

Міністэрства прыродных рэсурсаў і аховы навакольнага асяроддзя Рэспублікі Беларусь

Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства «Навукова-вытворчы цэнтр па геалогіі»

ЛІТАСФЕРА

2 (63)

РЭДАКЦЫЙНАЯ КАЛЕГІЯ

А. А. Махнach (галоўны рэдактар), М. П. Аношка (намеснік галоўнага рэдактара),
С. У. Дзямідава (намеснік галоўнага рэдактара), Г. М. Бубнава (адказны сакратар), М. А. Багдасараў,
В. У. Васнёва, А. М. Галкін, Р. Э. Гірын, Я. Г. Грыбік, В. Г. Жогла, У. І. Зуй, А. Ф. Кузьмянкова,
В. І. Пашкевіч, Т. Б. Рылова, Г. Д. Стральцова, Г. В. Траццякова, У. М. Шымановіч,
П. А. Сахарук (тэхнічны рэдактар)

МІЖНАРОДНЫ РЭДАКЦЫЙНЫ САВЕТ

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А. А. Махнach (главный редактор), С. В. Демидова (заместитель главного редактора),
М. П. Оношко (заместитель главного редактора), А. М. Бубнова (ответственный секретарь),
М. А. Богдасаров, О. В. Васнёва, А. Н. Галкин, Р. Э. Гирин, Я. Г. Грибик, В. Г. Жогло,
В. И. Зуй, О. Ф. Кузьменкова, В. И. Пашкевич, Т. Б. Рылова, Г. Д. Стрельцова, А. В. Третьякова,
В. М. Шиманович, П. О. Сахарук (технический редактор)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

EDITORIAL BOARD

A. Makhnach (Editor-in-Chief), M. Anoshka (Deputy Editor-in-Chief), S. Dziamidava (Deputy Editor-in-Chief),
A. Bubnova (Executive Secretary), M. Bahdasarau, A. Galkin, R. Giryn, Ya. Gribik, O. Kuzmenkova,
V. Pashkevich, T. Rylova, V. Shymanovich, G. Streltsova, H. Tratsiakova, O. Vasniova, V. Zhogla,
U. Zui, P. Sakharuk (Technical Editor)

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

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

Фота на вокладцы: галапелітавы праслой трэшчынаватай тэкстуры з уключэннямі галіта і сільвіна,
Старобінскае радовішча. Здымак з архіва Інстытута геалогіі

ЛІТАСФЕРА

2 (63)

2025

Рэспубліканскэ ўнітарнае прадпрыемства «Навукова-вытворчы цэнтр па геалогіі»
Навуковы часопіс, заснаваны ў лістападзе 1994 г. Выходзіць 2 разы ў год. Снежань 2025 года

ЗМЕСТ

■ ГЕАЛОГІЯ

А. А. Піскун, А. А. Талкачыкава, Е. А. Александровіч

МІНЕРАЛАГА-ГЕАХІМІЧНА ХАРАКТАРЫСТЫКА ПАРОД ПЕРСПЕКТЫЎНАГА ЎЧАСТКА «ЛІЯЦКАЕ»
(КРЫШТАЛАГЧНЫ ФУНДАМЕНТ ЗАХАДУ БЕЛАРУСІ) 5

Д. А. Шэнец, А. В. Фурсевіч, Я. А. Напрээнка, Г. А. Ерашэнка

АСАБЛІВАСЦІ БУДОВЫ ПАДСОЛЕВЫХ ТЭРЫГЕННЫХ АДКЛАДАЎ ПОЛАЦКАГА ГАРЫЗОНТУ І ЛАНСКАГА
НАДГАРЫЗОНТУ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ 19

Ю. У. Заіка

КАРАЛАВЫЯ БІЯСТРОМЫ ВАРОНЕЖСКАГА ГАРЫЗОНТУ (ВЕРХНІ ФРАН) У ПРЫПЯЦКІМ ПРАГІНЕ (БЕЛАРУСЬ) 32

Р. Э. Грын, Я. Г. Грыбік

ПРА МАГЧЫМУЮ ўЗАЕМАСУВЯЗЬ НАФТАГАЗАНОСНАСЦІ

І ГЕАДЫНАМІЧНЫХ УМОЎ ФАРМІРАВАННЯ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ 40

І. Р. Захарыя, Г. А. Ерашэнка

ПРЫМЯНЕННЕ ПРЫНЦЫПУ ЭМЕРДЖЭНТНАСЦІ ДЛЯ ВЫВУЧЭННЯ ПУСТОТНАЙ ПРАСТОРЫ ПАРОД-КАЛЕКТАРАЎ 60

А. М. Галкін, В. А. Карапёў

СЕЛІЦЕБНЫЯ ЭКОЛАГА-ГЕАЛАГЧНЫЯ СІСТЭМЫ БЕЛАРУСІ:

АСАБЛІВАСЦІ СТРУКТУРЫ І СКЛАДНІКІ ІХ КАМПАНЕНТАЎ 71

Г. М. Бубнова, В. У. Ваенёва, І. С. Віцен

ПРЫНЦЫП РАБОТЫ З WEB-ПАРТАЛАМ ДЫСТАНЦЫЙНАЙ АСНОВЫ ЛІЧБАВЫХ ГЕАЛАГЧНЫХ КАРТ 95

■ ГЕАФІЗІКА

А. Ф. Кузьмянкова, Я. І. Маісеев, Г. Д. Стральцова, У. Р. Ашурка, А. Г. Лапцэвіч

НОВЫ ПОГЛЯД НА БУДОВУ БАБРУЙСКАЙ І ЧЫРВАНАПОЛЬСКАЙ ГРАБЕН-СІНКЛІНАЛЕЙ.

МАГЧЫМАСЦІ КАРТАВАННЯ ВА ЎМОВАХ ЗАКРЫТАЙ ТЭРЫТОРЫ ПА ГЕАФІЗІЧНЫХ І БУРАВЫХ ДАНЫХ 103

А. П. Гусеў

АНАМАЛЬНАЯ ДЫНАМІКА ЛАКАЛЬНЫХ ГЕАФІЗІЧНЫХ ПАЛЁЎ ЯК ІНДЫКАТАР ГЕАДЫНАМІЧНАЙ БЯСПЕКІ 116

■ КАРОТКІЯ ПАВЕДАМЛЕННІ

М. І. Аўтушка, [А. В. Мацвеев], С. І. Ісачанка, П. Н. Караткевіч

АБ ПАСТУПЛЕННІ РАДОНУ ДА ЗЯМНОЙ ПАВЕРХНІ З ВАДКІМІ АТМАСФЕРНЫМІ АПАДКАМІ 126

■ ЮБІЛЕІ

Ігар Васільевіч Найдзенкаў (да 90-годдзя з дня нараджэння) 132

Алена Юр'еўна Трацэўская (да 80-годдзя з дня нараджэння) 134

Валянціна Пятроўна Зярніцкая (да 70-годдзя з дня нараджэння) 136

Аляксандр Іларыёнавіч Паўлоўскі (да 70-годдзя з дня нараджэння) 138

■ СТРАТЫ НАВУКОВІ

Радзім Гаўрылавіч Гарэцкі (07.12.1928 – 22.06.2025) 139

Галіна Уладзіміраўна Зінавенка (18.08.1933 – 19.07.2025) 144

Аляксей Васільевіч Мацвеев (23.05.1938 – 21.07.2025) 146

■ ПАМЯЦІ ВУЧОНАГА

Венядзікт Пятровіч Курачка (да 100-годдзя з дня нараджэння) 148

Святланна Мітрафанаўна Абравец (да 80-годдзя з дня нараджэння) 149

■ ХРОНІКА 150

■ НАВІНКІ ЛІТАРАТУРЫ 156

■ ПРАВІЛЫ ДЛЯ АЎТАРАЎ 160

ЛИТОСФЕРА 2 (63) 2025

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр по геологии»
Научный журнал, основанный в ноябре 1994 г. Выходит 2 раза в год. Декабрь 2025 года

СОДЕРЖАНИЕ

■ ГЕОЛОГИЯ

О. А. Пискун, А. А. Толкачикова, Е. А. Александрович	
МИНЕРАЛО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД ПЕРСПЕКТИВНОГО УЧАСТКА «ЛЯЦКОЕ» (КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ФУНДАМЕНТ ЗАПАДА БЕЛАРУСИ).....	5
Д. А. Шенец, А. В. Фурсевич, Е. А. Напреенко, А. А. Ерошенко	
ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПОДСОЛЕВЫХ ТЕРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОЛОЦКОГО ГОРИЗОНТА И ЛАНСКОГО НАДГОРИЗОНТА ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА	19
Ю. В. Заика	
КОРАЛЛОВЫЕ БИОСТРОМЫ ВОРОНЕЖСКОГО ГОРИЗОНТА (ВЕРХНИЙ ФРАН) ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА (БЕЛАРУСЬ)	32
Р. Э. Гирин, Я. Г. Грибик	
О ВОЗМОЖНОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА	40
И. Р. Захария, А. А. Ерошенко	
ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ЭМЕРДЖЕНТНОСТИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ.....	60
А. Н. Галкин, В. А. Королев	
СЕЛИТЕБНЫЕ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ БЕЛАРУСИ: ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И СЛАГАЮЩИХ ИХ КОМПОНЕНТОВ	71
А. М. Бубнова, О. В. Васнева, И. С. Вицен	
ПРИНЦИП РАБОТЫ С WEB-ПОРТАЛОМ ДИСТАНЦИОННОЙ ОСНОВЫ ЦИФРОВЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ	95
■ ГЕОФИЗИКА	
О. Ф. Кузьменкова, Е. И. Моисеев, Г. Д. Стрельцова, В. Г. Ашурко, А. Г. Лапцевич	
НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА СТРОЕНИЕ БОБРУЙСКОЙ И КРАСНОПОЛЬСКОЙ ГРАБЕН-СИНКЛИНАЛЕЙ. ВОЗМОЖНОСТИ КАРТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОЙ ТЕРРИТОРИИ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ И БУРОВЫМ ДАННЫМ	103
А. П. Гусев	
АНОМАЛЬНАЯ ДИНАМИКА ЛОКАЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ КАК ИНДИКАТОР ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ.....	116
■ КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ	
М. И. Автушко, А. В. Матвеев, С. А. Исаченко, П. Н. Короткевич	
О ПОСТУПЛЕНИИ РАДОНА К ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ЖИДКИМИ АТМОСФЕРНЫМИ ОСАДКАМИ.....	126
■ ЮБИЛЕИ	
Игорь Васильевич Найденков (к 85-летию со дня рождения)	132
Елена Юрьевна Трацевская (к 70-летию со дня рождения)	134
Валентина Петровна Зерницкая (к 70-летию со дня рождения).....	136
Александр Илларионович Павловский (к 70-летию со дня рождения)	138
■ ПОТЕРИ НАУКИ	
Радим Гаврилович Гарецкий (07.12.1928 – 22.06.2025).....	139
Галина Владимировна Зиновенко (18.08.1933 – 19.07.2025)	144
Алексей Васильевич Матвеев (23.05.1938 – 21.07.2025).....	146
■ ПАМЯТИ УЧЕНОГО	
Венедикт Петрович Курочка (к 100-летию со дня рождения).....	148
Светлана Митрофановна Обровец (к 80-летию со дня рождения)	149
■ ХРОНИКА.....	150
■ НОВИНКИ ЛИТЕРАТУРЫ.....	156
■ ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	160

CONTENT

▪ GEOLOGY

A. Piskun, A. Tolkachikova, E. Aleksandrovich

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ROCKS OF THE PROSPECTIVE SITE “LYATSKOE”
(CRYSTALLINE BASEMENT OF WESTERN BELARUS).....5

D. Shenets, A. Fursevich, E. Napreenko, A. Eroshenko

STRUCTURAL FEATURES OF SUBSALT TERRIGENOUS DEPOSITS OF THE POLOTSK HORIZON
AND LAN SUPERHORIZON OF THE PRIPYAT TROUGH19

Yu. Zaika

CORAL BIOSTROMES OF THE UPPER FRASNIAN VORONEZH FORMATION
OF THE PRIPYAT TROUGH (BELARUS).....32

R. Girin, Ya. Gribik

ON THE POSSIBLE RELATIONSHIP OF THE OIL AND GAS BEARING
AND THE GEODYNAMIC CONDITIONS OF FORMATION OF THE PRIPYAT TROUGH40

I. Zakharia, A. Eroshenko

APPLICATION OF THE PRINCIPLE OF EMERGENCE TO THE STUDY
OF THE VOID SPACE OF RESERVOIR ROCKS.....60

A. Galkin, V. Korolev

RESIDENTIAL ECOLOGICAL AND GEOLOGICAL SYSTEMS OF BELARUS:
FEATURES OF THE STRUCTURE AND COMPOSITION OF THEIR COMPONENTS.....71

A. Bubnova, O. Vasneva, I. Vitsen

OPERATING PRINCIPLE OF THE WEB PORTAL OF THE REMOTE BASE FOR DIGITAL GEOLOGIC MAPS.....95

▪ GEOPHYSICS

O. Kuzmenkova, E. Moiseev, G. Streltsova, V. Ashurko, A. Laptsevich

A NEW LOOK AT THE STRUCTURE OF THE BOBRUISK AND KRASNOPOLSK GRABEN-SYNCLINES. MAPPING POSSIBILITIES
IN CLOSED TERRITORIES BASED ON THE GEOPHYSICAL AND DRILLING DATA.....103

A. Gusev

ANOMALOUS DYNAMICS OF LOCAL GEOPHYSICAL FIELDS AS AN INDICATOR
OF GEODYNAMIC HAZARD116

▪ RESEARCH BRIEFS

M. I. Autushka, [A. V. Matveyev], S. A. Isachenko, P. N. Korotkevich

ON THE ENTRY OF RADON TO THE EARTH'S SURFACE WITH LIQUID PRECIPITATION126

▪ ANNIVERSARIES

Igor Naidenkov (to the 85th anniversary).....132

Elena Tratsevskaya (to the 70th anniversary).....134

Valentina Zernitskaya (to the 70th anniversary).....136

Alexander Pavlovsky (to the 70th anniversary)138

▪ OBITUARIES

Radim Garetsky (12.07.1928 – 06.22.2025)138

Galina Zinovenko (08.18.1933 – 07.19.2025)144

Alexey Matveev (05.23.1938 – 07.21.2025)146

▪ IN MEMORIAM

Venedikt Kurochka (to the 100th anniversary of his birth)148

Svetlana Obrovets (to the 80th anniversary of her birth)149

▪ CHRONICLE150

▪ NEW LITERATURE156

▪ AUTHOR GUIDELINES160

ГЕАЛОГІЯ · ГЕОЛОГІЯ · GEOLOGY

УДК 552.161/23(476-15)

<https://doi.org/10.65207/1680-2373-2025-2-5-18>

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД ПЕРСПЕКТИВНОГО УЧАСТКА «ЛЯЦКОЕ» (КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ФУНДАМЕНТ ЗАПАДА БЕЛАРУСИ)

О. А. Піскун, А. А. Талкачікова, Е. А. Александрович

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

Филиал «Институт геологии»

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

E-mail: fundament@geologiya.by, gmkf@geologiya.by

Представлены результаты исследования кристаллических пород малоизученного участка «Ляцкое», расположенного на западе Беларуси. Определены их минералого-петрографические и геохимические особенности. Основное внимание уделено метасоматически измененным образованиям. Установлено, что проявление «Ляцкое» металлогенически специализировано на цветные и редкие металлы и относится к сульфидно-полиметаллической рудной формации жильного типа.

Ключевые слова: кристаллический фундамент, участок «Ляцкое», метасоматические породы, петрография, геохимия.

ВВЕДЕНИЕ

Перспективный с точки зрения обнаружения металлических полезных ископаемых участок «Ляцкое» расположен в Щучинском районе Гродненской области в 6 километрах западнее г. Щучина. В строении кристаллического фундамента данной территории принимают участие стратифицированные образования щучинской серии, прорванные породами чарнокит-эндербитового, голеновского, осмоловского, мостовского, березовского и песковского комплексов (рис. 1). Сам участок расположен восточнее основной ветви Щучинского глубинного разлома в контуре Щучинского гранулитового блока (область развития пород щучинской серии). В поле силы тяжести достаточно отчетливо картируются локальные разломы субширотного и северо-западного простираций сбросо-сдвиговой кинематики, деформирующие Щучинский разлом. В магнитном поле участок расположен в контурах локальных магнитных аномалий изометричной формы интенсивностью 1100–1200 нТл, что, вероятно, связано с наличием в составе пород повышенного содержания магнетита.

В процессе проведения геолого-гидрогеологической съемки масштаба 1:200000 листа N-35-XIX (Щучин) в 1966 г. была пробурена скв. Щ (Щучин) 7, вскрывшая стратифицированные породы щучинской серии, где в отдельных интервалах

наблюдалась сульфидная вкрапленность. В последующие годы Мостовской геологосъемочной партией в 1970–1974 гг. проводились работы по глубинному геологическому картированию среднего масштаба в пределах зоны Щучинского разлома. Было пробурено 2 скв. М (Мосты) 134 и 185 глубиной 343,8 и 322,5 м соответственно, установившие наличие прожилково-вкрапленной рудной минерализации, представленной пиритом, магнетитом, халькопиритом, арсенопиритом и галенитом [5]. Изучаемая площадь была выделена как перспективная на выявление металлических полезных ископаемых на основании как структурных признаков (именно в этом месте Щучинская зона смятия делает изгиб и меняет свое направление с субмеридионального на северо-восточное), так и фактического наличия участка сульфидной минерализации. По данным спектрального анализа зафиксированы концентрации меди – 0,05% и цинка – 0,01% [5]. Есть предположение, что формирование рудного участка «Ляцкое» связано с процессами гидротермально-метасоматической деятельности в Щучинской тектонической зоне. Немаловажным фактом является наличие в данной структурной разломной зоне уже известных рудопроявлений «Шнипки» и «Ельня», специализированных на цветные, редкие и благородные металлы (медь, молибден, свинец, цинк, вольфрам, серебро) [3; 4].

