени Т. Г. Шевченко во Львове (1926), Белорусской академии наук (1928).

Неполный список опубликованного научного наследия академика П. А. Тутковского насчитывает свыше 600 работ, среди которых 5 монографий и множество статей в ежегодниках, журналах и газетах на русском, украинском, французском и немецком языках. Многогранный научный талант Павла Аполлоновича выразился в разработке трех наиболее важных направлений в геологии: основ четвертичной геологии и палеогеографии квартера; палеонтологии (в частности П. А. Тутковский сделал весомый вклад в создание микропалеонтологического метода изучения осадочных пород); геологии месторождений полезных ископаемых. Перечисленные научные направления в настоящее время развиваются в научных организациях Беларуси и Украины.

*А. В. Матвеев, А. А. Махнач, М. А. Богданов,  
Д. П. Плакс, В. П. Зерницкая, Е. А. Кухарик*

**АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВІЧ ФУРСЕНКО**  
**(18.01.1903 – 30.09.1975)**

18 января 2023 г. исполнилось 120 лет со дня рождения крупнейшего микропалеонтолога и стратиграфа XX в., члена-корреспондента АН БССР, доктора геолого-минералогических наук, профессора, основателя белорусской палеонтологической школы Александра Васильевича Фурсенко.

Александр Васильевич родился 18 января 1903 г. в Симферополе. В школьные годы (1911–1919) демонстрировал успехи в ботанике, зоологии, географии и иностранных языках. В 1919 г. поступает в Петроградский (позднее – Ленинградский) государственный университет на биологическое отделение физико-математического факультета. С первых дней учебы в университете А. В. Фурсенко заводит творческие контакты с членом-корреспондентом АН СССР В. А. Догелем, одним из лучших протистологов страны. Первым результатом их сотрудничества явилась опубликованная в 1920 г. научная статья «Эктопаразитические инфузории на наземных Isopoda». Поддерживая научные успехи ученика, В. А. Догель зачисляет студента 2-го курса А. В. Фурсенко на должность препаратора в лабораторию Петергофского естественнонаучного института. Первая самостоятельная публикация А. В. Фурсенко на тему «Развитие колоний у *Zoothamnium arbuscula Ehrenb.*» вышла из печати в 1922 г., а в последующие два года публикуются еще 2 научные работы по этой теме. В 1924 г. Александр Васильевич заканчивает университет по специальности «Зоология беспозвоночных» с более узкой специализацией – «Протистология», после чего в течение года работает ассистентом в Ленинградском институте педагогики и дефектологии Наркомата просвещения, а в 1925 г. поступает в аспирантуру Ленинградского университета, где продолжает научные изыскания под руководством В. А. Догеля. Одновременно с обучением в аспирантуре А. В. Фурсенко работает в лаборатории В. А. Догеля в должности научного сотрудника и ассистентом Педагогического института имени А. И. Герцена. Итогом научных исследований стала монография «Жизненный цикл и морфология *Zoothamnium arbuscula Ehrenberg*», опубликованная в 1929 г. на немецком языке в журнале «Archiv für Protistenkunde». Полученные А. В. Фурсенко выводы в области протистологии вошли во многие руководства и учебники по зоологии.

В 1930 г. по приглашению академика АН СССР С. И. Миронова Александр Васильевич переходит на работу в Нефтяной институт (НГРИ, ныне ВНИГРИ) на должность палеонтолога. Изучив международный опыт в части применения микропалеонтологического метода для решения актуальных задач нефтяной геологии А. В. Фурсенко создает первую в СССР микропалеонтологическую лабораторию и с августа 1930 г. возглавляет ее. Молодой коллектив лаборатории активно включился в работу и принимал участие в палеонтологических экспедициях на Эмбе, Мангышлаке. Александр Васильевич с первых дней создания микропалеонтологической лаборатории в НГРИ организовал обучение палеонтологов из различных районов СССР, которые продолжили работать в микропалеонтологических ячейках нефтяных контор и трестов. В 1934 г. у А. В. Фурсенко начала обучаться микропалеонтологическому методу будущий видный исследователь геологии Беларуси доктор геолого-минералогических наук М. М. Цапенко. Основные научные результаты микропалеонтологических исследований (в особенности фораминифер), проведенных в 1930-е гг., А. В. Фурсенко публикует в книжном издании «Определитель фораминифер нефтеносных районов СССР. Ч. 1» (1937, совместно с Д. М. Раузер-Черноусовой). На протяжении 1940-х гг. А. В. Фурсенко работает над докторской диссертацией по верхнеюрской микрофауне Прикаспийской впадины и Поволжья, которая не была завершена.

Новый этап научной жизни Александра Васильевича начался в 1950 г. – он избирается членом-корреспондентом АН БССР по специальности «Стратиграфия и палеонтология», а 1 июля 1951 г. прибывает на работу в Минск. С 1 сентября 1951 г. возглавляет организованную им же лабораторию палеонтологии Института геологических наук АН БССР. А. В. Фурсенко энергично приступает к работе: летом 1951 г. совместно с сотрудниками ВНИГРИ он описывает разрезы опорных скважин (Оршанской, Городокской, Мозырской и Домановичской), отбирает образцы для палеонтологических исследований. По результатам проведенных в ноябре 1951 г. полевых работ около г. Наровля в скважинах 1 и 3-р была обнаружена фауна брахиопод прекрасной сохранности. На материале ее изучения была опубликована первая белорусская статья в «Докладах АН БССР» на тему «О верхнедевонских отложениях Припятского Полесья», в которой



выделены аналоги практически всех горизонтов франского и фаменского ярусов Центрального девонского поля. В 1955 г. коллективом лаборатории палеонтологии подготовлен и опубликован первый выпуск серийного издания «Палеонтология и стратиграфия БССР», которое сыграло большое значение для развития палеонтологических и стратиграфических исследований в Беларуси. В 1957 г. А. В. Фурсенко отходит от изучения палеозойских отложений и сосредотачивается на исследованиях фораминифер. В этом же году выходит в свет первый выпуск «Трудов Института геологических наук АН БССР», соредактором которого выступил Александр Васильевич; в нем помещена его статья «Основные этапы развития фаун фораминифер в геологическом прошлом». В 1958 г. публикуется «Атлас БССР», в который вошла геологическая карта БССР в масштабе 1:2 500 000 (с разрезами), составленная коллективом авторов под руководством А. В. Фурсенко, а позднее – в 1959 г. – Государственная геологическая карта СССР (Минск), редактором которой и соавтором объяснительной записи он был. Последней научной работой в белорусском периоде жизни и творчества А. В. Фурсенко стал обобщающий доклад «Основные вопросы микропалеонтологии фораминифер (в связи с задачами стратиграфии)» (1963), составленный по материалам 16 публикаций, вышедших в свет после 1937 г. Текст этого доклада был представлен на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, и 19 октября 1963 г. Александру Васильевичу присуждается искомая ученая степень. Всего за 12 лет работы (1951–1963 гг.) в АН БССР Александр Васильевич опубликовал 36 научных работ.

В начале 1964 г. жизнь А. В. Фурсенко снова круто меняется. По приглашению руководства Института геологии и геофизики СО АН СССР и Президиума СО АН СССР (по рекомендации академика АН БССР Б. С. Соколова) его приглашают на работу в г. Новосибирск, где с 1 января 1964 г. назначают на должность руководителя микропалеонтологической лаборатории, которую предстояло организовать. Во время работы в Сибири Александр Васильевич курировал все палеонтолого-стратиграфические работы по мезозою и кайнозою Дальнего Востока, активно работал над изучением современных фораминифер в связи с вопросами микробиостратиграфии, палеоэкологии и экологии, тафономии. По этим научным проблемам в 1964–1975 гг. А. В. Фурсенко опубликовал 19 работ. В 1978 г. в сибирском отделении издательства «Наука» (Новосибирск) выходит в свет фундаментальная монография «Введение в изучение фораминифер», которая является одной из первых крупных русскоязычных сводок по общим и методическим вопросам изучения фораминифер, подготовленная к изданию учениками и коллегами.

Александр Васильевич является автором более 90 опубликованных работ.

А. В. Фурсенко по праву считается основателем палеонтологической школы в Беларуси. Он сделал большой вклад в региональное изучение недр страны. Ученики и последователи Александра Васильевича в настоящее время продолжают научные исследования в области микропалеонтологии. В их память он навсегда остался увлеченным исследователем, принципиальным и грамотным специалистом и прекрасным человеком.

А. В. Матвеев, А. А. Махнач, Д. П. Плакс,  
В. П. Зерницкая, Е. А. Кухарик

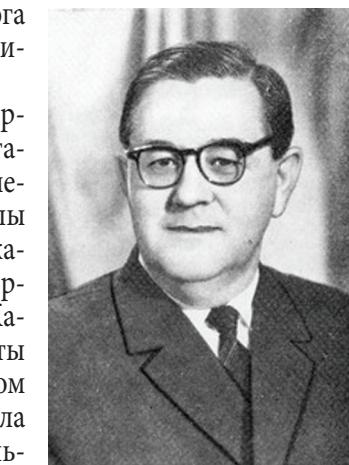
**ВАЛЕНТИН НИКОЛАЕВИЧ ЩЕРБИНА**  
**(06.02.1908 – 19.05.1976)**

2 февраля 2023 г. исполнилось 115 лет со дня рождения крупного геолога и геохимика, члена-корреспондента АН БССР, доктора геолого-минералогических наук, профессора Валентина Николаевича Щербины.

В 1933 г. В. Н. Щербина окончил Харьковский государственный университет. С 1934 г. работал в геологических организациях в Украине, Казахстане, Литве, Кыргызстане. В 1941 г. открывает одно из крупнейших в СССР месторождений хризотил-асбеста – Киембаевское (Южный Урал). Материалы выполненных научных исследований легли в основу диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук на тему «Морфологические, генетические и возрастные типы местонахождений гипса Казахской ССР», которая была защищена в Алма-Ате в 1945 г. После защиты диссертации – в 1948–1955 гг. – работал в должности заведующего сектором нерудных полезных ископаемых в Институте геологии Киргизского филиала АН СССР (с 1955 г. АН Киргизской ССР). Одновременно с научной деятельностью занимался преподаванием: в 1948–1951 гг. – в Чимкентском технологическом институте строительных материалов, в 1953–1955 гг. – в Киргизском государственном университете, в 1954–1955 гг. – во Фрунзенском политехническом институте. Изучая гипсоносные и галитовые отложения межгорных впадин Тянь-Шаня, открыл новый глауберитовый тип эвапоритовых отложений. Итогом этих научных исследований стала монография «Минералого-петрографические и генетические особенности третичных континентальных соленосных и гипсоносных отложений межгорных впадин Тянь-Шаня» (1956).

В 1955 г. В.Н. Щербина переезжает в Минск и в Институте геологических наук АН БССР организовывает сектор (впоследствии преобразован в лабораторию) геологии и геохимии минеральных солей, который возглавлял до 1964 г. Валентин Николаевич разработал методику определения карбонатности (кальцита и доломита) пород осадочных формаций. Выполнил детальное минералого-петрографическое изучение промышленных калийных горизонтов Старобинского месторождения и выделил в их разрезе минералого-петрографические зоны. Разработал схему расчленения фаменских соленосных отложений северо-западной части Припятского прогиба. Изучал закономерности распределения бора, редких и рассеянных элементов в соленосных отложениях Припятского соляного бассейна. В 1960–1962 гг. совместно с Д. М. Ерошиной изучил закономерности распределения бора в калийных и каменных солях девона Старобинского месторождения и установил, что в солях бор содержится в минимальных количествах, близких к весовому кларку в земной коре, и они малоперспективны на этот элемент. Выяснил условия формирования калийных горизонтов Старобинского месторождения и соленосных отложений в пределах Припятского прогиба.

В. Н. Щербина – автор более 40 научных работ, в том числе 2 монографий.