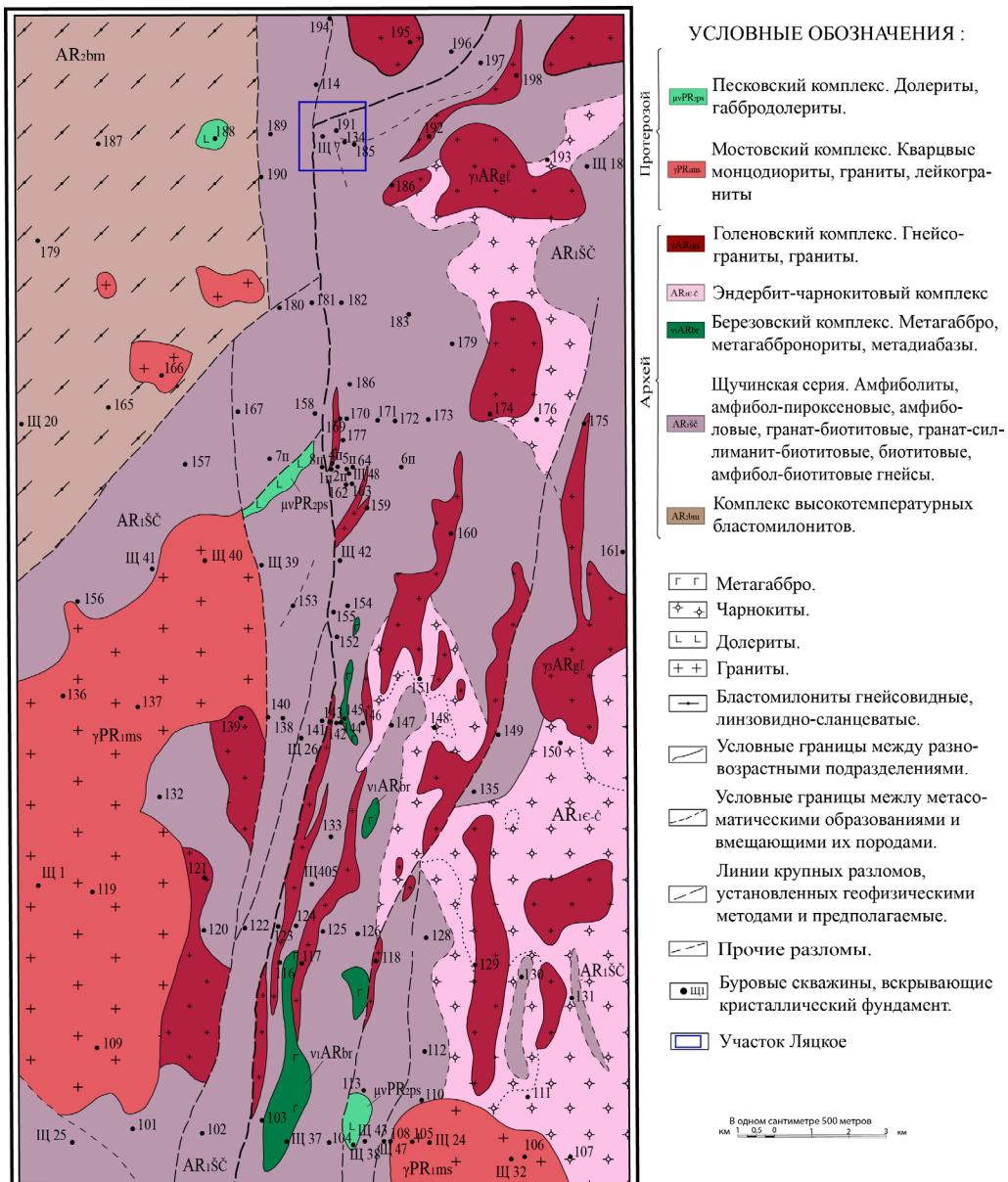


Рисунок 1 – Расположение участка «Ляцкое» на схематической геологической карте запада Беларуси

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для изучения послужили образцы пород из керна 10 скважин, пробуренных Мостовской геолог съёмочной партией (1970–1973 гг.) и Белорусской геолого-гидрологической экспедицией республиканского унитарного предприятия «Белгеология» (1996–1999 гг.), вскрывшие породы фундамента как непосредственно на участке «Ляцкое», так и вблизи от него. С использованием поляризационных микроскопов Альтами ПОЛАР 312, Carl Zeiss Axioskop 40 A Poi оптическим микроскопическим методом изучено около 210 шлифов разных типов пород как первичных неизмененных образований, так и метасоматически измененных. Для выявления особенностей их химизма использовались

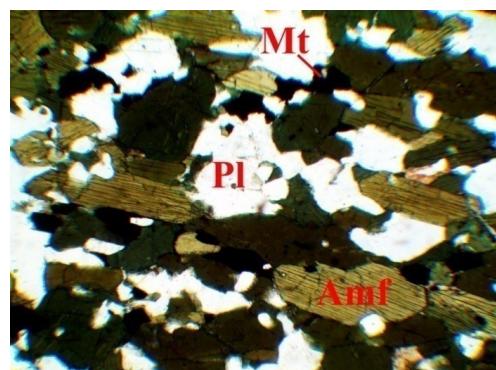
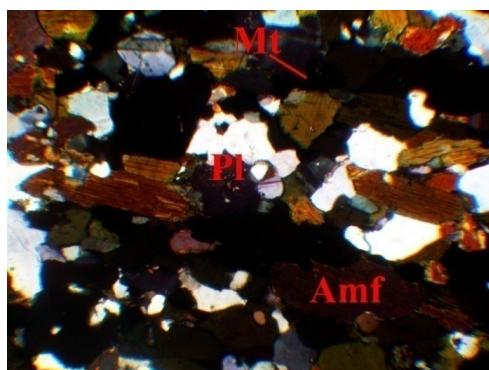
аналитические данные 22 полных силикатных анализов [6] и 54 спектрально-количественного анализа, выполненных в различных лабораториях (ПО «Центрказгеология», г. Караганда; Центральная лаборатория РУП «Белгеология»; Институт минералогии и геохимии редких элементов, г. Москва). Процесс исследований заключался в комплексном анализе структурно-геологических, петрографических, минералогических и геохимических данных. Для определения степени накопления рассеянных элементов были вычислены кларки концентрации (Кк) – отношения средних содержаний микроэлементов в породах к кларкам соответствующих элементов в главных типах магматических и осадочных пород земной коры, определенных А. П. Виноградовым [2].

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД

Породы кристаллического фундамента в пределах рудопроявления «Ляцкое» вскрыты тремя скважинами – Щ 7, М 134 и М 185. С учетом выполненных петрографических исследований среди них были установлены следующие типы пород: амфиболиты, плагиогнейсы и гнейсы щучинской серии, образованные по ним метасоматические образования, а также прорывающие стратифицированные образования – граниты. Близость участка к тектонической зоне Щучинского разлома во многом определила текстурно-структурные особенности слагаемых его пород. По всему вскрытым скважинам разрезу фундамента

встречаются образования, претерпевшие влияние процессов катаклиза и милонитизации. В отдельных интервалах они изменены (истерты) до состояния ультрамилонитов. Породы подверглись гидротермально-метасоматическому воздействию, что привело к их калишпатизации, хлоритизации, скаполитизации, окварцеванию, биотитизации и эпидотизации.

Амфиболиты (рис. 2) представляют собой породы с массивной или слабо выраженной полосчатой текстурой и мелкозернистой гранонематобластовой структурой. В основном они сложены плагиоклазом – 50–55 % и амфиболом – 45–50 %, с присутствием биотита и кварца (до 5 %). Из акцессорных и рудных минералов (< 1 %) встречаются магнетит и апатит.



Здесь и далее – фото шлифа: слева – с анализатором; справа – без анализатора;
видимое поле шлифа 3,0×2,5 мм

Рисунок 2 – Амфиболит, скв. М 134, гл. 343,0 м

Плагиогнейсы и гнейсы (рис. 3–5) являются доминирующим типом пород. Наиболее распространенными являются биотитовые и амфибол-биотитовые разности, реже встречаются амфиболовые и гранат-биотитовые гнейсы. Текстуры пород от массивной и нечетко гнейсовой до неясно слоистой и милонитовой; структура – средне-, мелкозернистая гранобластовая, нематогранобластовая и лепидогранобластовая. Часто

с признаками окварцевания, катаклиза, калишпатизации и скаполитизации. Минеральный состав (%): плагиоклаз – 40–45, биотит – 10–15, кварц – 7–15, калиевый полевой шпат – 3–7, ±амфибол – 5–15, ±гранат – 5–10, ±пироксены – 3–7, иногда эпидот до 1–2. Из акцессорных минералов встречаются магнетит, сульфиды, апатит, циркон, сфен; из вторичных – серицит-пелитовый материал, скаполит.

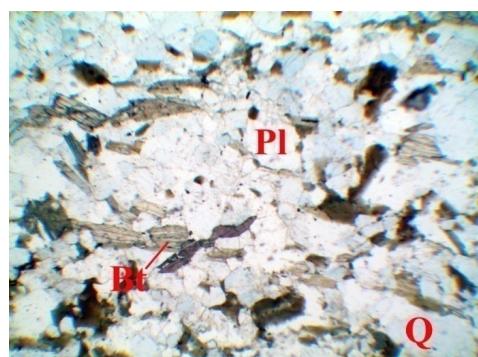
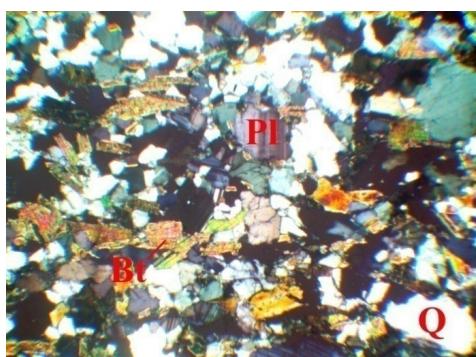


Рисунок 3 – Плагиогнейс биотитовый, скв. Щ 7, гл. 224,7 м

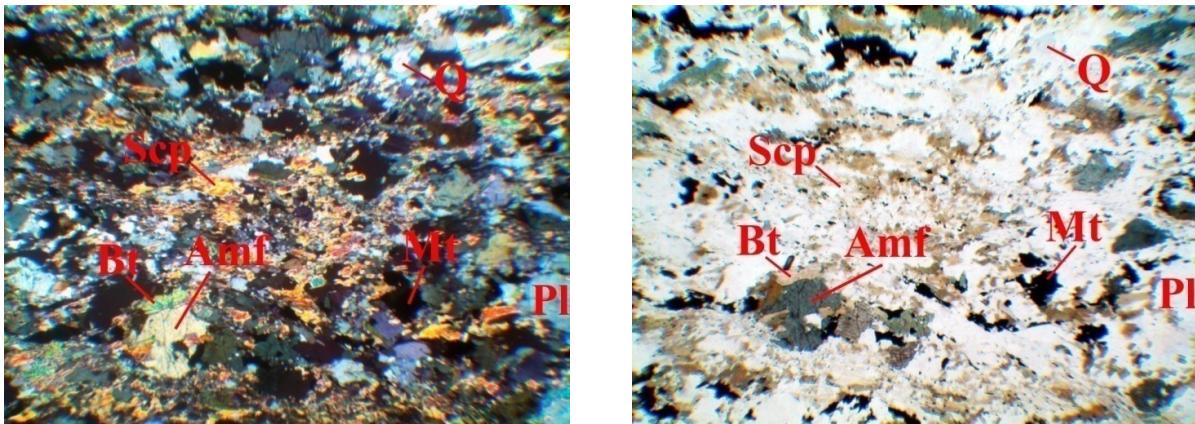


Рисунок 4 – Плагиогнейс амфибол-биотитовый, скв. М 134, гл. 303,0 м

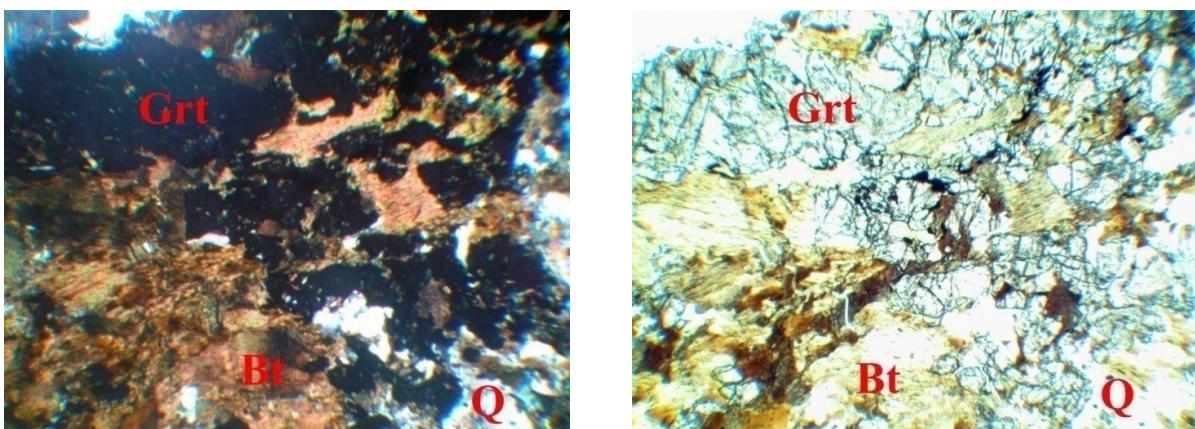


Рисунок 5 – Плагиогнейс гранат-биотитовый, скв. М 185, гл. 280,0 м

Граниты (рис. 6) образуют маломощные тела и жилы среди гнейсов и амфиболитов. Текстура массивная, структура гипидиоморфнозернистая, гранитовая. За счет катахлаза и милонитизации породы местами приобретают гнейсовидный

облик с милонитовой и бластопорфировой структурой и неяснослойстой очковой текстурой. Минеральный состав (%): калиевый полевой шпат 20–45, плагиоклаз 25–40, кварц 25–30, биотит 5–7. Аксессорные минералы – магнетит; вторичные – пелит-серицитовый материал.

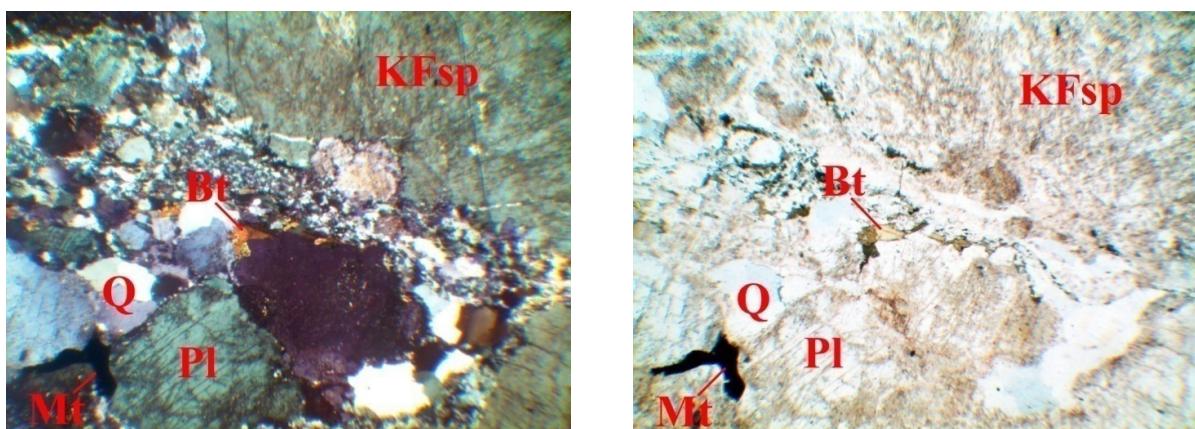


Рисунок 6 – Гранит, скв. М 185, гл. 306,5 м

Среди **метасоматитов** (рис. 7–11) в зависимости от преобладания тех или иных минералов выделяются *эпидот-кварц-плагиоклазовые и эпидот-кварц-амфибол-плагиоклазовые разности*. Текстура пород массивная, местами сланцеватая, структура – тонкозернистая, гранобластовая. Характерно широкое проявление процессов

сериицитизации и скаполитизации, а также отмечается обильная вкрапленность сульфидных минералов. Минеральный состав (%): плагиоклаз – 45–50, кварц – 15–30, ±амфибол – 15–20, эпидот – 10–15, сульфиды – 3–5, магнетит – 2–3, скаполит – 1. Вторичные минералы – хлорит, серицит.

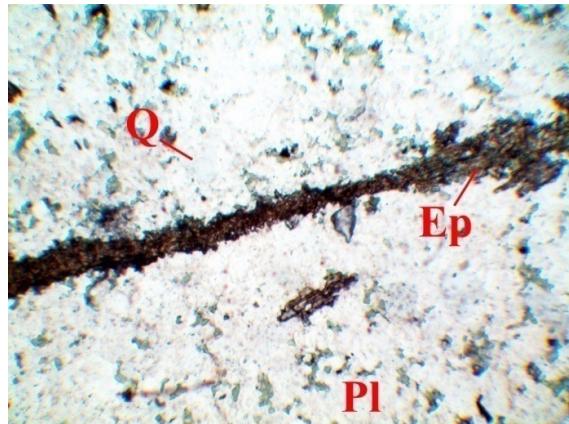
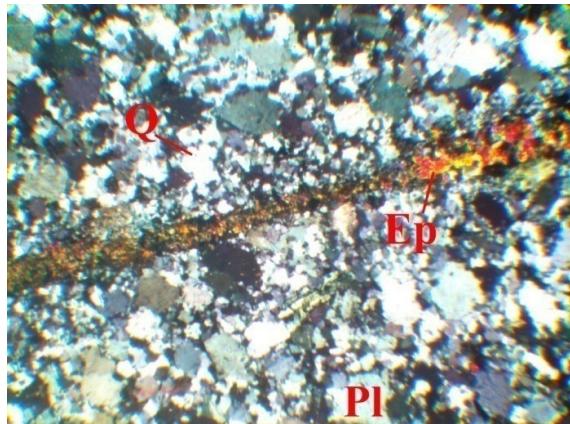


Рисунок 7 – Метасоматит эпидот-кварц-плагиоклазовый, скв. М 134, гл. 312,0 м

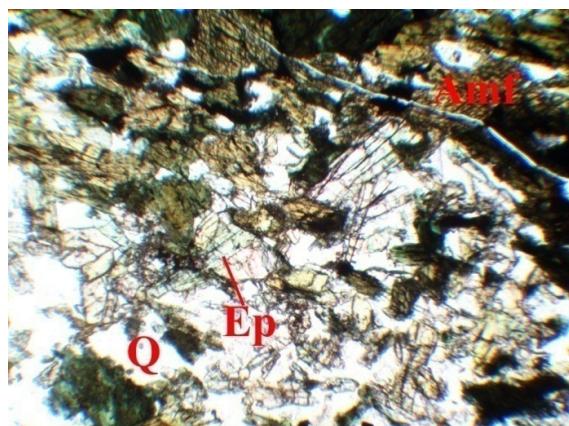
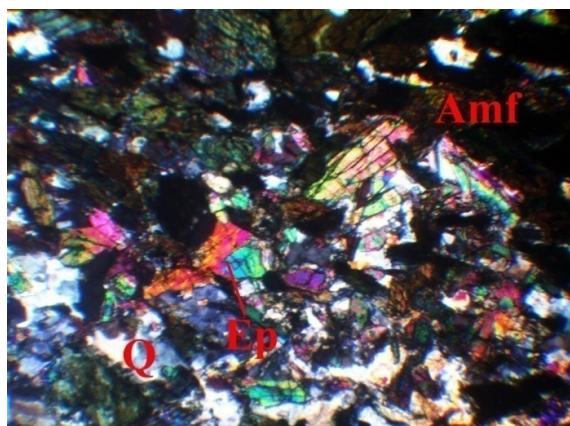


Рисунок 8 – Метасоматит эпидот-кварц-амфибол-плагиоклазовый, скв. М 134, гл. 318,5 м

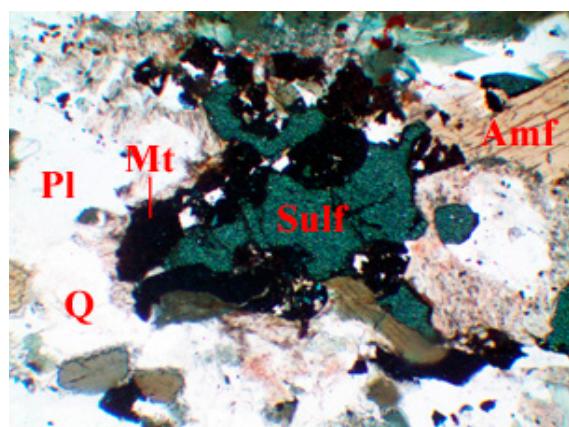
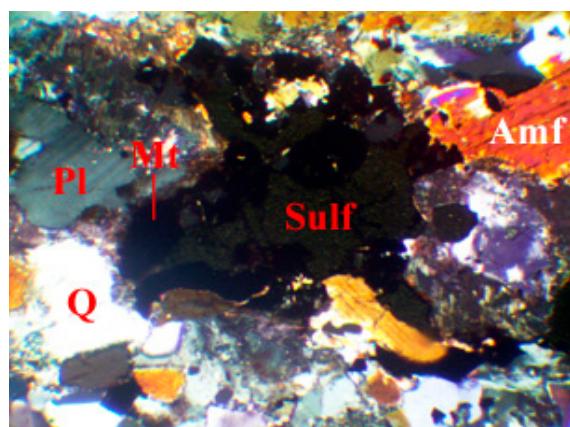