Н. С. Петрова, А. А. Махнач

## НИНА АЛЕКСАНДРОВНА МАХНАЧ (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

19 апреля 2023 г. исполнилось бы 100 лет со дня рождения известного белорусского геолога-четвертичника палинолога Нины Александровны Махнач, кандидата геолого-минералогических наук, лауреата Государственной премии БССР.

Она родилась в д. Шапкі Руднянского района Смоленской области в семье учителя. В 1940 г. поступила на геоморфологическое отделение географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. Великая Отечественная война прервала учебу в университете. В октябре 1941-го Н. А. Махнач была зачислена на гидрометеорологические курсы, по окончании которых с мая 1943-го по октябрь 1944 г. работала старшим техником Центрального института прогнозов Главного управления гидрометеослужбы при Министерстве обороны СССР. По возвращении МГУ из эвакуации, с октября 1944 г., Н. А. Махнач возобновила учебу на втором курсе географического факультета.



После окончания учебы Нина Александровна была направлена на работу в Институт геологических наук Академии наук БССР (затем Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт), где с июня 1948 г. работала младшим научным сотрудником, а с мая 1959-го по ноябрь 1970 г. – старшим научным сотрудником. Н. А. Махнач – ученица Е. Д. Заклинской и В. П. Гричука, создателей московской школы палинологов, – свою работу в Беларуси начала совместно с известным белорусским геологом-стратиграфом М. М. Цапенко. Нина Александровна впервые в республике использовала спорово-пыльцевой метод для изучения плейстоценовых и голоценовых отложений. Ею были детально охарактеризованы палинологическим методом стратотипические и опорные разрезы ледниковых, межледниковых и межстадиальных образований, проведена корреляция разрезов, выделены спорово-пыльцевые комплексы, присущие разным горизонтам четвертичной толщи.

В 1957 г. Н. А. Махнач защитила кандидатскую диссертацию «Спорово-пыльцевые спектры межледниковых отложений Белоруссии и их стратиграфическое и палеогеографическое значение». Результаты этой работы вошли в совместную с М. М. Цапенко монографию «Антропогенные отложения Белоруссии» (1959).

В 1962 г. ей было присвоено ученоное звание старшего научного сотрудника по специальности «Биостратиграфия».

В 1970–1971 гг. Нина Александровна работала на должности старшего научного сотрудника в секторе палеогеографии антропогена Лаборатории геохимических проблем АН БССР, а затем до выхода на пенсию (декабрь 1980 г.) – в лаборатории геологии и палеопотамологии антропогена Института геохимии и геофизики АН БССР под руководством академика Г. И. Горецкого. В этот период Н. А. Махнач участвовала в создании стратиграфической схемы четвертичных отложений Беларуси (1970), стала автором трех монографий: «Этапы развития растительности Белоруссии в антропогене» (1971), «Геология антропогена Белоруссии (к IX конгрессу INQUA)» (с Э. А. Левковым, А. В. Матвеевым, В. И. Пасюковичем и др., 1973), «Флора и растительность Белоруссии в палеогеновое, неогеновое и антропогеновое время» (с Я. К. Еловичевой, А. Ф. Бурлак, Т. Б. Рыловой, 1981).

Под руководством Н. А. Махнач была создана палинологическая картотека, включавшая почти 400 пыльцевых диаграмм плейстоценовых разрезов Беларуси и смежных регионов. За время своей научной деятельности Нина Александровна изучила палинологическим методом 145 геологических разрезов, опубликовала около 100 научных работ, подготовила четырех кандидатов наук.

В 1986 г. ей совместно с коллегами была присуждена Государственная премия БССР за цикл работ «Разработка и внедрение научных основ геологии антропогена и геоморфологии в практику геологоразведочных работ Белоруссии».

Нине Александровны не стало 10 лет назад – 13 июня 2013 г. Она прошла долгий и счастливый путь в жизни и геологической науке с мужем Александром Семеновичем, была заботливой матерью и бабушкой, очень благожелательным и скромным человеком.

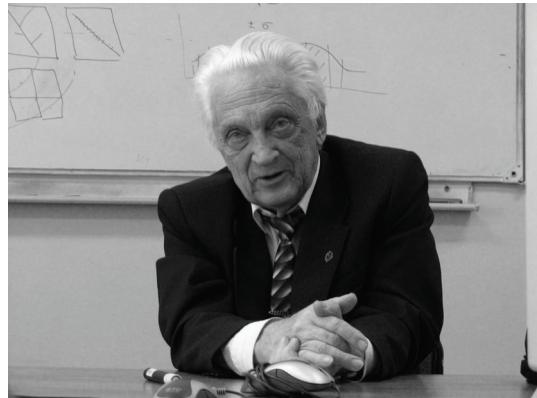
Мы храним о Нине Александровне Махнач светлую память.

*Р. Г. Гарецкий, Я. К. Еловичева, В. П. Зерницкая, В. Б. Кадацкий,  
Г. И. Литвинюк, Л. П. Логинова, А. В. Матвеев, Г. К. Хурсевич,  
В. Л. Шалабода, Т. В. Якубовская, А. А. Махнач*

## ЮРИЙ ГАВРИЛОВИЧ СИМОНОВ (17.03.1923 – 14.08.2019)

17 марта 2023 г. исполнилось бы 100 лет одному из крупнейших геоморфологов современности, доктору географических наук, профессору, профессору кафедры геоморфологии и палеогеографии Московского государственного университета Юрию Гавриловичу Симонову.

Юрий Гаврилович в 1940 г. поступил на географический факультет Московского государственного университета. В период с 1941 по 1944 г. находился в рядах Красной армии – служил на Западном, 2-м Белорусском и 3-м Прибалтийском фронтах, в том числе в дивизионной разведке, отмеченной боевым орденом Красной Звезды. Военную службу младший лейтенант Ю. Г. Симонов закончил военным переводчиком, после чего в 1946 г. вернулся в университет и продолжил обучение. В студенческие годы под руководством профессора И. С. Щукина участвовал в экспедиционных работах на Памире, испытывал интерес к поэзии и спорту. Юрий Гаврилович в 1950 г. успешно закончил кафедру геоморфологии и был рекомендован в аспирантуру.



Плодотворная деятельность молодого ученого Юрия Гавриловича Симонова началась и два десятилетия проходила в Южной Сибири. Под руководством Т. В. Звонковой в 1954 г. он защитил кандидатскую диссертацию «Оценка рельефа территории Иркутского промышленного района на стадии районной планировки». Вплоть до 1958 г. Юрий Гаврилович был сотрудником Восточно-Сибирской экспедиции, где под руководством Н. Н. Колосовского и С. С. Воскресенского им выполнялись важные геолого-геоморфологические изыскания на р. Ангаре для выбора створа будущей Братской ГЭС. Уже тогда Ю. Г. Симоновым были заложены основы инженерной геоморфологии.

С 1959-го и до конца 1960-х гг. активная научная и экспедиционная деятельность Ю. Г. Симонова продолжилась в Забайкалье. Основные работы здесь были нацелены на решение геолого-поисковых задач. Их результаты впоследствии легли в основу геоморфологии рудных месторождений. Попутно широким фронтом велись исследования методического характера, постепенно расширяясь круг его учеников, позднее ставших кандидатами и докторами наук. Сам же Юрий Гаврилович в 1967 г. с блеском защитил докторскую диссертацию на тему «Проблемы регионального геоморфологического анализа внутриконтинентальных регионов (на примере Забайкалья)», а в 1972-м на ее основе подготовил и издал лучшую свою монографию «Региональный геоморфологический анализ».

В 1971 г. Юрий Гаврилович возглавил Комплексную Восточную экспедицию и проводил исследования в Забайкалье и на Дальнем Востоке. В частности, в Дальневосточном регионе под его руководством выполнялись работы по созданию среднесрочного прогноза последствий деятельности человека, который спустя более трех десятков лет оправдался практически в полном объеме. В результате проведенных работ Ю. Г. Симоновым и его коллегами была разработана оригинальная методика составления подобных географических прогнозов. В эти же годы Юрий Гаврилович заложил основы использования математических методов при изучении рельефа.

В 1970–1980-е гг. Ю. Г. Симонов в ходе выполнения научно-исследовательских работ на юге Украины разработал методику создания региональных географических информационных систем с использованием каналов спутниковой информации. Они были необходимы для оперативного управления объектами народного хозяйства тогда еще единой страны. В эти же годы Юрий Гаврилович развил учение о речных бассейнах как сложных геосистемах, разработал методы выявления новейших тектонических движений путем анализа рельефа, предложил основания для создания региональной динамической геоморфологии. Много внимания Ю. Г. Симонов уделял теоретическим вопросам геоморфологии – проблемам разработки геоморфологической терминологии и классификаций, а также социальной геоморфологии, истории географического образования.

С начала 2000-х гг. Юрий Гаврилович активно работал над проблемами экологической и социальной геоморфологии, географической культуры, а также эволюции университетской географии. Одним из результатов этой работы стал выход в свет трехтомного труда «История географии в Московском университете».

Ю. Г. Симоновым создана оригинальная научная школа, для которой типично соединение традиционных географических изысканий с современными исследовательскими подходами. Он обладал способностью ставить и решать крупные научные и прикладные задачи, объединять коллективы учеников и единомышленников. Им подготовлены сотни специалистов-геоморфологов, в том числе более 60 кандидатов и докторов наук. Итоги работы Ю. Г. Симонова опубликованы более чем в 400 научных работах, в том числе в 25 монографиях.

Заслуги Ю. Г. Симонова в науке были по достоинству отмечены. Он награжден орденами Отечественной войны II степени (1985) и Красной Звезды (1944), медалями «За отвагу» (1944), «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» (1945), Золотой Константиновской медалью Русского географического общества (2015) и др. За большую общественную работу он удостоен ордена «Знак Почета» (1961). Юрий Гаврилович – лауреат Ломоносовской премии (2003), премии Правительства РФ в области науки и техники (1996).

Результаты научных исследований Юрия Гаврилова в области теоретической и инженерной геоморфологии в настоящее время широко используются учениками и коллегами, в том числе и из Беларуси, вошли во многие учебники и тематические пособия.

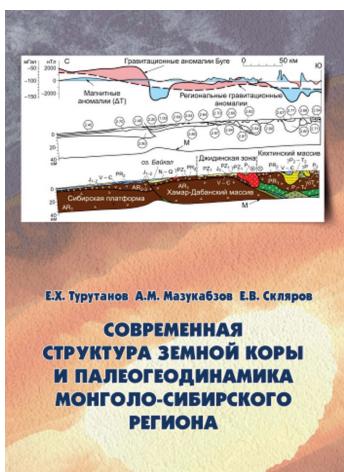
*A.B. Matveev, A.N. Galkin, E.A. Kukharik*



**Инженерная геоморфология : учебное пособие / А. Н. Галкин [и др.]. - Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2022. - 257 с.**

В учебном пособии рассматриваются вопросы практического использования знаний о рельефе в процессе хозяйственной деятельности человека.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности магистратуры «География». Будет полезно студентам и преподавателям других специальностей учреждений высшего образования, занимающимся изучением систем взаимодействий между компонентами природной среды и инженерно-хозяйственными объектами.