Рисунок 9 – Метасоматит эпидот-кварц-амфибол-плагиоклазовый с сульфидами, скв. М 134, гл. 324,0 м (видимое поле шлифа 1,0×1,5 мм)

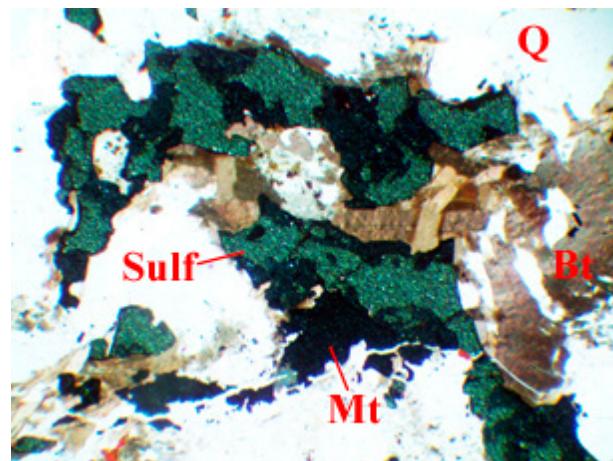
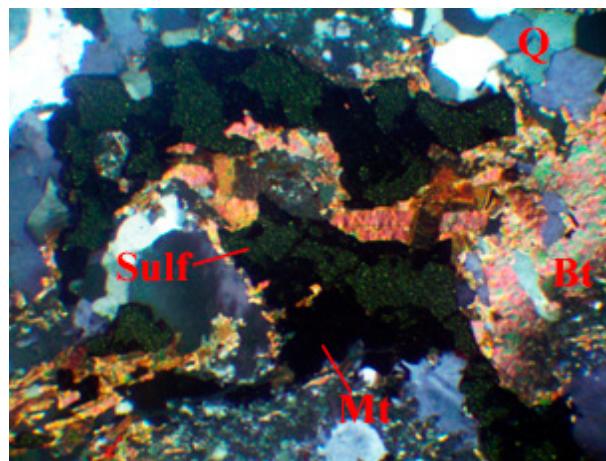


Рисунок 10 – Метасоматит эпидот-кварц-амфибол-плагиоклазовый с сульфидами, скв. М 134, гл. 348, 0 м (видимое поле шлифа 1,0×1,5 мм)

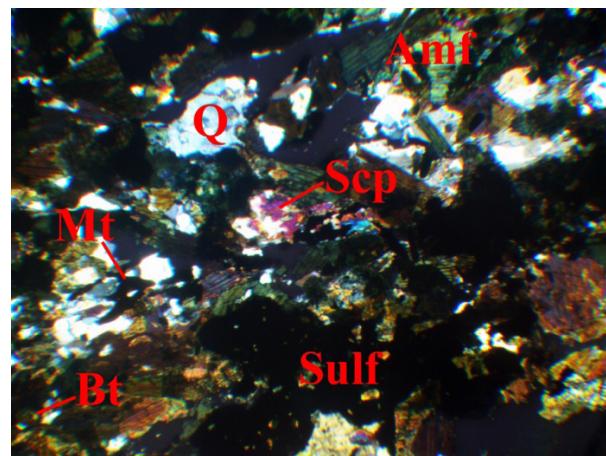


Рисунок 11 – Метасоматит эпидот-кварц-амфибол-плагиоклазовый с сульфидами, скв. ІІ 7, гл. 257,2 м

Плагиоклаз в метасоматитах представлен олигоклаз-андезином. Он формирует неправильной формы зерна размером не более 0,4–0,5 мм. Для него характерно обильное замещение вторичными минералами, такими как серицит-пелитовым агрегатом, скаполитом. Полисинтетические двойники проявлены плохо и в большинстве индивидов не различимы. Кварц представлен в виде неправильных, угловатых зерен размером 0,3–0,4 мм. В породе распространен как в виде одиночных зерен, так и небольших скоплений и прожилков. Амфибол – роговая обманка формирует неправильно-призматической, удлиненно-неправильной формы зерна и бесформенные выделения бледно-зеленого и сине-зеленого цвета. Размер отдельных зерен не превышает 0,5–0,6 мм. Эпидот образует неправильные округлые комковатые выделения, а также удлиненно-призматические зерна. Наблюдаются

в породе в виде скоплений, а также заполняет трещинки. Размер зерен от 0,3 до 0,5–0,6 мм. В ассоциации с эпидотом можно часто наблюдать рудные минералы и амфибол. Рудные минералы представлены магнетитом, который формирует зерна в виде мелкой вкрапленности размером не более 0,1–0,2 мм, и сульфидами, образующими неправильные, угловатые выделения, реже идиоморфные зерна размером до 1,0–1,5 мм. Скаполит присутствует в виде бесцветных зерен со слегка зеленоватым плеохроизмом, развивающимся по плагиоклазу. Их размер не превышает 0,2–0,3 мм.

Среди метасоматитов отдельно выделяется группа олигоклазитов (рис. 12). Они представляют собой мелкозернистую породу с массивной текстурой и гранобластовой структурой. Состоит из плагиоклаза (олигоклаз) до 90–95 %, кварца – 3–5 % и слюды – 1–2 %.

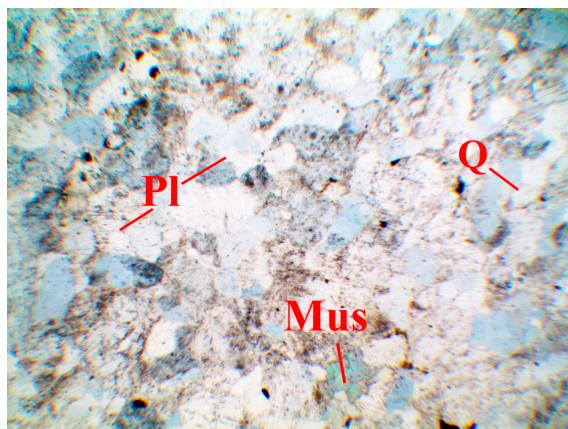
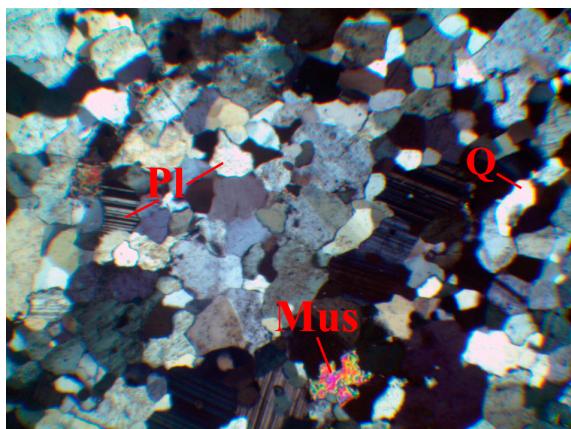


Рисунок 12 – Олигокласит, скв. ІІІ-7, гл. 231,4 м

Милониты, ультрамилониты, бластомилониты (рис. 13–15). Все разновидности представляют собой нечетко полосчатые мелко- и тонкозернистые разности, состоящие из тонкоперетертого агрегата кварца, биотита и полевых шпатов, среди которых иногда наблюдаются реликты – порфирокласти плагиоклаза и калиевого полевого шпата, уцелевшие от дробления.

Текстура пород мелкоочковая, сланцеватая; структура – гетеробластовая, тонкомилонитовая, линзокластическая, бластопорфировая, реликтовая порфировая. Главными пордообразующими минералами в них являются (%): плагиоклаз – 40–45, кварц – 25–35, биотит – 5–40, калиевый полевой шпат – 5–10. Аксессорные минералы – магнетит, эпидот, циркон, сульфиды.

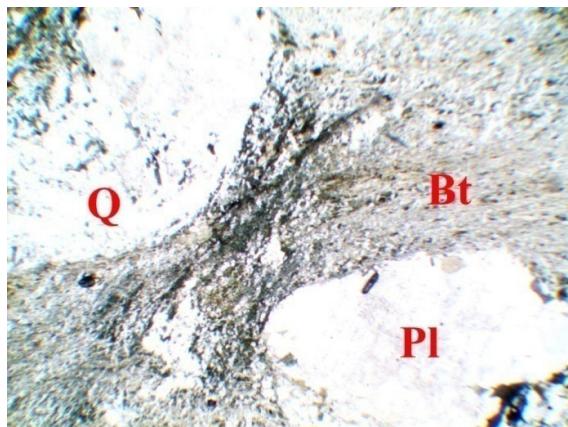
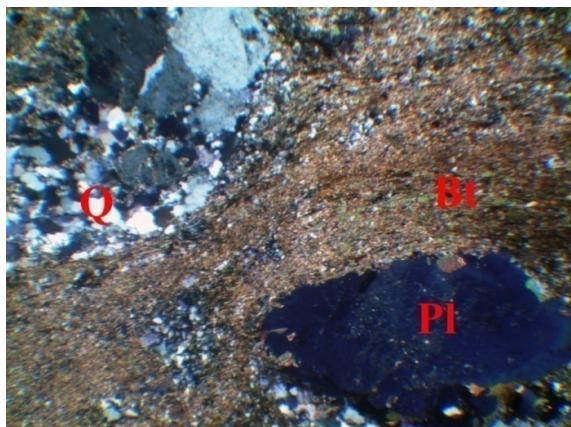


Рисунок 13 – Милонит, скв. М 185, гл. 254,2 м

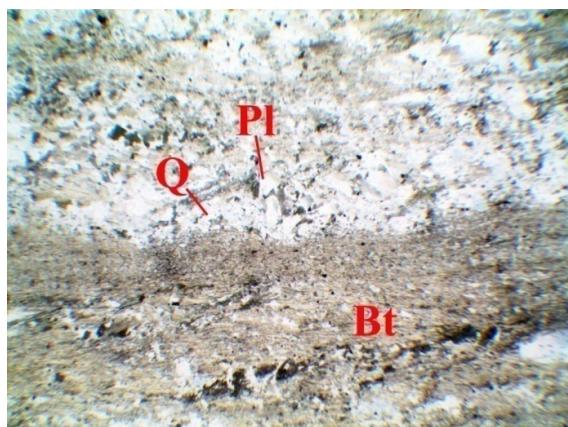
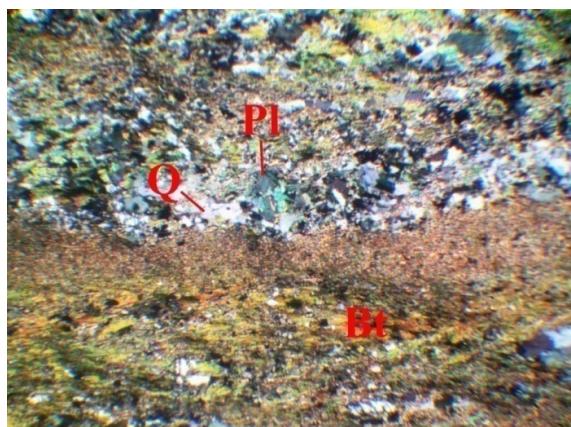


Рисунок 14 – Ультрамилонит, скв. М 185, гл. 283,0 м

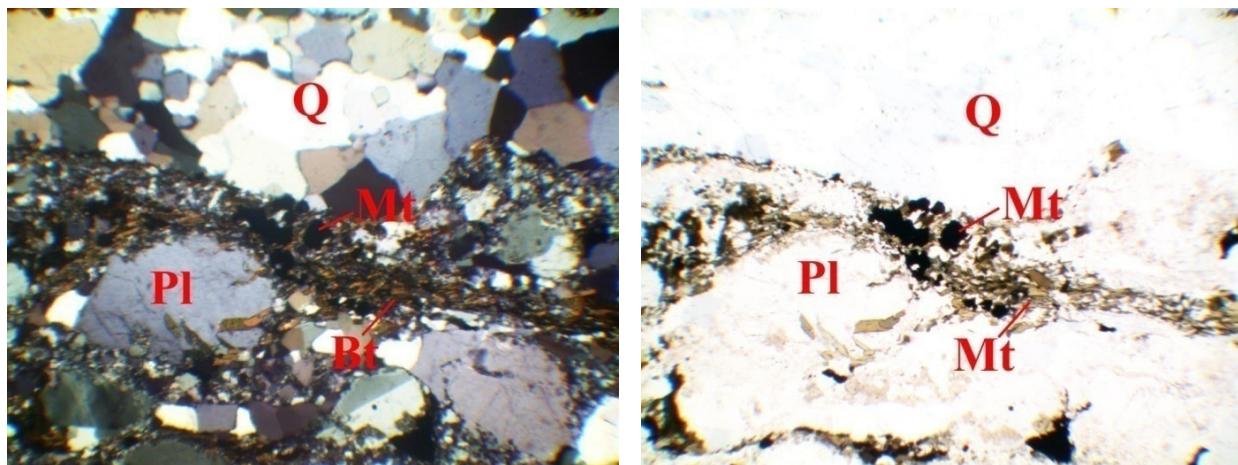
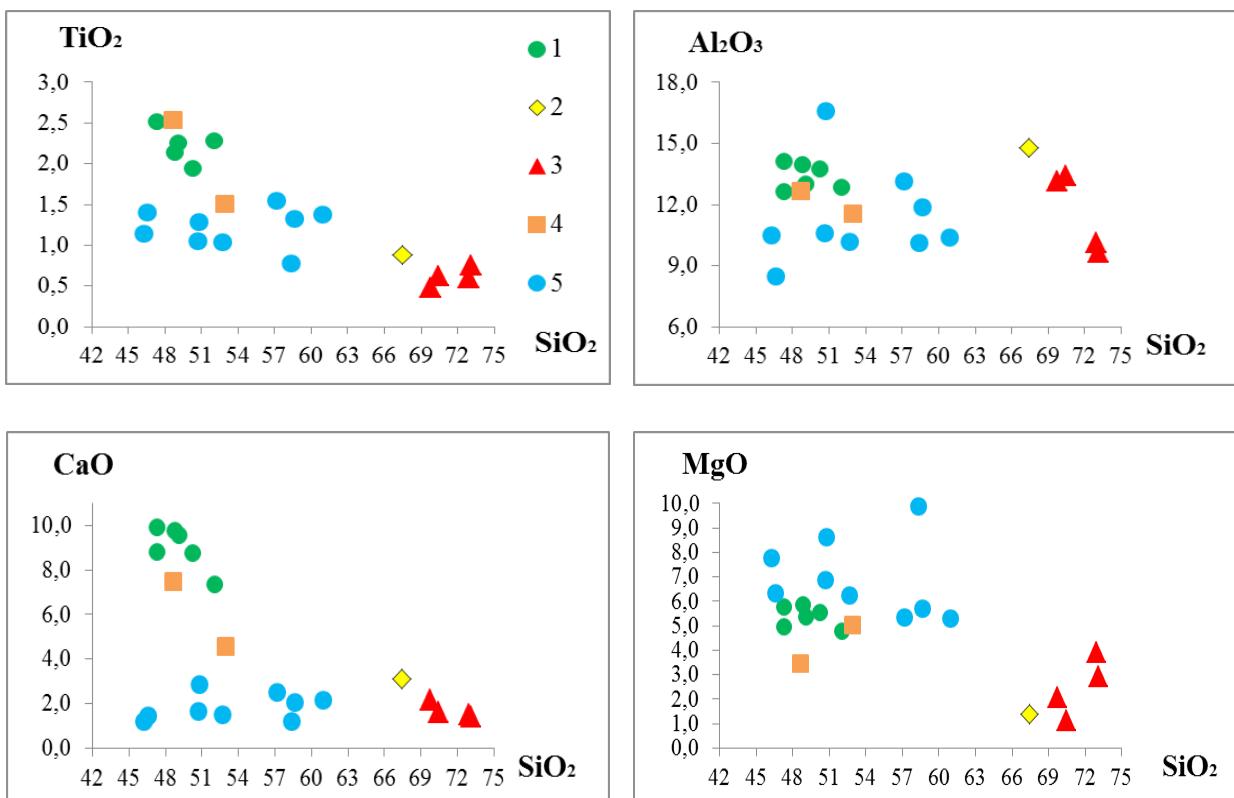
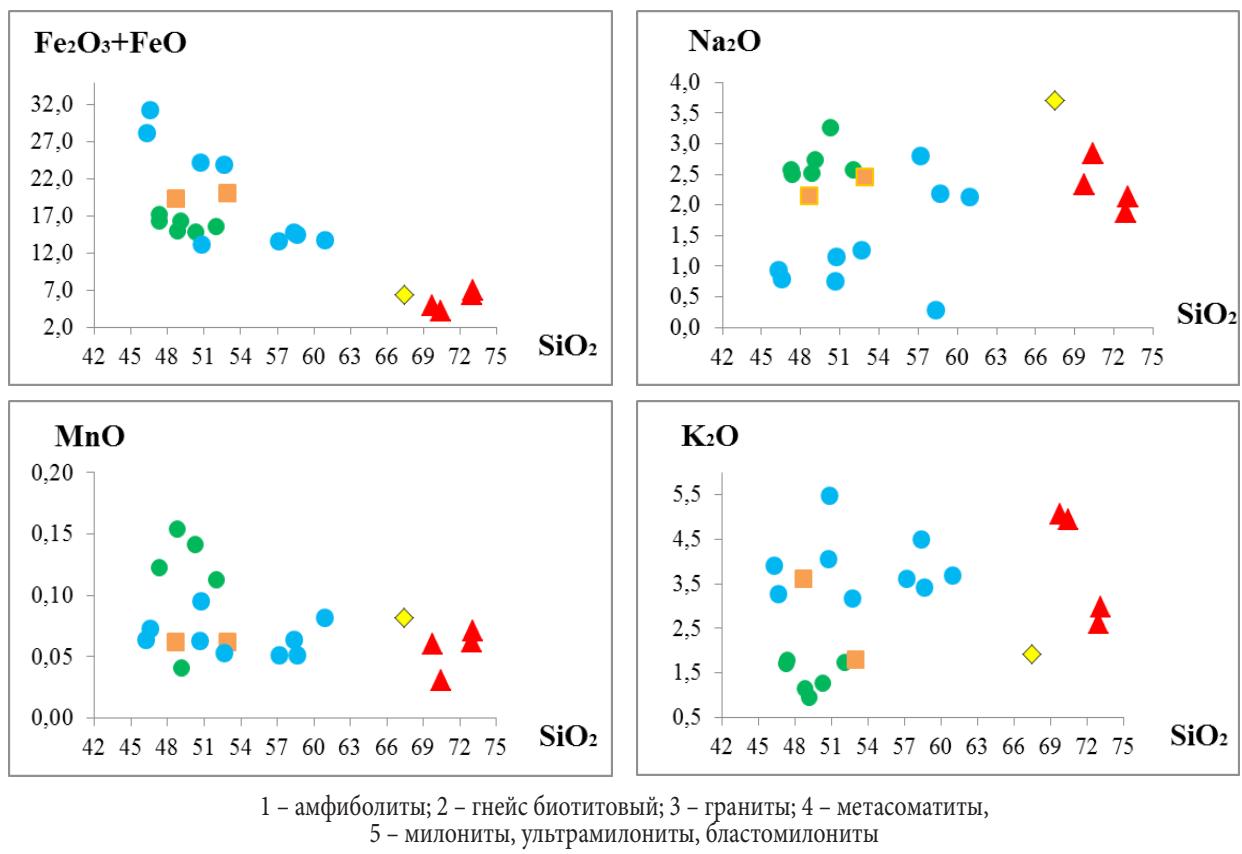


Рисунок 15 – Бластомиленит, скв. М 134, гл. 229,0 м

Неизмененные породы щучинской серии (амфиболиты и гнейсы) участка «Ляцкое» петрохимически относятся к образованиям нормально-щелочного ряда, тип щелочности – натриевый. Амфиболиты – это породы среднего состава с содержанием кремнезема 47–52 %. Для них характерна от умеренной до повышенной железистость ($F_{\text{общ}} = 0,7\text{--}0,8$), повышенная титанистость ($t' = 13\text{--}18$), низкая глиноземистость ($a' = 0,6\text{--}0,7$); закисное железо преобладает над окисным, натрий – над калием.