**Турутанов, Е. Х. Современная структура земной коры и палеогеодинамика Монголо-Сибирского региона / Е. Х. Турутанов, А. М. Мазукабзов, Е. В. Скляров. - Новосибирск : СО РАН, 2022. - 118 с.**

Одной из главных задач проекта «Global Geoscience Transects» международной программы «Lithosphere» являлась инициация междисциплинарных исследований для выяснения природы, структуры, динамики и эволюции континентальной литосферы. Азиатский континент с его сложным мозаичным строением и различным возрастом фрагментов земной коры является благодатным полем для проведения исследований подобного рода. Для Монголо-Сибирского региона решение проблемы реконструкции истории геологической эволюции структур региона предпринято на основе определения формы, размеров и пространственного положения крупных литологических комплексов в современной структуре земной коры, выделения террейнов и установления их геодинамической природы. Основным инструментом ис-

следований являлось составление глубинных геолого-геофизических разрезов земной коры (трансектов) на основе интерпретации всех имеющихся геологических и геофизических данных. По результатам гравимагнитной съемки, выполненной авторами, на геодинамической основе составлены четыре трансекта, которые пересекают главные тектонические зоны Монголо-Сибирского региона в крест их простирания. Установлены основные черты палеогеодинамики Восточной Сибири и Монголии. Показано, что эта часть Азиатского континента представлена мозаикой блоков земной коры (террейнов), соединившихся между собой в результате аккреционно-коллизионных процессов с образованием крупноамплитудных надвигов в Южном Прибайкалье, Западном Забайкалье и Центральной Монголии. Определена ключевая роль Монголо-Охотского складчатого пояса на заключительном этапе становления единого Азиатского континента в результате коллизии Сибирского и Монголо-Китайского континентов. Показана плодотворность применения идей тектоники плит для решения проблем металлогении на примере Забайкалья.

Книга представляет интерес для научных работников, аспирантов и студентов, изучающих проблемы строения земной коры и геодинамики Монголо-Сибирского региона.



**Костровицкий, С. И. Кимберлиты Якутской кимберлитовой провинции (состав и генезис) / С. И. Костровицкий, Д. А. Яковлев. – Новосибирск : СО РАН, 2022. – 468 с.**

В монографии представлены результаты многолетних исследований вещественного состава кимберлитов Якутской провинции. Дано описание петрографии, особенностей химического, изотопно-микроэлементного и минерального состава кимберлитов, выполняющих все южные алмазоносные поля и несколько северных полей Якутской кимберлитовой провинции. Отдельные разделы посвящены анализу представительных составов барофильных минералов и карбонатной компоненты кимберлитов, обоснованию их происхождения. Отличительной особенностью книги является ее генетическая направленность. Рассмотрены вопросы выделения петрохимических типов кимберлитов, тектонического контроля кимберлитового вулканизма, пространственной и временной связи кимберлитов со щелочными базитами и карбонатитами, мантийных источников и модели формирования кимберлитов. В приложениях приведены данные анализов химического, микроэлементного и изотопного состава кимберлитов.

Книга рассчитана на геологов, научных сотрудников, преподавателей вузов и студентов.



**Очерки по истории геологических знаний / Институт геологических наук АН СССР ; Геологический институт АН СССР ; РАН. – М. : Изд-во АН СССР, 1953–1963; М. : Наука, 1971–2006; СПб. : ВСЕГЕИ, 1994–1995; М. : ГЕОС, 2022. – ISSN 0132-7496.**

**Выпуск № 33: О состоянии и задачах научной работы Института геологических наук АН СССР: стенограмма сессии расширенного Ученого Совета ИГН АН СССР (Москва, 15–22 ноября, 7 декабря 1948 г.). М. : ГЕОС, 2022. – 512 с.**

На сессии расширенного Ученого Совета Института геологических наук Академии наук СССР 1948 г. обсуждались доклады по основным направлениям работы института: стратиграфии, четвертичной геологии, тектоники, литологии, петрографии, минералогии, геохимии, геологии рудных и угольных месторождений. Были затронуты основные вопросы теории, методологии и организации геологических исследований, достигнутых результатов и их практического применения. Книга предоставляет читателям возможность судить о развитии геологических наук на отдельном этапе истории страны.



**Труды Геологического института / Геол. ин-т. – М. : Изд-во АН СССР, 1932–1964. – М. : Наука, 1964. – ISSN 0002-3272.**

**Вып. 633: Основы работы с научной информацией в сети Интернет для геологов и биологов / М. А. Рогов ; отв. ред. Н. Б. Кузнецов. – М. : ГИН РАН, 2022. – 215 с.**

ОСНОВЫ РАБОТЫ С НАУЧНОЙ  
ИНФОРМАЦИЕЙ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ  
ДЛЯ ГЕОЛОГОВ И БИОЛОГОВ

В работе рассматриваются современные подходы к поиску и обработке научной информации, в первую очередь в сети Интернет, с акцентом на исследования в области геологии и биологии (преимущественно в направлении палеонтологии и стратиграфии). Даётся подробный обзор типов научных публикаций и особенностей работы с ними, включая как поиск информации по разным параметрам, так и настройку автоматических оповещений, благодаря которым информация может собираться без особых усилий со стороны пользователя. Подробно рассмотрены особенности работы с основными поисковыми системами и специализированными веб-сайтами, включая научные социальные сети. Кратко рассмотрены некоторые другие типы данных, доступные в сети Интернет. В дополнении также даны рекомендации по подготовке электронных версий научных публикаций и обработке исходных отсканированных или сфотографированных файлов с помощью программ ScanTailor и Image Composite Editor.

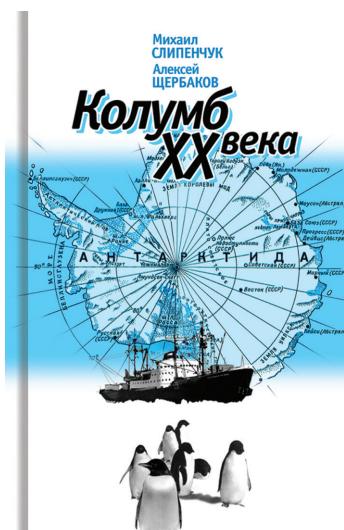
Руководство предназначено для студентов, аспирантов и научных сотрудников, специализирующихся в области геологических и биологических наук.



**Геологический институт им. Н. Л. Добрецова Сибирского отделения Российской академии наук: 50 лет. – Новосибирск : СО РАН, 2023. – 692 с.**

В научно-справочном издании представлены биографические сведения о сотрудниках, в разное время работавших в Геологическом институте им. Н. Л. Добрецова Сибирского отделения Российской академии наук (ГИН СО РАН) и внесших определенный вклад в развитие геологической науки в Бурятии, а также хроника событий института. Приводится структура института от отдела геологии до наших дней.