Отмечается высокое содержание CaO (7,4–9,9 %) и суммы железа ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} = 15\text{--}17$ %) по сравнению с остальными породами. На диаграмме (рис. 16) амфиболиты образуют довольно компактную группу. Плагиогнейсы и гнейсы изучаемого участка относятся к образованиям кислого состава ($\text{SiO}_2 = 67\%$) и характеризуются повышенной железистостью ($F_{\text{общ}} = 0,82$), титанистостью ($t' = 14$) и глиноземистостью ($a' = 1,9$), преобладанием закисного железа над окисным, натрия над калием.



Рисунок 16 – Распределение оксидов относительно SiO_2 в породах кристаллического фундамента участка «Ляцкое»

Граниты относятся к породам кислого состава с содержанием кремнезема 70–73 % и соответствуют образованиям нормальнощелочного и низкощелочного ряда, тип щелочности – калиевый. Породы характеризуются умеренной и повышенной железистостью ($F_{\text{общ}} = 0,6–0,8$), титанистостью ($t' = 9–15$) и глиноземистостью ($al' = 1–2$).

В рассмотренных породах наблюдается определенная петрохимическая дифференциация макрокомпонентов (рис. 16): с увеличением SiO_2 в породах уменьшается содержание оксидов титана, кальция, магния, суммы железа и увеличивается концентрация оксида калия.

Метасоматиты характеризуются меньшим содержанием оксидов магния и натрия, иногда кальция, и в некоторых случаях значительно обогащены калием (табл. 1, № 1, 2; рис. 16). Для пород характерна высокая железистость ($F_{\text{общ}} = 0,8–0,9$), повышенная титанистость ($t' = 8–13$), низкая глиноземистость ($al' = 0,5–0,6$). Отмечается высокое содержание суммы железа ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} = 19–20 \%$), в калишпатизированных разностях – оксидов калия (до 3,6 %) и кальция (до 7,5 %; развитие скаполита). Породы относятся к образованиям нормальнощелочного и умереннощелочного рядов.

Таблица 1 – Химический состав (мас. %) измененных пород участка «Ляцкое»

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO_2	48,68	52,94	50,68	58,64	46,59	57,17	60,93	50,77	58,36	52,68	46,26
TiO_2	2,54	1,50	1,05	1,33	1,40	1,55	1,38	1,29	0,78	1,04	1,14
Al_2O_3	12,65	11,53	10,61	11,86	8,50	13,12	10,38	16,61	10,14	10,17	10,47
Fe_2O_3	8,67	11,80	11,27	5,89	17,21	5,19	5,12	4,83	4,57	11,79	14,58
FeO	10,64	8,26	12,98	8,56	14,04	8,33	8,54	8,28	10,20	12,11	13,66
MnO	0,06	0,06	0,06	0,05	0,07	0,05	0,08	0,10	0,06	0,05	0,06
MgO	3,48	5,05	6,89	5,68	6,32	5,35	5,28	8,61	9,88	6,22	7,75
CaO	7,50	4,59	1,65	2,07	1,45	2,49	2,16	2,87	1,22	1,52	1,22

Na₂O	2,15	2,46	0,75	2,19	0,79	2,80	2,12	1,15	0,29	1,26	0,94
K₂O	3,62	1,80	4,05	3,42	3,27	3,62	3,68	5,47	4,51	3,17	3,91
P₂O₅	0,01	0,01	0,01	0,31	0,35	0,34	0,32	0,01	–	–	–
SO₃	1,17	2,16	–	–	–	–	–	0,14	1,95	2,40	2,80
П.п.п.	1,77	1,56	3,97	2,28	3,05	1,60	1,64	4,10	3,91	4,56	3,92
Сумма	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
S_{сф}	0,45	0,84	8,11	0,92	2,49	0,69	0,61	–	0,04	0,05	0,09
F_{общ}	0,85	0,80	0,78	0,72	0,83	0,72	0,72	0,61	0,60	0,79	0,78
Fe₂O₃ + FeO	19,31	20,06	24,25	14,44	31,25	13,52	13,67	13,11	14,77	23,89	28,24
FeO*	18,44	18,88	23,12	13,86	29,53	13,00	13,16	12,62	14,31	22,71	26,78
t'	13,16	7,49	4,33	9,21	4,49	11,45	10,08	9,84	5,28	4,35	4,05
al'	0,56	0,46	0,34	0,59	0,23	0,70	0,55	0,76	0,41	0,34	0,29
FeO / Fe₂O₃	1,23	0,70	1,15	1,45	0,82	1,60	1,67	1,71	2,23	1,03	0,94
Al₂O₃ / Na₂O	5,89	4,70	14,23	5,42	10,76	4,68	4,89	14,42	35,19	8,06	11,14
FeO* / MgO	5,30	3,74	3,36	2,44	4,67	2,43	2,49	1,47	1,45	3,65	3,45
Na₂O / K₂O	0,59	1,36	0,18	0,64	0,24	0,77	0,58	0,21	0,06	0,40	0,24
Na₂O + K₂O	5,77	4,26	4,80	5,61	4,06	6,42	5,81	6,63	4,79	4,43	4,85

Примечание – 1–2 – метасоматически измененные породы; 3–11 – милониты, ультрамилониты, бластомилониты. Анализы взяты из [6]. $F_{общ} = (Fe_2O_3 + FeO + MnO) / (Fe_2O_3 + FeO + MnO + MgO)$, мас. % – общая железистость пород; $al' = Al_2O_3 / (Fe_2O_3 + FeO + MgO)$, мас. % – коэффициент глиноземистости по род; $t' = (TiO_2 \times 100) / (Fe_2O_3 + FeO)$, мас. % – титанистость пород; $FeO^* = FeO + 0,9 \times Fe_2O_3$ – мас. % – общее железо. В потери при прокаливании (П.п.п.) включены содержания CO₂; прочерк – содержание элемента не определялось или данные отсутствуют.

Милониты, ультрамилониты, бластомилониты – группа пород, включающая образования, претерпевшие воздействие катаклистического метаморфизма с наложенными процессами метасоматоза. Их главной особенностью является то, что не всегда есть возможность определить исходную породу, по которой они образовались. Установленные разности относятся к образованиям основного и среднего состава (SiO₂ = 46–61%) (табл. 1, № 3–11) нормальнощелочного и умереннощелочного рядов. Почти все породы характеризуются от умеренной до повышенной железистостью ($F_{общ} = 0,6$ –0,8) и титанистостью ($t' = 4$ –11), низкой глиноземистостью ($al' = 0,2$ –0,8); калий значительно преобладает над натрием, закисное железо – над окисным. Сумма железа в отдельных магнетитсодержащих разностях достигает 24–31%.

Метасоматически измененные породы характеризуются изменчивостью концентрации петрогенных компонентов, обусловленной проявлением здесь различных наложенных диффторических, гидротермальных и деформационных процессов. В них увеличивается концентрация суммы железа (в магнетитсодержащих породах достигает 19–31%) и содержание калия (до 4–6%), появляется сульфидная

серра ($S_{сф} = 0,04$ –2,49%; в единичном случае до 8%).

Для микроэлементного состава неизмененных метаморфических пород щучинской серии характерно некоторое обогащение Sc, Sn, Y, Yb, амфиболиты – Zr, Nb, La, гнейсы – Pb, Ba, Zr [1].

Результаты анализа и интерпретации данных спектрально-полуколичественного анализа показали, что в некоторых метасоматически измененных породах, вскрытых скв. Щ 7 и М 134, содержание меди составляет 80–150 г/т (в 2–5 раза выше кларка по [2]) (табл. 2, 3), олова – 10–20 г/т (в 7–13 раз выше кларка), ванадия – 300–600 г/т (Кк = 3–6), кобальта – 40–100 г/т (Кк = 4–10), скандия – 50–100 г/т (Кк = 4–7). В отдельных пробах фиксируется повышенная концентрация редкоземельных элементов (РЗЭ) – иттрия до 150 г/т, иттербия до 20 г/т, лантана до 200–300 г/т и церия до 600 г/т, что превышает кларковые значения в 4–7 раз.

В целом можно отметить, что обогащенность рудными элементами коррелируется с теми породами, которые наиболее преобразованы процессами динамометаморфизма (рис. 17), в результате которых образовывались высокопроницаемые зоны, способствовавшие внедрению гидротермальных растворов.

Таблица 2 – Содержание микроэлементов (г/т) и кларки концентраций (Кк) микроэлементов в метасоматически измененных породах участка «Ляцкое» (скв. III 7)

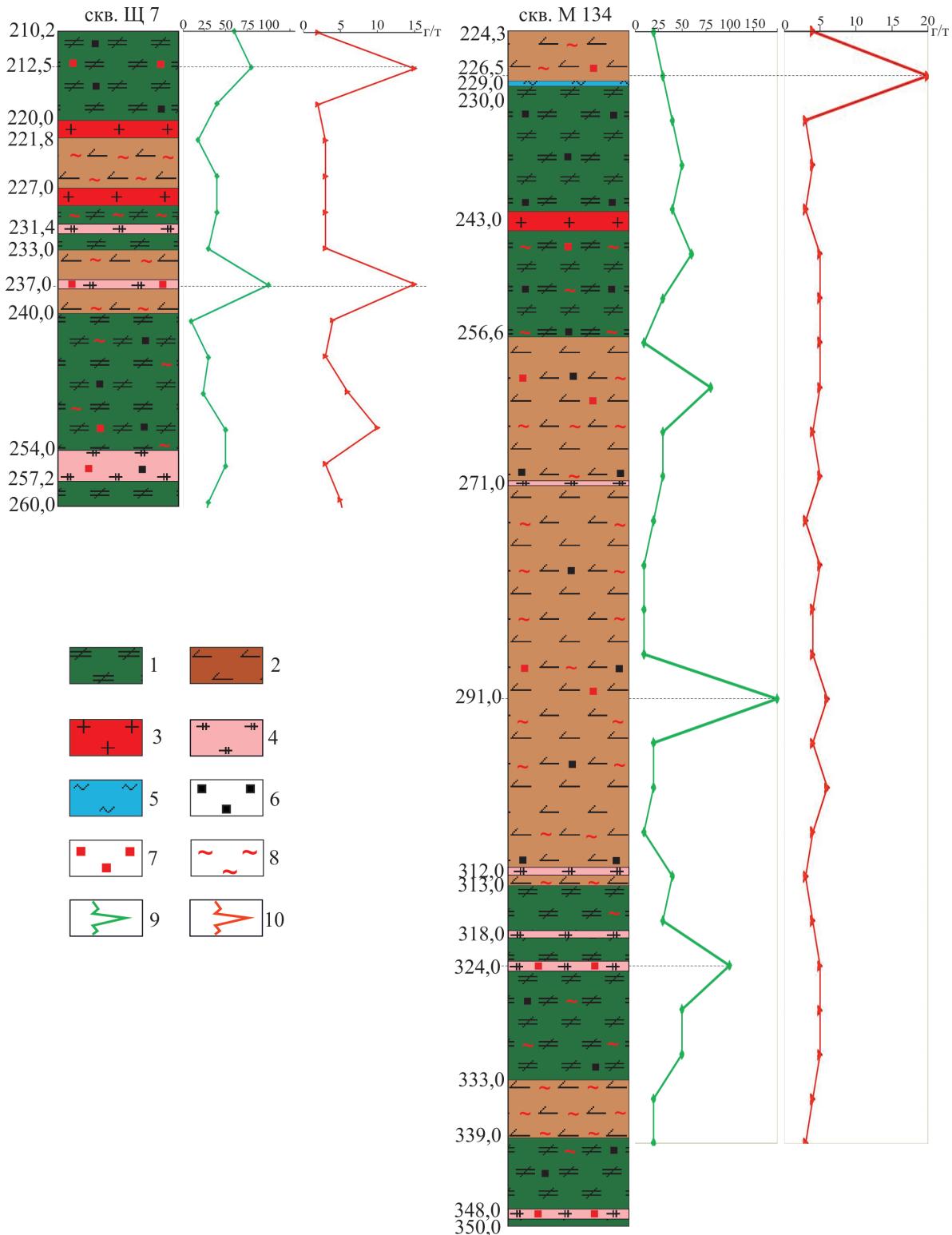
Элементы	Содержание, г/т						Кларки концентрации					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Ti	8000	10000	1500	10000	10000	3000	1,0	1,3	0,7	1,3	1,3	0,4
V	600	400	100	400	300	200	6,0	4,0	2,5	4,0	3,0	2,0
Cr	80	200	40	200	200	100	1,6	4,0	1,6	4,0	4,0	2,0
Ni	40	80	30	80	60	50	0,7	1,5	3,8	1,5	1,1	0,9
Co	40	100	10	60	40	30	4,0	10,0	2,0	6,0	4,0	3,0
Sc	50	100	10	100	100	40	3,6	7,1	1,4	7,1	7,1	2,9
Cu	80	80	100	30	20	10	2,3	2,3	5,0	0,9	0,6	0,3
Pb	6	10	10	10	10	3	0,4	0,7	0,5	0,7	0,7	0,2
Zn	40	50	30	80	80	30	0,6	0,7	0,5	1,1	1,1	0,4
Ag	–	–	–	–	–	0,3	–	–	–	–	–	4,3
Mo	1	1	1	1	1	2	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	2,2
Sn	15	5	5	15	10	4	10,0	3,3	1,7	10,0	6,7	2,7
Ga	20	30	30	40	20	20	1,0	1,5	1,5	2,0	1,0	1,0
Sr	100	100	100	–	100	200	0,1	0,1	0,3	–	0,1	0,3
Be	1,5	0,8	2,0	0,8	1,0	0,6	0,8	0,4	0,4	0,4	0,6	0,3
Zr	100	200	100	300	100	60	0,4	0,8	0,5	1,2	0,4	0,2
Nb	15	10	30	20	10	–	0,8	0,5	1,5	1,0	0,5	–
Y	150	50	20	30	40	20	4,4	1,5	0,7	0,9	1,2	0,6
Yb	20	2	2	3	3	1,5	5,7	0,6	0,5	0,9	0,9	0,4
La	10	20	30	200	20	–	0,2	0,4	0,5	4,4	0,4	–

Примечание – 1 – 212,8 м; 2 – 235,0 м; 3 – 237,0 м; 4 – 237,1 м; 5 – 242,0 м; 6 – 258,8 м. Пропуск (здесь и далее) – элемент не определялся или ниже границы чувствительности метода. Кларки концентраций всех элементов рассчитаны в сравнении с кларками соответствующего состава пород по А. П. Виноградову [2]. Цветовые обозначения: Кк < 0,20; Кк = 0,21–0,70; Кк = 0,71–1,50; Кк = 1,51–2,00; Кк = 2,01–2,50; Кк = 2,51–5,00; Кк = 5,01–10,00.

Таблица 3 – Содержание микроэлементов (г/т) и кларки концентраций (Кк) микроэлементов в метасоматически измененных породах участка «Ляцкое» (скв. М 134)

Эле- менты	Содержание, г/т								Кларки концентрации							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Ti	4000	4000	10000	10000	3000	2000	5000	10000	0,5	0,5	1,3	1,3	0,4	0,3	0,6	1,3
V	60	50	150	300	50	50	80	150	0,6	0,5	1,5	3,0	0,5	0,5	0,8	1,5
Cr	20	20	60	200	15	20	20	150	0,4	0,4	1,2	4,0	0,3	0,4	0,4	3,0
Ni	10	20	50	80	10	20	10	80	0,2	0,4	0,9	1,5	0,2	0,4	0,2	1,5
Co	10	20	40	40	10	15	15	50	1,0	2,0	4,0	4,0	1,0	1,5	1,5	5,0
Sc	10	10	100	80	10	5	10	100	0,7	0,7	7,1	5,7	0,7	0,4	0,7	7,1
Cu	20	30	8	80	10	150	20	100	0,6	0,9	0,2	2,3	0,3	4,3	0,6	2,9
Pb	10	20	8	6	10	30	25	10	0,7	1,3	0,5	0,4	0,7	2,0	1,7	0,7
Zn	30	30	80	40	30	50	30	100	0,4	0,4	1,1	0,6	0,4	0,7	0,4	1,4
Mo	1	4	1	1	1	1	1	1	1,1	4,4	1,1	1,1	1,1	–	1,1	1,1
Sn	4	20	5	4	5	6	6	5	2,7	13,3	3,3	2,7	3,3	4,0	4,0	3,3
Ga	20	25	20	30	20	20	20	25	1,0	1,3	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,3
Sr	200	200	200	200	100	100	100	200	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,3
Be	1,0	0,8	1,5	1,0	1,0	0,6	6,0	1,5	0,6	0,4	0,8	0,6	0,6	0,3	3,3	0,8
Zr	800	500	250	150	500	200	600	300	3,1	1,9	1,0	0,6	1,9	0,8	2,3	1,2
Nb	40	40	20	15	40	10	40	20	2,0	2,0	1,0	0,8	2,0	0,5	2,0	1,0
Y	30	40	50	30	60	15	50	50	0,9	1,2	1,5	0,9	1,8	0,4	1,5	1,5
Yb	3	4	4	2	5	1	3	4	0,9	1,1	1,1	0,6	1,4	0,3	0,9	1,1
Ce	600	100	–	–	600	–	200	–	7,4	1,2	–	–	7,4	–	2,5	–
La	80	100	40	–	60	–	300	40	1,8	2,2	0,9	–	1,3	–	6,7	0,9

Примечание – 1 – 224,3 м; 2 – 226,5 м; 3 – 247,0 м; 4 – 251,3 м; 5 – 271,0 м; 6 – 291,0 м; 7 – 300,0 м; 8 – 324,0 м. Цветовые обозначения: Кк < 0,20; Кк = 0,21–0,70; Кк = 0,71–1,50; Кк = 1,51–2,00; Кк = 2,01–2,50; Кк = 2,51–5,00; Кк = 5,01–10,00; Кк > 10,00.



1 – амфиболиты; 2 – гнейсы и плагиогнейсы: биотитовые, амфибол-биотитовые, амфиболитовые, гранат-биотитовые; 3 – граниты; 4 – метасоматиты; 5 – милониты и бластомилониты; 6 – вкрапления магнетита; 7 – вкрапления сульфидов; 8 – рассланцевание, милонитизация, катаклаз; 9 – распределение меди по породам; 10 – распределение олова по породам

Рисунок 17 – Разрез буровых скв. Щ 7 и М 134, вскрывших породы участка «Ляцкое» с графиками распределения меди и олова

В связи с тем, что керновый материал скважин, вскрывших породы изучаемого участка, не сохранился, провести микрозондовые

исследования рудных минералов и аналитические определения микроэлементов ICP-MS-методом не получилось.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексный анализ геологических, петрохимических и геохимических данных позволил уточнить вещественный состав пород, слагающих участок «Ляцкое», выявить петролого-геохимические особенности пород, сделать вывод о металлогенической специализации метасоматических образований и перспективности обнаружения здесь полезных ископаемых.

Следует отметить, что в процессе изучения данного объекта здесь не были выявлены минерализованные зоны с промышленными концентрациями рудных компонентов, несмотря на то, что некоторые метасоматически измененные породы характеризуются определенной обогащенностью сидерофильными, халькофильными и редкоземельными элементами. Были установлены повышенные содержания Cu (80–150 г/т), Sn (10–20 г/т), V (300–600 г/т), Co (40–100 г/т), Sc (50–100 г/т), превышающие кларковые значения по [2] в 4–13 раз. Отмечается также в отдельных случаях повышенная концентрация некоторых редкоземельных элементов (T , Yb , Ce , La), превышающая величину кларка в 3–7 раза. Содержание остальных микроэлементов находится на уровне кларковых значений или ниже их. Для сравнения можно привести данные по рудопроявлению «Шнипки», где содержание меди достигает 850–2000 г/т, кобальта – до 200–590 г/т, молибдена – до 50–1000 г/т, свинца – до 50–100 г/т, цинка – до 100–600 г/т, вольфрама – до 3 г/т, серебра – до 3 г/т [4].

На основе имеющихся данных спектрально-полуколичественного анализа в первом

приближении сделан вывод, что по своему типу проявление «Ляцкое» металлогенически специализировано на ванадий, хром, кобальт, медь, олово и редкоземельные металлы – скандий, иттрий, церий и лантан. Предварительно данный участок можно отнести к комплексному проявлению сульфидно-полиметаллической формации жильного типа, формирование которого происходит в тектонически ослабленных зонах в результате остывания циркулирующих горячих минерализованных растворов с отложением рудных минералов. Источником флюидов обычно выступают интрузии магматических пород, чаще всего гранитоидного состава. В данном случае, вероятно, гидротермально-метасоматическое воздействие на изучаемый участок оказывали остывающие интрузии мостовского комплекса.

Ввиду того, что полученные результаты исследования, а также фактическое отсутствие кернового материала для более детального анализа не позволяют выявить в разрезе фундамента участка «Ляцкое», вскрытого скв. ІІ 7, М 134 и М 185, рудных интервалов с промышленной концентрацией полезных компонентов, проявление «Ляцкое» пока не выделяется как потенциально рудоносный объект. Для обоснования более конкретного вывода о перспективности данного участка необходимы дополнительные электроразведочные и геохимические исследования с целью поиска зон разуплотнения, зон аномальной проводимости и минерализованных горизонтов.

Работа выполнена в рамках Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. (подпрограмма 10.4 «Белорусские недра»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксаментова, Н. В. Петрография и геохимия кристаллического фундамента Беларуси / Н. В. Аксаментова, А. А. Толкачикова. – Минск, 2012. – 232 с.
2. Виноградов, А. П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А. П. Виноградов // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–571.
3. Минералого-геохимические особенности метасоматитов кристаллического фундамента запада Беларуси (участок «Ельня») / А. А. Толкачикова [и др.] // Літасфера. – 2023. – № 2 (59). – С. 61–75.
4. Піскун, О. А. Особенности вещественного состава метасоматитов кристаллического фундамента запада Беларуси (участок «Шнипки») / О. А. Піскун, А. А. Толкачикова, М. П. Гуринович // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 9–23.
5. Полезные ископаемые Беларуси / редкол.: П. З. Хомич [и др.]. – Минск : Адкуація і вихаванне, 2002. – 528 с.
6. Химические анализы горных пород кристаллического фундамента Белоруссии. Справочник / А. М. Пап [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1988. – 243 с.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 26.08.2025

Рэцэнзент А. Ф. Кузьмянкова

МІНЕРАЛАГА-ГЕАХІМІЧНА ХАРАКТАРЫСТЫКА ПАРОД ПЕРСПЕКТЫЎНАГА
ЎЧАСТКА «ЛЯЦКАЕ» (КРЫШТАЛІЧНЫ ФУНДАМЕНТ ЗАХАДУ БЕЛАРУСІ)

А. А. Піскун, А. А. Талкачыкова, Е. А. Александровіч

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ по геалогіі»

Філіял «Інстытут геалогіі»

вул. Акадэміка Купрэвіча 7, 220084, Мінск, Беларусь

E-mail: fundament@geologiya.by, gmkf@geologiya.by

Прадстаўлены вынікі даследавання крышталічных парод малавывучанага ўчастка «Ляцкае», размешчанага на заходзе Беларусі. Вызначаны іх мінералага-петраграфічны і геахімічны асаблівасці. Асноўная ўвага ўдзялецца метасаматычна змененым утварэнням. Устаноўлена, што прайяўленне «Ляцкае» металагенічна спецыялізавана на каліфровыя і рэдкія металаы і належыць да сульфідна-поліметалічнай руднай фармацыі жыльнага тыпу.

Ключавыя слова: крышталічны фундамент, участак «Ляцкае», метасаматычныя пароды, петраграфія, геахімія.

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ROCKS OF THE
PROSPECTIVE SITE “LYATSKOE” (CRYSTALLINE BASEMENT OF WESTERN BELARUS)

A. Piskun, A. Tolkachikova, E. Aleksandrovich

State Enterprise “Research and Production Center for Geology”

Branch “Institute for Geology”

7 Akademika Kuprevicha St, 220084, Minsk, Belarus

E-mail: fundament@geologiya.by, gmkf@geologiya.by

The article presents the results of the study of crystalline rocks of the poorly studied “Lyatskoe” site located in the west of Belarus. Their mineralogical, petrographic and geochemical features are determined. The main attention is paid to metasomatically altered formations. It is established that the “Lyatskoe” occurrence is metallogenically specialized in non-ferrous and rare metals and belongs to the sulfide-polymetallic vein-type ore formation.

Keywords: crystalline basement, “Lyatskoe” site, metasomatic rocks, petrography, geochemistry.

УДК 552.122
<https://doi.org/10.65207/1680-2373-2025-2-19-31>

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПОДСОЛЕВЫХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОЛОЦКОГО ГОРИЗОНТА И ЛАНСКОГО НАДГОРИЗОНТА ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Д. А. Шенец, А. В. Фурсевич, Е. А. Напрээнко, А. А. Ерошенко

Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти (БелНИПИнефть)
ул. Книжная, 156, 246003, Гомель, Беларусь
E-mail: d.a.shenets@beloil.by

Объектом исследования являются отложения подсолевой терригенной толщи (пороцкий горизонт и ланский надгоризонт) Северной и Южной структурных зон Припятского прогиба. По материалам геофизических исследований скважин и лабораторных исследований керна было выполнено деление разреза полоцких и ланских отложений на литотипы. Кроме того, был проведен анализ фильтрационно-емкостных свойств и минерального состава литотипов по керновым данным.

Анализ результатов комплексных геофизических (ГИС) и минералогических исследований, а также определения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) позволил установить наличие в отложениях полоцкого горизонта и ланского надгоризонта 6 основных литотипов, различающихся прежде всего по минеральному составу.

Сделаны выводы о наличии в полоцком горизонте и ланском надгоризонте пачек пород-коллекторов, прослеживающихся в региональном масштабе. Наличие различных литотипов выявило необходимость построения минеральной и петрофизической моделей как отдельных месторождений, так и всего Припятского прогиба на дальнейших этапах изучения вышеуказанных отложений.

Ключевые слова: минеральный состав, рентгеновская дифракция, литотип, керн, терригенный коллектор, фильтрационно-емкостные свойства, эффективная толщина.

ВВЕДЕНИЕ

Среди всех типов коллекторов основным считается терригенный коллектор, 77 % запасов газа и 58 % всех разведанных мировых запасов нефти связано именно с ним [7]. Подобные коллекторы – это в массе своей песчаники и алевролиты. Вопросы выявления песчаных тел и установления их пространственного размещения представляют собой сложный научно-исследовательский процесс, решению которого может способствовать проведение минералогических исследований керна. Получение информации о минеральном составе горных пород позволяет определить тип пород, минеральный состав является источником информации об условиях формирования пород, степени и разновидностях вторичных преобразований. Разнообразие минерального состава определяет влияние на фильтрационно-емкостные свойства, смачиваемость, упруго-прочностные свойства пород [8]. Данные о минеральном составе образцов керна используются при выборе наиболее перспективных интервалов для опробования и проведения различных геолого-технологических мероприятий в скважинах [5].

В Припятском прогибе подсолевые терригенные отложения играют важную роль в плане добычи углеводородов. Терригенные породы-коллектора распространены в верхнепротерозойских, полоцких, ланских отложениях, на них приходится порядка 11 % от общих остаточных извлекаемых запасов нефти (конденсата).

Современное распространение полоцких отложений наблюдается далеко за пределами прогиба на севере и западе. Южная граница проходит вблизи Южного краевого разлома Припятского прогиба. Они отмечены на востоке в пределах Брагинского выступа и Лоевской седловины и на северо-востоке в пределах Городокско-Хатецкой ступени. Отложения ланского надгоризонта на территории Беларусь занимают площадь несколько меньшую, чем отложения полоцкого горизонта. Они повсеместно развиты в Припятском прогибе, частично – в пределах Городокско-Хатецкой ступени [4].

Цель данной работы: выявление особенностей строения разреза полоцкого горизонта и ланского надгоризонта подсолевой терригенной толщи посредством анализа данных ГИС, минералогических исследований и данных ФЕС.

Задачи: провести литотипизацию разреза с применением имеющейся геолого-геофизической информации (минеральный состав, описание керна, петрографических шлифов, данные ГИС), определить закономерности распространения литотипов по разрезу и по площади, привести сравнительную характеристику ФЕС в выделенных литотипах, сделать выводы о полученных результатах.

Таблица 1 – Количество образцов по скважинам

Скважина	Структурно-тектоническая зона	Количество образцов, шт.	
		D ₂₋₃ ln	D ₂ plc
Речицкая 515	Северная	13	-
Речицкая 556	Северная	-	30
Мармовичская 171	Северная	10	8
Надвинская 46	Северная	5	14
Осташковичская 9220	Северная	-	34
Осташковичская 241s2	Северная	14	30
Барсуковская 104n	Северная	17	-
Барсуковская 105n_1	Северная	12	-
В-Некрасовская 1	Северная	12	18
Тишковская 100s2	Северная	-	25
Анисимовская 3	Южная	5	4
Вересницкая 2	Южная	-	8
Гостовская 1	Южная	6	-
Гребеневская 1	Южная	1	6
Дубницкая 1	Южная	3	5
Малышевская 1	Южная	4	11
Симоновичская 1	Южная	1	12
С-Карповичская 2	Южная	7	3
Туровская 3	Южная	5	10
Туровская 5	Южная	4	4
Ю-Валавская 35	Южная	9	8

Разрез полоцкого горизонта и ланского надгоризонта охарактеризован керновым материалом в достаточной степени, как и минералогическими исследованиями (РФА, РСА, гранулометрия), за исключением некоторых интервалов (рис. 1). На рисунке 1 представлен типовой разрез полоцких

и ланских отложений. Возле кривой ГК (кривая отражает естественную радиоактивность пород в скважине) черными точками указаны места отбора образцов для исследования минерального состава. Точки были нанесены в определенную область согласно выделенным литотипам.

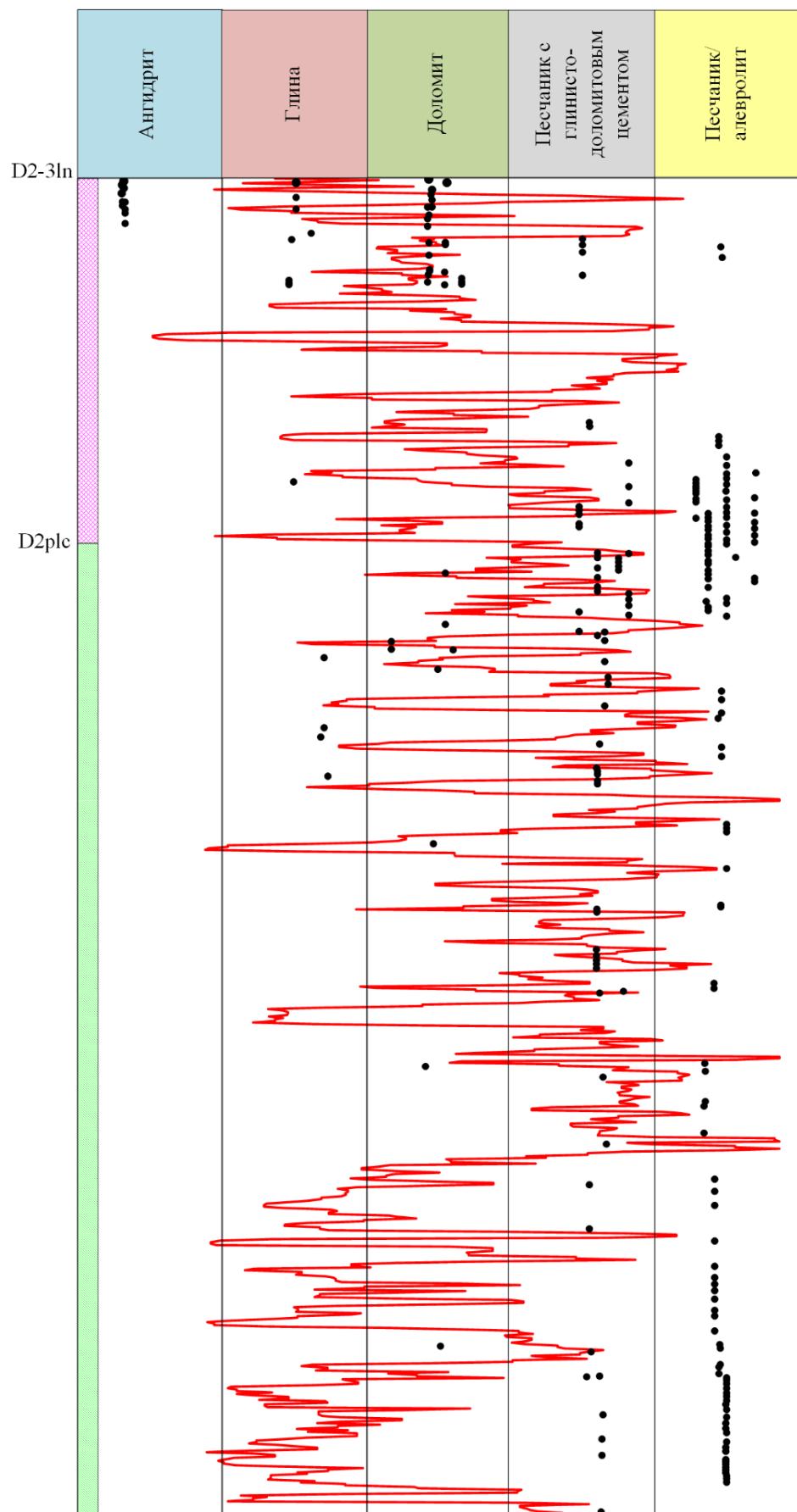


Рисунок 1 – Степень охарактеризованности разреза минералогическими исследованиями

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Минералогические исследования проводились на оборудовании Центра обработки, исследования и хранения керна Белорусского научно-исследовательского и проектного института нефти. Определение минерального состава горных пород проводилось с помощью метода рентгеновской дифракции, оптического петрографического анализа [3; 8].

Метод основан на получении информации о кристаллическом строении веществ. Каждый минерал обладает особым строением кристаллической решетки, от этого зависит положение и интенсивности пиков на получаемой дифрактограмме [3].

Исследуемый образец представляет собой порошок с размером частиц менее 0,1 мм, который помещен в круглую алюминиевую кювету. Поверхность образца тщательно выравнивается в целях улучшения качества получаемой дифрактограммы. В процессе исследования поверхность образца облучается рентгеновским излучением

в диапазоне углов 2θ от 3° до 55° с шагом сканирования $0,01^\circ$. Излучение, отраженное поверхностью кристаллической решетки, регистрируется детектором. В результате исследования методом рентгеновской дифракции получают зависимость интенсивности отраженного рентгеновского излучения от угла 2θ .

Качественный фазовый анализ проводится путем сравнения положений пиков и их интенсивностей с положениями пиков и интенсивностей эталонных образцов, содержащихся в международных базах дифракционных стандартов ICDD PDF-2 Release 2021 и COD (рис. 2).

Количественное определение фаз в образцах и уточнение параметров элементарной ячейки вещества проводится по методу Ритвельда (полнопрофильного анализа) путем моделирования теоретической дифрактограммы, ее сравнения с экспериментальной дифрактограммой и дальнейшим уточнением параметров элементарной ячейки в целях лучшей сходимости [2].

При использовании количественного рентгенофазового анализа по методу Ритвельда содержание кристаллических фаз всегда нормировано на 100 %.

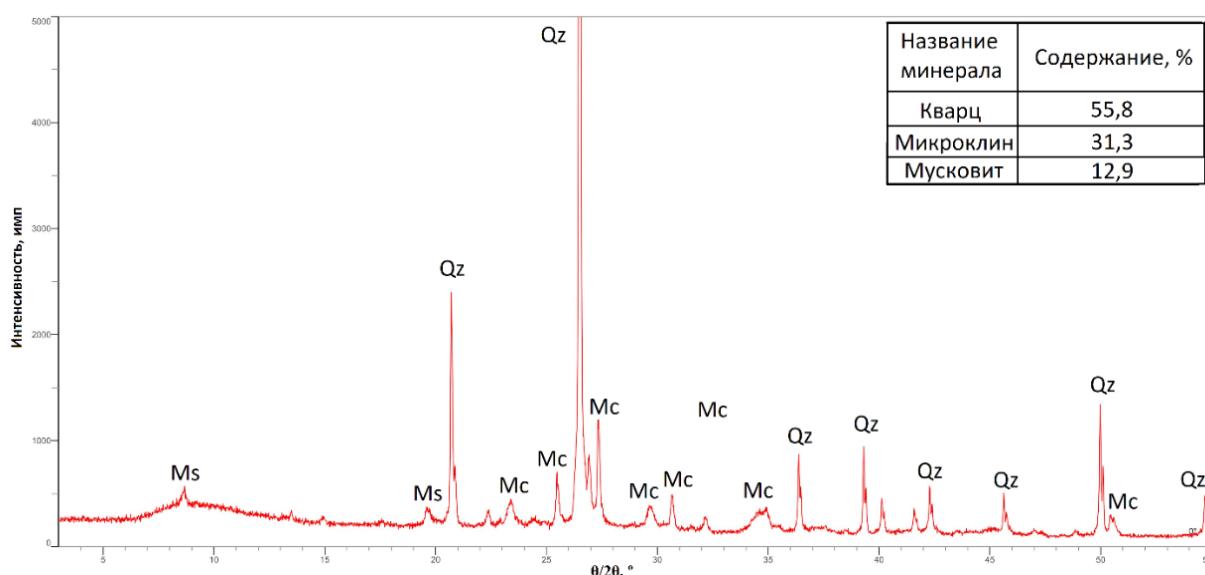


Рисунок 2 – Дифрактограмма и результаты определения минерального состава (условные обозначения: Mc – микроклин, Ms – мусковит, Qz – кварц)

Петрографическое описание шлифов включает последовательное освещение следующих характеристик: название породы, структура, состав, пористость, включения, вторичные изменения. После описания шлифов проводится процесс их фотографирования. При фотографировании

подбираются области, дающие наиболее точное представление о породе, характеризующие общие минералогические, текстурно-структурные особенности, распределение пустотного пространства.