Книга подготовлена к 50-летию ГИН СО РАН и рассчитана на широкий круг читателей.



**Слипенчук, М. В. Колумб XX века / М. В. Слипенчук, А. Б. Щербаков. – М. : Молодая гвардия, 2023. – 839 с.**

О герое этой книги многие никогда не слышали, хотя он был сыном великого физика Петра Капицы, известным географом, внесшим вклад в решение многих научных проблем. Андрею Петровичу Капице удалось совершить одно из важнейших географических открытий современности – предсказать существование подо льдами Антарктиды гигантского пресноводного озера, что позволяет по праву называть его Колумбом XX века. О жизни этого выдающегося ученого, полной путешествий и поисков, потерь и обретений, рассказывает его первая подробная биография, которую на основе семейного архива А. П. Капицы создали Михаил Слипенчук и Алексей Щербаков.

## ПРАВІЛЫ ДЛЯ АЎТАРАЎ

I. У часопісе «Літасфера» публікуюцца артыкулы, якія адпавядаюць тэматыцы часопіса. Артыкулы аб выніках работ, праведзеных у навуковых установах, павінны мець дазвол на апублікаванне.

II. Артыкул прадастаўляеца ў рэдакцыю ў адным экзэмпляры на беларускай, рускай або англійскай мове; палі: злева – 2,5 см, знізу – 2 см, справа і зверху – 1,5 см; нумар старонкі прадастаўляеца ўнізе па цэнтры. Занумараўаныя формулы выносяцца ў асобны радок. Артыкул падпісваецца ўсімі аўтарамі.

III. Артыкул павінен мець наступную структуру:

індэкс па Ўніверсальнай дзесятковай класіфікацыі (УДК);

назва артыкула (вялікія літары, паўгусты шрыфт, выраўноўванне па цэнтры);

ініцыялы і прозвішчы аўтараў (паўгусты шрыфт, выраўноўванне па цэнтры);

поўнае найменне ўстаноў з указаннем паштовага адресу, паштовага індэкса, горада, краіны для кожнага аўтара, адрас электроннай пошты аўтара, з якім можна весці перапіску (звычайны шрыфт, выраўноўванне па цэнтры, у канцы радка знакі прыпынку не ставяцца);

анатацыя на мове артыкула (100–200 слоў курсівам без абзначенага водступу, выраўноўванне па шырыні);

ключавыя слова на мове артыкула (5–10 слоў, звычайны тэкст без абзначенага водступу, выраўноўванне па шырыні);

асноўны тэкст артыкула (шрыфт – Times New Roman, кегль – 12 (у тым ліку ў формулах); міжрадковы інтэрвал – 1,15; абзац – 1,25 см);

спіс выкарыстаных крыніц (ад 15 да 40 спасылак);

анатацыя (не менш за 100 слоў) і ключавыя слова (5–10 слоў) на дзвюх іншых афіцыйных мовах часопіса.

Анатацыя (аўтарскае рэзюмэ) павінна коротка прадстаўляць вынікі працы і быць інфарматыўнай, структураванай, зразумелай у адрыве ад асноўнага тэксту артыкула.

Ключавыя слова – набор слоў, якія адлюстроўваюць змест тэксту ў тэрмінах аўтэкт, навуковай галіны і метадаў даследавання.

Асноўны тэкст артыкула павінен складаць не больш за два аўтарскія аркушы (2 аўт. арк. – каля 80 тыс. знакаў або 32 с.). Аўтём кароткіх паведамленняў, рэцэнзій і хронікі – да 0,5 аўт. арк. (20 тыс. знакаў ці 8 с.). У аўтёма артыкула таксама ўваходзяць табліцы і малюнкі, колькасць якіх не павінна перавышаць 15. Выкладзены матэрыял павінен быць дакладна структураваным і змяшчаць раздзэлы: уводзіны, мэты і задачы, метады, вынікі, заключэнне (высновы). Назва раздзелаў друкуецца вялікімі літарамі паўгустым шрыфтам з абзначенага водступу, выраўноўванне па цэнтры.

Спіс выкарыстаных крыніц (ад 15 да 40 спасылак) афармляецца ў адпаведнасці з патрабаваннямі Вышэйшай атэстацийнай камісіі Рэспублікі Беларусь (ДАСТ 7.1-2003). Цытаваная літаратура прыводзіцца агульным спісам у алфавітным парадку, спасылкі ў тэксле даюцца парадковым нумарам у квадратных дужках (напр., [1]), падзельнік – кропка з коскай; спасылкі на неапубліканыя працы не дапускаюцца. У выпадку пералічэння некалькіх крыніц у адной спасылцы яны падзяляюцца кропкай з коскай (напр., [1; 2; 3; 4 і г. д.]).

У канцы артыкула прыводзяцца дзве анатацыі ў наступным парадку: у рускамоўных артыкулах – спачатку на беларускай мове, затым на англійскай; у англомоўных – спачатку на беларускай, потым на рускай; у беларускамоўных – спачатку на рускай, потым на англійскай. Пасля тэксту анатацыі прыводзяцца ключавыя слова на адпаведнай мове (5–10 слоў, звычайнае напісанне, без абзначенага водступу, выраўноўванне па шырыні).

IV. Электронны варыянт артыкула прадастаўляеца на электронным носьбіце або дасылаеца па электроннай пошце ў рэдакцыю часопіса – [litasfera@geologiya.by](mailto:litasfera@geologiya.by). Тэкст павінен быць набраны ў фармаце \*doc, формулы – у рэдактары MathType. Устаўка сімвалу ў выконваеца праз меню «Устаўка/Сімвал», верхня і ніжня індэксы ( $C_2^2$ ,  $C_4$ ) – праз меню «Шрыфт/Верхні індэкс», «Шрыфт/Ніжні індэкс». Для вылучэння тэкстовых фрагментаў выкарыстоўваеца паўгусты шрыфт ці курсіў. Для падзелу дзесятковых дробоў выкарыстоўваеца коска.