На основе результатов литологического описания керна, оптического петрографического

анализа пород в шлифах и количественного рентгенофазового анализа проведена литотипизация разреза.

На следующем этапе проводилось построение геолого-геофизических профилей по изучаемым скважинам Северной и Южной структурных тектонических зон (рис. 4) с целью прослеживания распространения литотипов по всему разрезу.

В интервалах, не охарактеризованных отбором керна, выделение литотипов было выполнено с учетом литологии, рассчитанной по ГИС. В скважинах, в которых литология по ГИС не рассчитывалась, выделение литотипов проводилось по конфигурации кривых ГК и НГК (рис. 3). Это позволило определить закономерности распространения определенных литотипов по разрезу [1].

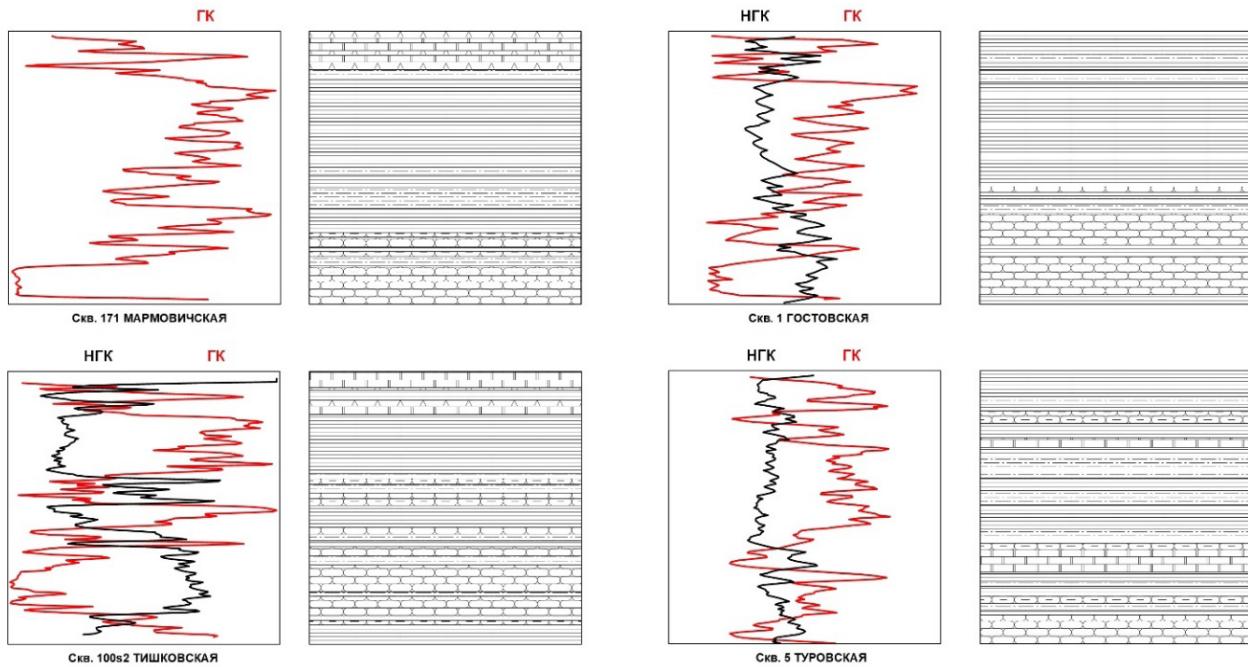


Рисунок 3 – Конфигурация кривых ГИС для фрагментов разреза на примере ланского надгоризонта скважин изучаемых площадей

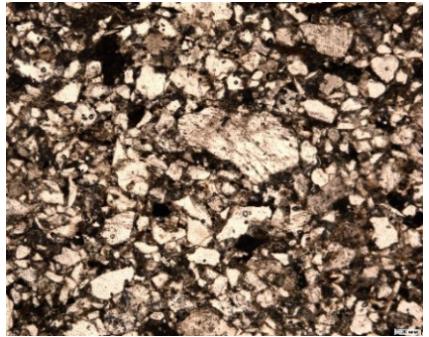
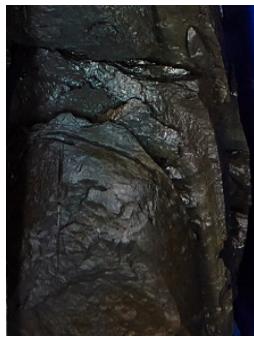
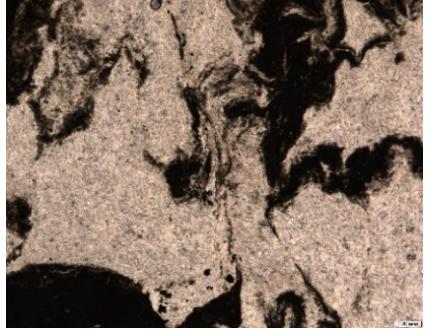
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основе изучения керна, оптического петрографического анализа пород в шлифах и количественного рентгенофазового анализа

проведена литотипизация разреза. Были выделены следующие основные литотипы (в зависимости от породообразующих минералов): песчаник, песчаник с глинисто-доломитовым цементом, алевролит, глина, доломит, ангидрит. (табл. 2).

Таблица 2 – Литотипы полоцкого горизонта и ланского надгоризонта (фото керна и шлифов)

Литотип	Фото керна	Фото шлифа
Песчаник		

Песчаник с доломитовым/ глинистым цементом		
Алевролит		
Глина		
Доломит		
Ангидрит		

К песчаникам отнесены породы с максимальным содержанием кварца (более 80 %). Песчаники кварцевые, полевошпатово-кварцевые, местами слюдистые, темно-серые, коричневато-серые, бурые, слоистые, массивные в различной степени пористые, местами нефтенасыщенные.

К песчаникам на глинисто-доломитовом цементе отнесены породы, в которых содержание кварца составляет более 50 %, а также отмечается повышенное содержание глинистых минералов и доломита. Песчаники кварцевые, полевошпатово-кварцевые, местами слюдистые, на глинистом/доломитовом цементе, темно-серые, коричневато-серые, бурые, слоистые, массивные в различной степени пористые, местами нефтенасыщенные, без признаков УВ.

Выделить алевролиты в отдельный литотип по результатам определения минерального состава не представляется возможным, так как минеральный состав алевролитов в целом схож с минеральным составом песчаников. Поэтому выделение алевролитов проводилось по результатам гранулометрического состава. Алевролиты кварцевые, кварцево-полевошпатовые, местами слюдистые, часто глинистые, серые, буро-серые, бурые, слоистые, в различной степени пористые, местами нефтенасыщенные.

К глине отнесены образцы с содержанием глинистых минералов более 75 % (по С. Г. Вишнякову (1933), с доп. М. С. Швецова (1958) и В. Т. Фролова (1964)) [6]. Глины темно-серые, бурые, зеленоватые, бескарбонатные и карбонатизированные, плотные, без признаков УВ.

К доломитам отнесены породы, в которых содержание доломита преобладающее и составляет более 70 % [6]. Доломиты серые, темно-серые, коричневато-серые, разнокристаллические, слоистые, плотные, с включениями зерен кварца, глинистых минералов, ангидрита, без признаков УВ.

К ангидритам отнесены породы, содержание ангидрита в образцах которых составляет более 50 % [6], нередко отмечается присутствие доломита, кварца и глинистых минералов. Ангидриты серые, пятнистые, волнистослоистые, тонкослоистые. Без признаков УВ.

При изучении керна и анализе кривых ГИС в полоцком горизонте в скв. В-Некрасовская 1 отмечено присутствие нескольких интрузивных тел в средней и подошвенной части толщинами 16 м и 14 м соответственно.

Каждый литотип характеризуется определенным минеральным составом. В таблице 3 и на рисунке 4 приведен усредненный минеральный состав.

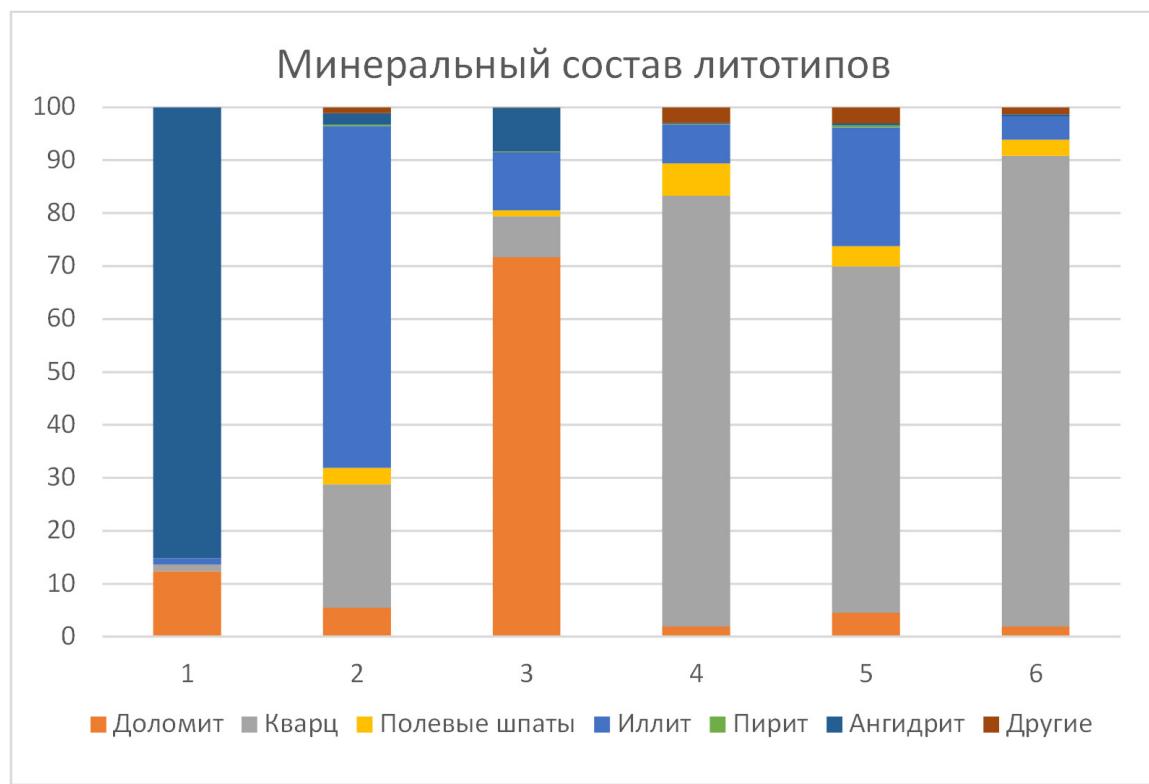


Рисунок 4 – Усредненный минеральный состав исследуемых литотипов (1 – песчаник; 2 – песчаник с глинисто-доломитовым цементом; 3 – алевролит; 4 – глина; 5 – доломит; 6 – ангидрит)

Таблица 3 – Усредненный минеральный состав литотипов полоцкого горизонта и ланского надгоризонта

Литотип	Содержание минералов, %						
	Доломит	Кварц	Полевые шпаты	Иллит	Пирит	Ангидрит	Другие
Песчаник	1,9	88,9	3,1	4,4	0	0,4	1,3
Песчаник с глинисто-доломитовым цементом	4,5	65,4	3,9	22,4	0,4	0,3	3,1
Алевролит	1,9	81,4	6,1	7,3	0,1	0,2	3
Глина	4,5	13,8	3,1	75	0,3	2,2	1,1
Доломит	71,7	7,7	1,1	11	0,1	8,3	0,1
Ангидрит	12,4	1,3	0	1,1	0	85,2	0

В результате проведенных исследований было установлено, что для всех разрезов полоцкого горизонта характерно ритмичное строение: преобладание песчаных пород в нижней части разреза и глинистых – в средней части. Разрез верхней части меняется от песчаных до глинистых пород. Характерной особенностью терригенных пород полоцкого горизонта является их тонко- и мелкозернистый состав. Прослои средне- и крупнозернистых песчаников встречаются очень редко. Полоцкий горизонт условно можно разделить на 4 пачки (рис. 5).

Нижняя пачка представлена преимущественно песчаниками и алевролитами с прослойями и включениями пластов глинистых пород, имеющая, как правило, региональное распространение (рис. 6, 7).

Третья пачка глинистая, иногда с прослойями песчано-алевролитовых пород. Количество песчаных прослоев в пачке не превышает 4–5. Породы третьей пачки имеют наиболее глинистый состав.

Вторая пачка обычно начинается глинистыми и глинисто-алевритовыми породами и заканчивается прослоем песчаника или алевролита; нередко внутри пачки встречаются песчано-алевролитовые

пласти и прослои. В целом песчанистость второй пачки больше, чем третьей.

Верхняя пачка имеет сложное строение. Часто глинистая с редкими песчано-алевролитовыми прослойями, иногда сложена песчано-алевролитовыми породами с глинистыми прослойями и включениями.

Отложения ланского надгоризонта условно разделяются на 2 пачки: нижнюю – песчано-алевролитовую либо песчано-глинистую и верхнюю – преимущественно глинистую (рис. 5).

Нижняя пачка обычно включает до 5–8 песчаных пластов, разделенных прослойями глин. Доминирующими типами пород в ней являются терригенные и глинистые породы. Нередко встречаются прослои карбонатных пород.

Верхняя пачка имеет глинистый состав, во всех разрезах не представляет практического интереса в отношении нефтегазоносности и, по-видимому, является покрышкой для ланских пород-коллекторов. Имеет региональное распространение по площади (рис. 6, 7). Неглинистые прослои в рассматриваемой пачке представлены песчано-алевролитовыми, карбонатными и ангидритовыми породами.

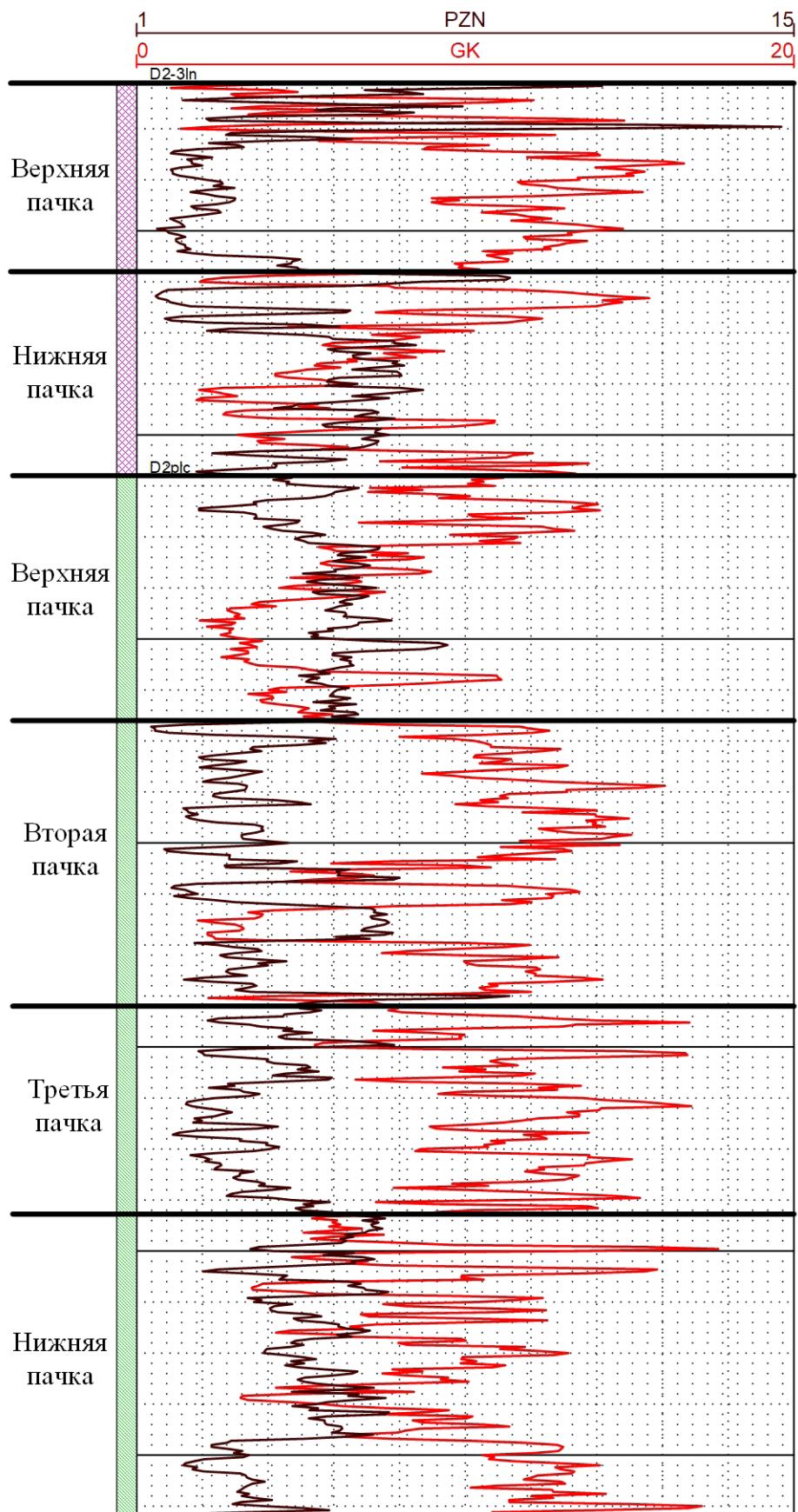


Рисунок 5 – Типовой разрез полоцкого горизонта и ланского надгоризонта

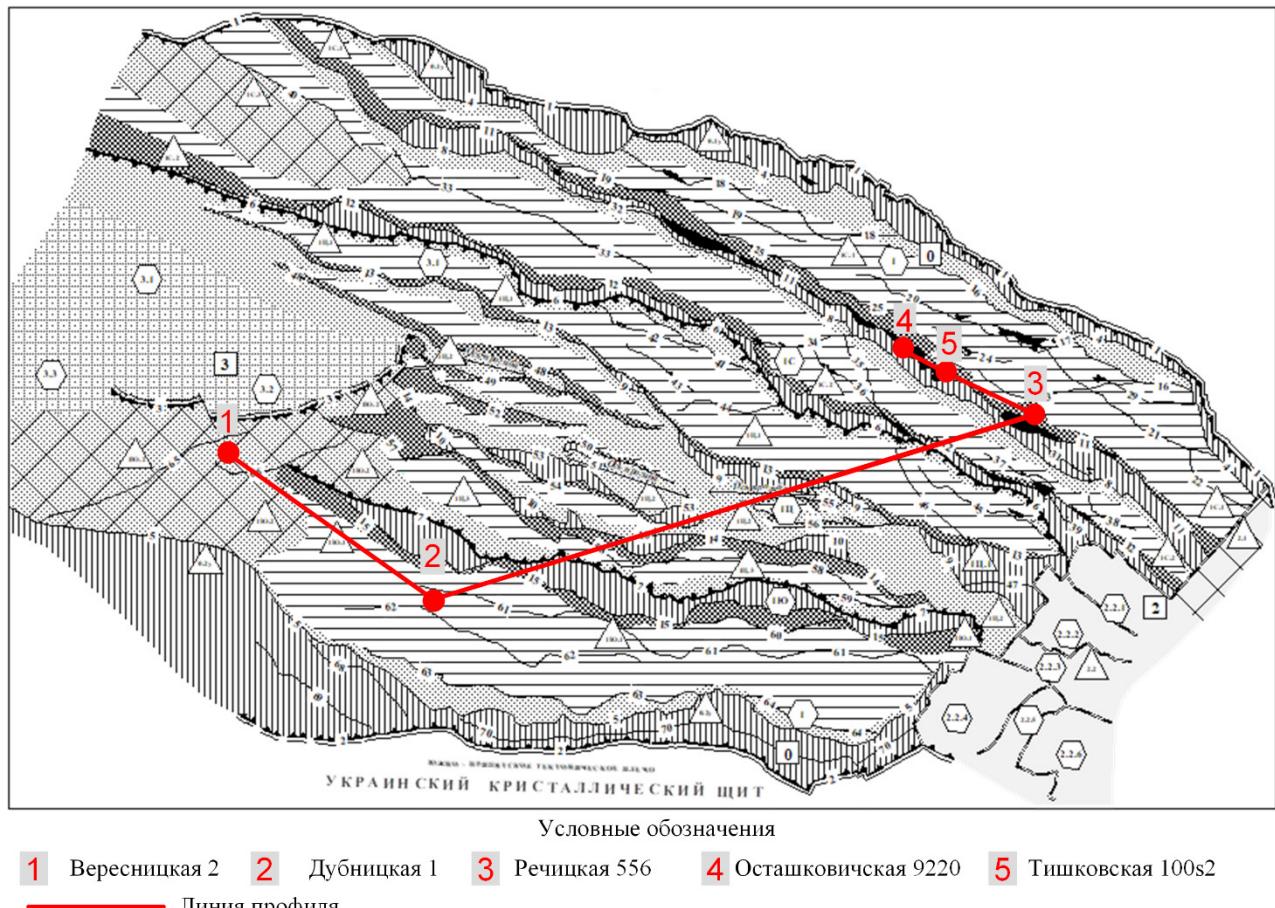


Рисунок 6 – Карта структурного районирования подсолевого комплекса Припятского прогиба для решения задач эффективного освоения ресурсов углеводородов (В. Н. Бескопыльный, Р. Е. Айзберг, Я. Г. Грибик, 2011)

В заключение стоит отметить, что максимальные изменения фильтрационно-емкостных свойств пород характерны для следующих литотипов: песчаник, песчаник с глинисто-доломитовым цементом, алевролит (табл. 4). Они же обладают наилучшими

ФЕС, здесь отмечаются максимальные значения открытой пористости, а также эффективных толщин. Остальные литотипы (ангидрит, глина, доломит) обладают низкими ФЕС и породами-коллекторами не являются.