V. Чорна-белыя і каляровыя малюнкі ўстаўляюцца ў тэкст артыкула пасля першага згадвання, а таксама даюцца ў выглядзе асобных файлаў у фармаце tif (не менш за 300 крапак на цалю). Пажадана таксама падаваць іх у фармаце артыгінала (Corel, дыяграмы ў Excel, Origin Pro і т. д.). Тэкст на малюнках набіраеца асноўнай гарнітурай, прычым напісанне сімвалу (грэчаскае, лацінскае) павінна адпавядаць іх напісанню ў тэксле. Памер кегля сувімерны з памерам малюнка. Фатаграфіі падаюцца ў выглядзе файлаў (tif, jpg, png, eps) і ў надрукаваным выглядзе.

VI. Артыкул, які паступіць у рэдакцыю, накіроўваеца на рэцэнзію. Асноўным крытэрыем мэтазгоднасці публікацыі з'яўляюцца навізна і інфарматыўнасць артыкула. Артыкулы не па профілі часопіса вяртаюцца аўтарам пасля заключэння рэдкалегіі. Аформленыя не па правілах часопіса артыкулы рэдакцыяй не прымаюцца.

Матэрыялы для публікацыі трэба накіроўваць на адрес: вул. Акадэміка Купрэвіча, 7, к. 228, рэдакцыя навуковага часопіса «Літасфера», 220084, г. Мінск, Рэспубліка Беларусь, тэл. для даведак: +375 (17) 395-99-78; альбо па электроннай пошце: [litasfera@geologiya.by](mailto:litasfera@geologiya.by).

Артыкулы для апублікавання ў першым нумары прымаюцца да 31 сакавіка ўключна, у другім – да 30 верасня.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

I. В журнале «Літасфера» публикуются оригинальные (ранее не опубликованные) статьи, соответствующие тематике журнала. Статьи о результатах работ, проведенных в научных учреждениях, должны иметь разрешение на опубликование.

II. Статья предоставляется в редакцию в одном экземпляре на белорусском, русском или английском языке; поля: слева – 2,5 см, снизу – 2 см, справа и сверху – 1,5 см; номер страницы проставляется внизу по центру. Занумерованные формулы выносятся в отдельную строку. Статья подписывается всеми авторами.

III. Статья должна иметь следующую структуру:

индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК);

название статьи (прописные буквы, полужирный шрифт, выравнивание по центру);

инициалы и фамилии авторов (полужирный шрифт, выравнивание по центру);

полное наименование учреждений с указанием почтового адреса, почтового индекса, города, страны для каждого автора, адрес электронной почты автора, с которым можно вести переписку (обычный шрифт, выравнивание по центру, в конце строки знаки препинания не ставятся);

аннотация на языке статьи (100–200 слов курсивом без абзацного отступа, выравнивание по ширине);

ключевые слова на языке статьи (5–10 слов, обычный текст без абзацного отступа, выравнивание по ширине);

основной текст статьи (шрифт – Times New Roman, кегль – 12 (в том числе в формулах); межстрочный интервал – 1,15; абзац – 1,25 см);

список использованных источников (от 15 до 40 ссылок);

аннотация (не менее 100 слов) и ключевые слова (5–10 слов) на двух других официальных языках журнала.

Аннотация (авторское резюме) должна кратко представлять результаты работы и быть информативной, структурированной, понятной в отрыве от основного текста статьи.

Ключевые слова – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования.

Основной текст статьи должен составлять не более двух авторских листов (2 авт. л. – около 80 тыс. знаков или 32 с.). Объем коротких сообщений, рецензий и хроники – до 0,5 авт. л. (20 тыс. знаков или 8 с.). В объем статьи также входят таблицы и рисунки, число которых не должно превышать 15. Изложенный материал должен быть четко структурированным и содержать разделы: введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение (выводы). Название разделов печатается прописными буквами полужирным шрифтом с абзацным отступом, выравнивание по центру.

Список использованных источников (от 15 до 40 ссылок) оформляется в соответствии с требованиями Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь (ГОСТ 7.1-2003). Цитированная литература приводится общим списком в алфавитном порядке, ссылки в тексте даются порядковым номером в квадратных скобках (напр., [1]), разделитель – точка с запятой; ссылки на неопубликованные работы не допускаются. В случае перечисления нескольких источников в одной ссылке они разделяются точкой с запятой (напр., [1; 2; 3; 4 и т. д.]).

В конце статьи приводятся две аннотации в следующем порядке: в русскоязычных статьях – сначала на белорусском языке, затем на английском; в англоязычных – сначала на белорусском, затем на русском; в белорусскоязычных – сначала на русском, затем на английском. После текста аннотации указываются ключевые слова на соответствующем языке (5–10 слов, обычное начертание, без абзацного отступа, выравнивание по ширине).

IV. Электронный вариант статьи предоставляется на электронном носителе или присыпается по электронной почте в редакцию журнала – [litasfera@geologiya.by](mailto:litasfera@geologiya.by). Текст должен быть набран в формате \*doc, формулы – в редакторе MathType. Вставка символов выполняется через меню «Вставка/Символ», верхние и нижние индексы ( $C_2^2$ ,  $C_4$ ) – через меню «Шрифт/Верхний индекс», «Шрифт/Нижний индекс». Для выделения текстовых фрагментов используется полужирный шрифт или курсив. Для разделения десятичных дробей используется запятая.

V. Черно-белые и цветные рисунки вставляются в текст статьи после первого упоминания, а также даются в виде отдельных файлов в формате tif (не менее 300 точек на дюйм). Желательно также предоставлять их в формате оригинала (Corel, диаграммы в Excel, Origin Pro и т. д.). Текст на рисунках набирается основной гарнитурой, причем начертание символов (греческое, латинское) должно соответствовать их начертанию в тексте. Размер кегля соизмерим с размером рисунка. Фотографии предоставляются в виде файлов (tif, jpg, png, eps) и в распечатанном виде.