Таблица 4 – Сводная характеристика зависимости фильтрационно-емкостных свойств от литотипов

Литотип	Горизонт	Пористость, %	Проницаемость, мД	Эффективные толщины, м
Песчаник	D ₂₋₃ ln	3,4–8	0,02–1,24	0–8,6
	D ₂ plc	6–15,9	0,249–6,286	0–22,5
Песчаник с глинисто-доломитовым цементом	D ₂₋₃ ln	4,153–5,106	1,106–15,57	0–0,7
	D ₂ plc	0,5–5,46	0,061–17,1	0–0,6
Алевролит	D ₂₋₃ ln	2,4–9,23	0,018–15,57	0–0,8
	D ₂ plc	0,141–21,62	0,032–8,01	0–2,5
Глина	D ₂₋₃ ln	4,35	–	–
	D ₂ plc	2,07–5,69	–	–
Доломит	D ₂₋₃ ln	0,27–0,93	0,01–0,03	–
	D ₂ plc	0,141–0,149	0,032–0,134	–
Ангидрит	D ₂₋₃ ln	0,29–0,55	0,02–4,22	–
	D ₂ plc	–	–	–

ВЫВОДЫ

1. Разработан комплексный подход к проведению лабораторных исследований и анализу полученных результатов для терригенных пород-коллекторов.

2. Проведение комплексного анализа ГИС, минералогических, литологических исследований по скважинам, вскрывающим терригенные нефтеносные отложения полоцко-ланского возраста, позволяет определить особенности строения толщи и выявить опорные интервалы, которые могут быть использованы в процессе корреляции пластов-коллекторов в качестве маркирующих.

3. В результате анализа геолого-геофизической информации по вышеуказанным скважинам выявлено 6 основных литотипов в отложениях полоцкого горизонта и ланского надгоризонта, что подтверждено результатами лабораторных исследований керна.

4. На основе полученных результатов исследований впервые выполнена количественная оценка (в процентах) минерального состава как терригенных, так и карбонатных, сульфатных пород полоц-

кого горизонта и ланского надгоризонта Припятского прогиба.

5. Впервые выявлены закономерности регионального распространения литотипов по разрезу и по площади.

6. На основе идентификации характерных слов и маркирующих горизонтов при сопоставлении отдельных разрезов друг с другом был составлен сводный литологический разрез полоцко-ланских отложений Северной и Южной структурно-тектонических зон Припятского прогиба.

7. Выполнен анализ изменения ФЕС относительно каждого выделенного литотипа. Породы-коллекторы полоцкого и ланского возраста характеризуются вариативностью ФЕС как по площади, так и по разрезу.

8. Для качественного выполнения геологоразведочных работ в пределах Припятской нефтегазоносной области необходимо дальнейшее всестороннее исследование терригенных пород-коллекторов посредством современных методик и оборудования на объектах РУП «ПО “Белоруснефть”».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Губина, А. И. Основы фациальной цикличности осадочных толщ по результатам геолого-геофизических исследований скважин / А. И. Губина. – Пермь : Пресстайл, 2015. – 271 с.
2. Дегтярев, Ф. В. Определение примесных компонентов в кварцевом песке для гидроразрыва пласта методом рентгеновской дифракции / Ф. В. Дегтярев, Д. А. Шенец // Современные проблемы машиноведения : сб. науч. тр. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т имени П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Тайзский ун-т (Йеменская Республика) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – Ч. 2. – С. 138–142.
3. Ковба, Л. М. Рентгенофазовый анализ / Л. М. Ковба, В. К. Трунов. – М. : МГУ, 1976. – 232 с.
4. Махнach, A. C. Вулканогенная формация верхнего протерозоя (венда) Белоруссии / A. C. Махнach, N. B. Веретенников. – Минск : Наука и техника, 1970. – 234 с.
5. Михалкина, О. Г. Применение метода рентгеновской дифракции для исследования керна и техногенных продуктов / О. Г. Михалкина // Вести газовой науки : науч.-техн. сб. – 2016. – С. 96–107.
6. Фролов, В. Т. Руководство к лабораторным занятиям по петрографии осадочных пород / В. Т. Фролов. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1964. – 310 с.
7. Э-плюс. Онлайн-журнал об энергетике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e-plus.media/ecology/krysha-iz-soli-i-pol-iz-vody-kak-priroda-stroit-dom-dlya-nefti-i-pochemu-uglevodorody-vse-taki-sezzhayut-iz-nego/>. – Дата доступа: 10.03.2025.
8. McPhee, C. Core Analysis: A Best Practice Guide / C. McPhee, J. Reed, I. Zubizarreta. – Elsevier BV, 2015. – Р. 1–5.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 27.08.2025

Рэцэнзент Г. Д. Стравіцьова

АСАБЛІВАСЦІ БУДОВЫ ПАДСОЛЕВЫХ ТЭРЫГЕННЫХ АДКЛАДАЎ ПОЛАЦКАГА ГАРЫЗОНТУ І ЛАНСКАГА НАДГАРЫЗОНТУ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ

Д. А. Шенец, А. В. Фурсевіч, Я. А. Напрэенка, Г. А. Ерашэнка

Беларускі навукова-даследчы і праектны інстытут нафты (БелНДПНафта)
вул. Кніжная, 156, 246003, Гомель, Беларусь
E-mail: d.a.shenets@beloil.by

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца адклады падсолевай тэрыгеннай тоўшчы (поляцкі гарызон і ланскі надгарызон) Паўночнай і Паўднёвой структурных зон Прыпяцкага прагіну. Па матэрыялах геофізічных даследаванняў свідравін, лабараторных даследаванняў керну было выканана дзяленне разрэзу поляцкіх і ланскіх адкладаў на літатыпы. Акрамя таго, быў праведзены аналіз фільтрацыйна-ёмістых уласцівасцей і мінеральнага складу літатыпаў на кернавых даных.

Аналіз вынікаў комплексных геофізічных (ГІС) і мінералагічных даследаванняў, а таксама вызначэння фільтрацыйнай-ёмістых уласцівасцей дазволіў вызначыць наяўнасць у адкладах поляцкага гарызонту і ланскага надгарызонту басноўных літатыпаў, якія адразніваюцца найперш па мінеральным складзе.

Зроблены вынікі аб наяўнасці ў поляцкім гарызонце і ланскім надгарызонце пачкаў парод-калектараў, якія назіраюцца ў рэгіянальным маштабе. Наяўнасць розных літатыпаў выявіла неабходнасць пабудовы мінеральнай і петрафізічнай мадэлі як асобных радовішчаў, так і ўсяго Прыпяцкага прагіну на далейшых этапах вывучэння вышэйзгаданых адкладаў.

Ключавыя слова: мінеральны склад, рэнтгенаўская дыфракцыя, літатып, керн, тэрыгенны калектар, фільтрацыйна-ёмістая ўласцівасці, эфектыўная таўшчына.

STRUCTURAL FEATURES OF SUBSALT TERRIGENOUS DEPOSITS OF THE POLOTSK HORIZON AND LAN SUPERHORIZON OF THE PRIPYAT TROUGH

D. Shenets, A. Fursevich, E. Napreenko, A. Eroshenko

Belarusian Scientific Research and Design Institute of Oil
15b Knizhnaya St, 246003, Gomel, Belarus
E-mail: d.a.shenets@beloil.by

The object of the study is the deposits of the subsalt terrigenous strata (Polotsk horizon and Lan superhorizon) of the Northern and Southern structural zones of the Pripyat trough. Based on the materials of geophysical studies of wells and laboratory core studies, the section of the Polotsk and Lan deposits was divided into lithotypes. In addition, the filtration-capacity properties and mineral composition of the lithotypes were analyzed based on core data.

The analysis of the results of complex geophysical (GIS) and mineralogical studies, as well as the determination of filtration-capacity properties, made it possible to establish the presence of 6 main lithotypes in the sediments of the Polotsk horizon and Lan superhorizon, differing primarily in their mineral composition.

Conclusions are drawn about the presence of reservoir rock packs in the Polotsk horizon and Lan superhorizon, which can be traced on a regional scale. The presence of various lithotypes has revealed the need to build mineral and petrophysical models of both individual deposits and the entire Pripyat trough at further stages of studying the above-mentioned deposits.

Keywords: mineral composition, X-ray diffraction, lithotype, core, terrigenous reservoir, filtration-capacity properties, effective thickness.

UDC 563.3
<https://doi.org/10.65207/1680-2373-2025-2-32-39>

CORAL BIOSTROMES OF THE UPPER FRASNIAN VORONEZH FORMATION OF THE PRYPIAT TROUGH (BELARUS)

Yu. Zaika

State Enterprise "GEOSERVICE"
53 Yanki Maura St, 220015, Minsk, Belarus
E-mail: cyrtophyllum@gmail.com

This article presents a schematic model of zoogenic sedimentary deposits common in the Voronezh Formation (Upper Frasnian, Upper Devonian) of the Prypiat Trough. Layered carbonate bodies, in which limestone intervals with abundant ramose Tabulate and fasciculate Rugose corals alternate with intervals devoid of coral remains, represent them. These structures are considered multilayered coral biostromes. Certain features of the deposits and the preservation of coral skeletons within them indicate an active sedimentation environment, particularly the influence of hydrodynamic and, likely, seismic factors. It is suggested that the multilayered biostromes may have been confined to active fault zones of the Voronezh time.

Keywords: subframework coral bank, multilayered coral biostrome, Tabulata, Rugosa, Upper Frasnian, Devonian, Prypiat Trough.

INTRODUCTION

Carbonate sedimentary formations in which rock-forming organisms play an important role are of considerable interest in the Upper Devonian of the Prypiat Trough (southeastern Belarus), both for biostratigraphic purposes and in terms of their potential reservoir properties. They have been studied with varying detail, and the least studied are the zoogenic deposits of the Frasnian Stage. This topic is the subject of this article, which partially complements and expands on the rather brief information provided by previous authors.

According to Makhnach et al. [1], zoogenic sedimentary bodies were uncovered by drilling in the Upper Frasnian Voronezh Formation in the Prypiat Trough, the main rock-forming organisms in which are corals. They were confined mainly to the lower part of the Voronezh Formation. Their most common varieties were characterized as "subframework banks" and "multilayered biostromes", formed under conditions of seabed transformation caused by early rift processes during the formation of the Prypiat Trough.

The deposits of the subframework banks contain accumulations of ramose and fasciculate Rugose and Tabulate corals, which generally remain isolated and do not form a coherent framework. This does not allow the term "coral buildups" to be fully applied to these formations.

The multilayered biostromes are represented by vertical alternation of probably the same subframework

coral banks, forming up to seven or more intervals up to 0,5 m thick each, separated by "empty" limestone intervals without coral skeletons [1]. The incompleteness of the borehole core recovery does not allow an exact assessment of the thickness of the biostromes; apparently it reached a maximum of a few meters. It is also difficult to estimate their horizontal dimensions.

The study of this type of organogenic deposits based on core materials allowed the author to supplement the knowledge of rock-forming organisms, paleoecology and the structure of coral communities of the Voronezh time.

MATERIAL AND METHODS

The studied material comes from the boreholes Khobninskaya-3R, Khobninskaya-4R, Barovichskaya-1, Marmovichskaya-1, Karpovichskaya-1 and Prudokskaya-1, drilled in the central and northern parts of the Prypiat Trough (South East of Belarus). The core material obtained in previous decades has only partially survived to the present day, so studying the entire sequence of cores from these wells is no longer possible.

The available core samples were studied mainly on their longitudinal sections. To improve visibility, the sections were polished and coated with varnish.

A rough estimate of the ratio of the volume of coral skeletons to the total volume of the enclosing cores is based on measuring the cross-sectional area of the coral skeletons relative to the total longitudinal cross-sectional area of the cores.

RESULTS OF THE STUDY

Brief description of the deposits. The deposits are represented by bluish- and greenish-gray clayey limestone and brown dolomitized limestone. They usually have a “lumpy” texture and sporadically contain inclusions of bituminous argillaceous material. Some samples consist of dark-gray argillite-like bituminous limestone with foliated texture.

The limestones are characterized by numerous skeletons of fasciculate and ramosa corals: Rugosa (0,4–0,6 cm in diameter), and Tabulata: *Alveolitella* (up to 0,5–1,5 cm in diameter) and *Aulopora*. The latter are both scattered in the sediment as well as overgrow the skeletons of other corals. Corals altogether make up a maximum of 35 % of the core volume (as measured on the cross-sectional area of the corals on borehole core sections). Among them Rugose corals predominate.

The sediment matrix consists of micritic material with scattered remains of invertebrate skeletons. Debris also forms lenses and other accumulations, in which fragments of brachiopods and other shell fauna are distinguishable. Comparatively complete brachiopods also occur.

In general, the limestone is classified as floatstone and bafflestone (*sensu* [2] and [5]). The latter term is used because the corals do not grow together to form a solid framework, so the term “framestone” is not entirely appropriate.

Rock-forming organisms. The prevailing faunal component is Rugose corals, represented mainly by *Peneckiella minima* (Roemer), *P. fascicularia* (Soshkina) and *P. jevlanensis* Soshkina (plate 1, figs. 1–9). Systematic position of one more representative of the Rugose corals, previously conditionally attributed to *Ivdelephyllum* sp. [6], will be clarified in another publication.

In the subframework coral banks, Rugose corals appear to form clusters consisting predominantly of one species.

Among Tabulata, *Alveolitella fecunda* (Salée) (plate 1, figs. 2, 5) and *Aulopora* sp. (plate 1, figs. 7, 9) are identified. *Alveolitella* colonies are represented by sparsely branched and unbranched subcylindrical coralla of comparatively small size.

Aulopora corals are an abundant component of the considered biostromal coral community. They are attached to detrital particles and grow onto surfaces of Rugose and *Alveolitella* corals. In addition, a scattered presence of *Aulopora* in the sediment is characteristic: these are probably microcolonies consisting of several corallites attached to small particles of debris, as well as sparse chains of corallites spreading along the

surface of the soft bottom. *Aulopora* overgrowing corallites of Rugosa in some cases forms *Mastopora*-like pseudocolonies up to 0,7 cm in diameter (plate 1, fig. 7). Apparently, the *Aulopora* from the studied core samples is represented by a single species, which is highly variable. It is not certain whether it belongs to any of the already known *Aulopora* species.

Overturned *Alveolitella* and Rugose corals oriented in different directions dominate the studied core samples. This is especially noticeable by the variable orientation of the long axes of *Peneckiella* and “*Ivdelephyllum*” corallites. Together with the lumpy texture of the limestone, this may indicate increased activity of the environment. Makhnach and al. [1] expressed a similar opinion. The cited research also indicates that in the subframework banks of the Voronezh Formation, the proportion of coral skeletons preserved in life position does not exceed 25 %. Nevertheless, there are core samples with all corals in life positions as well (plate 1, fig. 4). The small size of the corallites of such corals, however, indicates a short duration of episodes of stable conditions. The influence of active hydrodynamics may be evidenced by accumulations of skeletal debris (plate 1, fig. 6), the occurrence of which is explained by water sorting.

The effect of the seismic factor on the sedimentation conditions, which could be associated with processes of formation of the Prypiat Trough, cannot be ruled out as well. This factor is considered as one of the possible reasons for the observed inverted occurrence of coral skeletons in the sediment. The probable seismic impact may also be indicated by the “suspended” in the sediment occurrence of coral skeletons oriented in all directions. Such an occurrence could have arisen because of liquefaction of the sediment.

Depositional environment and facies. The relatively small size of corals and their prevailing overturned occurrence indicates their short lifespan in unstable conditions. Inclusions of coral-bearing limestone embedded in foliated bituminous limestone (plate 1, fig. 1) – apparently, displaced fragments of coral biostromes – are a possible sign of sediment slumping or sediment removal from relatively elevated areas occupied by biostromes. The cause of this could be either hydrodynamic or seismic, or both. Significant hydrodynamic activity is also indicated by oriented arrangement of isolated brachiopod valves in bituminous limestone (plate 1, fig. 1) (according to [4]). The listed features probably denote frequent and irregular sediment supply, its removal from protruding areas of the bottom, and the stirring up of the settled material. The preceding authors [1; 3] have already made some of these assumptions.