VI. Поступившая в редакцию статья направляется на рецензию. Основным критерием целесообразности публикации являются новизна и информативность статьи. Статьи не по профилю журнала возвращаются авторам после заключения редколлегии. Оформленные не по правилам журнала статьи редакцией не принимаются.

Материалы для публикации следует направлять по адресу: ул. Академика Купревича, 7, к. 228, редакция научного журнала «Літасфера», 220084, г. Минск, Республика Беларусь, тел. для справок: +375 (17) 395-99-78; либо по электронной почте: [litasfera@geologiya.by](mailto:litasfera@geologiya.by).

Статьи для опубликования в первом номере принимаются до 31 марта включительно, во втором – до 30 сентября.

## AUTHOR GUIDELINES

I. The journal «Litasfera» publishes original (previously unpublished) articles that correspond to the topics of the journal. Articles about the results of work carried out in scientific institutions must have permission to be published.

II. The article is submitted to the editorial office in one copy in Belarusian, Russian or English; margins: left – 2.5 cm, bottom – 2 cm, right and top – 1.5 cm; The page number is placed at the bottom center. Numbered formulas are placed on a separate line. The article is signed by all authors.

III. The article should have the following structure:

Universal Decimal Classification index (UDC);  
title of the article (capital letters, bold, center alignment);  
initials and surnames of authors (bold type, center alignment);  
full name of the institutions with the postal address, postal code, city, country for each author, the corresponding author's e-mail address (regular font, center alignment, no punctuation marks at the end of the line);

abstract in the language of the article (100–200 words in italics without paragraph indent, justified alignment);

keywords in the language of the article (5–10 words, plain text without paragraph indent, justified alignment);

main text of the article (font – Times New Roman, size – 12 (including formulas); line spacing – 1.15; paragraph – 1.25 cm);  
list of references (from 15 to 40 references);

abstracts (at least 100 words) and keywords (5–10 words) in two other official languages of the journal.

The abstract (author's summary) should briefly present the results of the work and be informative, structured, understandable in isolation from the main text of the article.

Key words are a list of words that reflect the content of the text in terms of the object, scientific field and research methods.

The main text of the article should be no more than two author's sheets (2 auth. sheets are about 80 thousand characters or 32 pages). The volume of research briefs, reviews and chronicles is up to 0.5 author's sheet (20 thousand characters or 8 pages). The volume of the article also includes tables and figures, the number of which should not exceed 15. The material presented must be clearly structured and contain sections: introduction, goals and objectives, methods, results, conclusions. Section titles are printed in capital letters, bold, with paragraph indent, centered.

The list of references (from 15 to 40 references) is drawn up in accordance with the requirements of the Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus (GOST 7.1-2003). The cited literature is listed in alphabetical order, references in the text are given by number in square brackets (eg, [1]), the separator is a semicolon; references to unpublished works are not allowed. In case of listing multiple sources in one link, they are separated by a semicolon (eg, [1; 2; 3; 4, etc.]).

At the end of the article, two abstracts are given in the following order: in Russian-language articles the first one is in Belarusian, the second one is in English; in English – in Belarusian, then in Russian; in Belarusian – in Russian, then in English. After the text of the abstract, the key words in the corresponding language are given (5–10 words, regular font, without paragraph indent, justified).

IV. The electronic version of the article is provided on electronic media or sent by e-mail to the editorial office of the journal – [litasfera@geologiya.by](mailto:litasfera@geologiya.by). The text must be typed in \*doc format, formulas – in the MathType editor. Inserting characters are done through the «Insert / Symbol» menu, superscripts and subscripts ( $C^2$ ,  $C_4$ ) – through the menu «Font / Superscript», «Font / Subscript». Bold or italics are used to highlight text fragments. A comma is used to separate decimals.

V. Black-and-white and color drawings are inserted into the text of the article after the first mention, and are also given as separate files in tif format (at least 300 dpi). It is also desirable to provide them in the original format (Corel, diagrams in Excel, Origin Pro, etc.). The text in the figures is typed in the main typeface, and the style of the characters (Greek, Latin) must correspond to their style in the text. The font size is commensurate with the size of the picture. Photos are provided as files (tif, jpg, png, eps) and printed.

VI. The article received by the editorial office is sent for review. The main criterion for the expediency of publication is the novelty and information content of the article. Articles not related to the profile of the journal are returned to the authors after the conclusion of the editorial board. Articles that do not follow the rules of the journal are not accepted by the editors.

Materials for publication should be sent to: 7 Acad. Kuprevich St, room 228, editorial office of the scientific journal «Litasfera», 220084, Minsk, Republic of Belarus, tel. for inquiries: +375 (17) 395-99-78; or by e-mail: [litasfera@geologiya.by](mailto:litasfera@geologiya.by).

**Articles for publication in the first issue are accepted until March 31 inclusive, in the second – until September 30.**

Навуковае выданне

# ЛІТАСФЕРА

## 1 (58)

## 2023

Камп'ютарная вёрстка *A. A. Мікулевіч*  
Карэктар *H. У. Козыр*

Падпісана ў друк 12.05.2023 г. Фармат 60×90/8.  
Папера афсетная. Друк лічбавы.  
Ум. друк. арк. 23,0. Ул.-выд. арк. 16,1.  
Наклад 100 экз. Заказ 23220.

Заснавальнік: Рэспубліканскэ ўнітарнае прадпрыемства  
«Навукова-вытворчы цэнтр па геалогіі».  
Бул. Купревіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь.  
Тэл. (+375 17) 248 69 24.  
E-mail: [litasfera@geologiya.by](mailto:litasfera@geologiya.by).  
[www.lithosphere.by](http://www.lithosphere.by).

Republican Unitary Enterprise «Research and Production Center for Geology».  
7, Kuprevicha st., 220084, Minsk, Belarus.

Паліграфічнае выкананне:  
таварыства з абмежаванай адказнасцю «Колорград».  
ЛП № 02330/474 ад 08.09.2015.  
Зав. Веласіпедны, 5-904, 220033, Мінск.  
+375 17 361 91 40  
[post@segment.by](mailto:post@segment.by)  
[segment.by](http://segment.by)