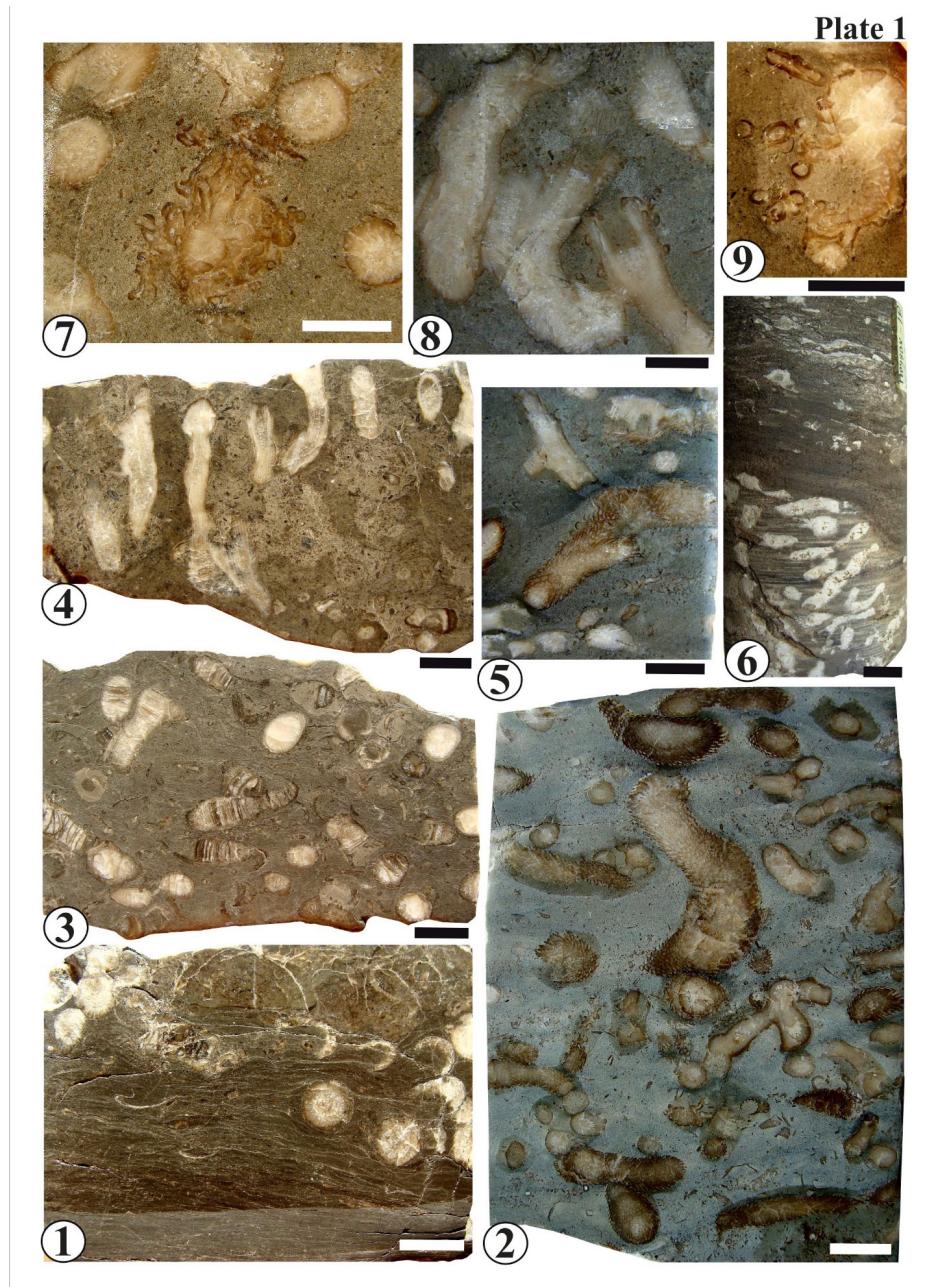


Plate 1 – Drill core material of the subframework coral banks of the Upper Frasnian Voronezh Formation (Prypiat Trough, South East of Belarus)

1 – Foliated bituminous limestone with inclusions of fine-detrital limestone, overturned corallites of *Peneckiella fascicularia* (Soshkina) deforming the sediment foliation and enveloped by it, and brachiopod valves oriented parallel to the foliation (left central part of the figure), Karpovichskaya-1 borehole, depth 4624–4630 m. 2 – Clayey micritic limestone with skeletal detritus accumulations, with *Alveolitella fecunda* (Salée), *Aulopora* sp. and *Peneckiella minima* (Roemer), Khobninskaya-3R borehole, depth 3223–3225 m. 3 – Clayey limestone with scattered skeletal detritus, with *Peneckiella jevlanensis* Soshkina and *Aulopora* sp., Marmovichskaya-1 borehole, depth 3910–3923,5 m. 4 – Fine-detrital limestone with *Peneckiella fascicularia* (Soshkina) (Rugosa) in life position, Marmovichskaya-1 borehole, depth 3896–3910 m. 5 – Clayey micritic limestone with skeletal detritus accumulations, with *Alveolitella fecunda* (Salée) and *Aulopora* sp. attached to it (central part of the figure), *Peneckiella minima* (Roemer) overgrown by the lamellar form of *Alveolitella fecunda* (Salée) (upper part of the figure), Khobninskaya-4R borehole, depth 3378–3393 m. 6 – Dolomitized argillaceous limestone, in the lower part – lumpy limestone with Rugosa enveloped by thin-layered limestone in the center of the core sample, accumulation of skeletal detritus and scattered *Aulopora* sp. in the upper part of the core sample, Prudokskaya-1R borehole, depth 4119–4145 m. 7 – *Aulopora* sp. on Rugosa corallite, Khobninskaya-4R borehole, depth 3378–3393 m. 8 – Longitudinal section of Rugosa corallum and a Rugosa corallite with *Aulopora* sp. on the surface of its calice, Khobninskaya-4R borehole, depth 3378–3393 m. 9 – *Aulopora* sp. pseudocolony on Rugosa corallite, Barovichskaya-R1 borehole, depth 1524–1528 m. 1–5, 7–9 – Longitudinal sections of cores, 6 – external surface of core sample. Scale bars: 1,0 cm (1–6), 0,5 cm (7–9).

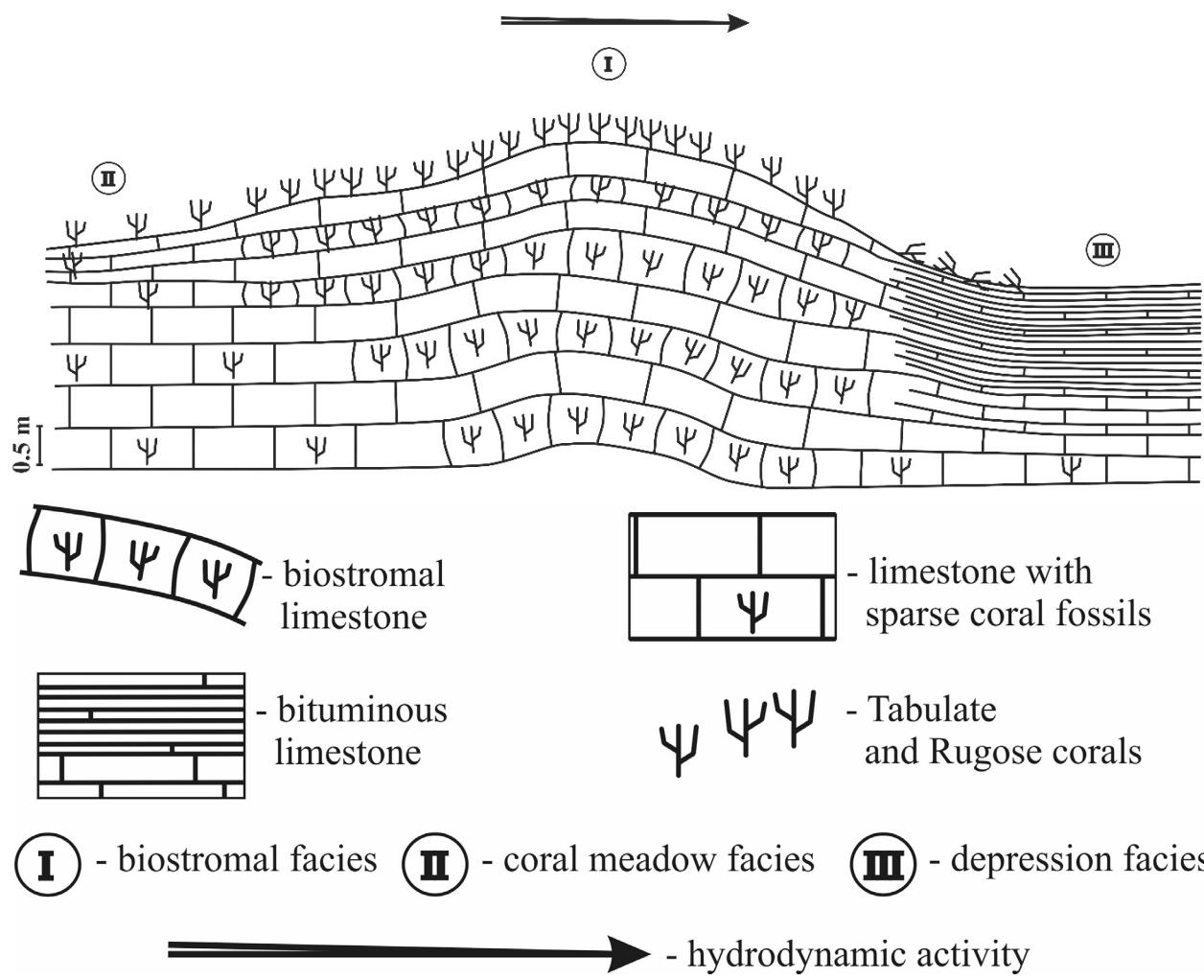
Thus, a typical “multilayered coral biostrome” is a layered sedimentary body composed of coral-bearing bands alternating with intervals of sediment where corals are lacking. Such a layered formation reflects the discontinuity of sedimentation and periodic alterations in its intensity.

Apparently, in a subframework coral bank fasciculate and ramosa Rugosa and Tabulata formed dense thicket-like populations that fixed the accumulating sediment. This could have led to the formation of a small elevation due to the development of new coral individuals on the retained accumulations. With the influx of large amounts of sediment or with its acceleration, the coral populations could have been partially or completely buried. Subsequently, this relatively elevated area of the bottom, fixed by

the skeletons of corals, served as a place for their new settlement and formation of a new subframework coral bank.

Previously, a community type of the “coral meadow” was indicated from the Voronezh Formation of the Prypiat Trough [6]. These were comparatively sparse coral populations, consisting mostly of *Aulocystis tikhyi* Sokolov (Tabulata) and several species of *Peneckiella* (Rugosa). Apparently, in suitable conditions, the coral meadows could transition into the subframework coral banks. It is characteristic that *Alveolitella fecunda* (Salée) is confined specifically to coral biostromes, and not to coral meadows.

Text-figure 1 shows a schematic representation of the proposed model of the multilayered coral biostrome of the Voronezh Formation.



Text-figure 1 – Hypothetical schematic section of a multilayered coral biostrome

Taking into account the above data, it is possible to assume the occurrence of the following three facies associated with coral biostromes in the Prypiat Trough during the Voronezh time.

I – coral biostrome facies: massive and argillaceous detrital limestones with lumping textures, with a large number of fasciculate Rugose, ramosa and auloporoid Tabulate corals. Coral thickets trapped the accumulating

sediment, probably creating a slight rise above the bottom.

II – coral meadow facies: clayey limestones with detrital inclusions, with comparatively sparse fasciculate Rugosa and with Auloporids (Tabulata).

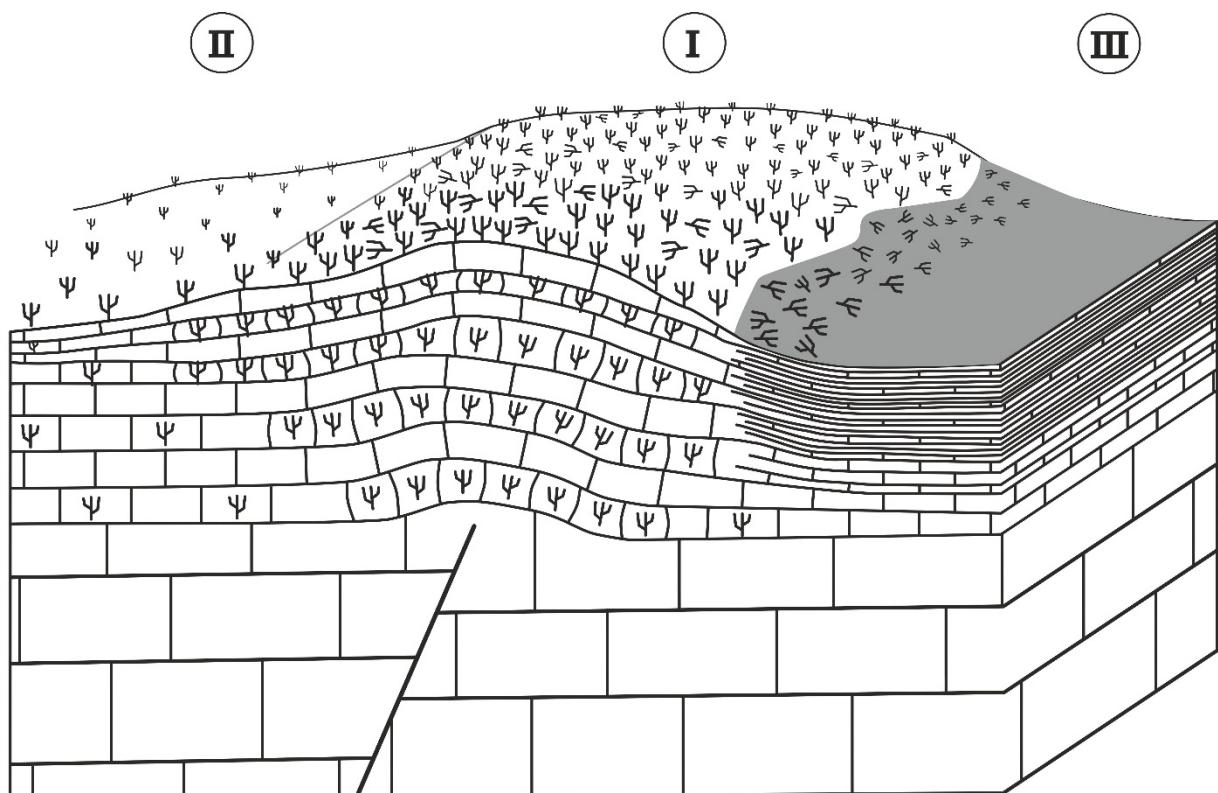
III – depression facies: bituminous argillaceous carbonate deposits with inclusions of reworked limestone fragments and corals, probably removed from adjacent coral biostromes. The supposed proximity of this facies to biostromes may be not only spatial, but also genetic. Namely, the coral thicket could retain larger sediment particles, while the smallest fraction accumulated in the adjacent depression.

This reconstruction of the facies sequence is largely tentative, since it is based on the study of discrete borehole material. It also remains unclear what was the initial cause of the formation of the biostromes, and what the initial stage of their growth looked like.

When considering the answers to these questions, the following assumptions can be made. It is quite possible that the coral banks, which hardly projected significantly above the bottom level, could not create an effective filter by which the bituminous deposits of the depression facies (III) could separate and accumulate.

However, coral banks, confined to an existing bottom elevation initially expressed to a sufficient degree in the bottom relief, could have become such a filter. Coral thickets on this elevation could have captured organic detritus and soil particles carried by water, passing only the finest suspension further. This suspension, including organic matter, settled in the depression of the bottom, where bituminous carbonate sediment was formed behind the coral biostrome.

Considering the active processes of transformation of the bottom relief at the early phase of rifting in the Prypiat Trough, such a supposed elevation could be confined to a fault zone (text-fig. 2). In this case, the vertical alternation of coral bands with intervals of “empty” sediment could reflect vertical movements of the bottom of a tectonic nature. The activation of this section of the bottom, accompanied by seismic events, led to the disturbance of the sediment and the cessation of the existence of a coral bank. The overturning of coral skeletons and the burial of the coral bank under the “empty” sediment accompanied this. A subsequent rise in the sea floor or the onset of a relatively stable episode created the opportunity for the development of a new coral bank.



Text-figure 2 – Proposed structure and confinement of the multilayered coral biostrome (schematic reconstruction). Legend: see text-figure 1

Further study of more material should show how close this version is to reality. If this hypothesis is correct, then the coral biostromes and subframework coral banks described above could have had a significant spatial extent, possibly measured in kilometers. This scale is indirectly evidenced by previously published indications of the “reefogenic” nature of the deposits to which the largest oil fields in the Voronezh Formation of the Prypiat Trough are confined [1].

CONCLUSIONS

The impossibility of making direct observations of the objects under study makes all conclusions to a certain extent conditional. The studied deposits in the Prypiat Trough occur at a depth of several kilometers and can only be reached by boreholes.

It should be assumed that the occurrence of massive coral framework structures in the Upper Frasnian Voronezh Formation of the Prypiat Trough is unlikely, which is due to the sedimentation environment. Instead, multilayered zoogenic sedimentary bodies were formed, in which the rock-forming significance belongs to fasciculate Rugose and ramose Tabulate corals. These bodies could have arisen as a result of the rhythmic development of dense coral thickets.

It is not possible to accurately estimate their size and shape based on the available discrete core materials. Supposedly, such sedimentary structures could reach several meters in thickness, while the thickness of a single coral band is several tens of centimeters. If, as can only be speculated for now, such biostromes were

confined to active faults, they could extend over rather large distances.

The study of the multilayered coral biostromes, in addition to its significance for the reconstruction of the paleogeographic environment and its dynamics in the Prypiat Trough, is of interest for several practical reasons.

First, they are a convenient biostratigraphic indicator of the lower part of the Voronezh Formation, since they differ significantly both from the coral-stromatoporoid buildups of the underlying Semiluki Formation [6] as well as from sparse coral settlements occurring in the upper part of the Voronezh Formation [1].

In addition, multilayered coral biostromes, subject to postsedimentary dolomitization, leaching and fracturing, are potential reservoir rocks. Considering that coral skeletons are subject to selective leaching, the host rock can acquire significant porosity. This is confirmed by previous indications on confinement of oil deposits in the Voronezh Formation to the “reefogenic strata” [1]. Therefore, the macroscopic voidage associated with leached coral skeletons in biostromal rocks can reach high values. These characteristics require further study.

Acknowledgments. The author expresses sincere gratitude to Sviatlana U. Dziamidava, PhD, Anna M. Bubnova, PhD, and Palina A. Sakharuk (Institute of Geology of the Science and Production Centre of Geology, Minsk, Belarus), Dmitry P. Plax, PhD (Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus) and to Dr. Robert B. Blodgett (consulting geologist, Anchorage, Alaska, USA) for their valuable help and useful suggestions.

REFERENCES

1. Devonian organogenic buildups of Belarus / A. Makhnach [et al.]. – Minsk : Nauka i tekhnika, 1984. – 236 p. (in Russian).
2. Embry, A. A Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island, NWT / A. Embry, J. Klovan // Bulletin of Canadian Petroleum Geology. – 1971. – № 19. – P. 730–781.
3. Geology of the USSR. Vol. III. Byelorussian SSR [Geologiya SSSR. T. 3. Byelorusskaya SSR] / P. Leonovich [et al.]. – M. : Nedra, 1971. – 456 p. (in Russian).
4. Lahee, F. Field Geology / F. Lahee. – M. : Mir, 1966. – Vol. 1. – 481 p.
5. Lokier, S. The petrographic description of carbonate facies: are we all speaking the same language? / S. Lokier, M. Junaibi // Sedimentology. – 2016. – № 63 (7). – P. 1843–1885.
6. Zaika, Yu. Upper Devonian (Frasnian) Corals (Anthozoa) of Belarus. Part 1: Systematic composition, Stratigraphic distribution, Palaeoecology / Yu. Zaika, S. Kruchak // Litasfera. – 2008. – № 2 (29). – P. 49–60 (in Belarusian).

КАРАЛАВЫЯ БІЯСТРОМЫ ВАРОНЕЖСКАГА ГАРЫЗОНТУ (ВЕРХНІ ФРАН) У ПРЫПЯЦКІМ ПРАГІНЕ (БЕЛАРУСЬ)

Ю. У. Заіка

Дзяржаўнае прадпрыемства «ГЕАСЕРВІС»,
вул. Янкі Маўра, 53, 220015, Мінск, Беларусь
E-mail: cyrtophyllum@gmail.com

Верхнедэвонскія карбанатныя адклады Прывіцкага прагіну, сфарміраваныя з узделам арганізмаў-пародаўтваральнікаў, выклікаючы цікавасць не толькі ў сувязі з іх біястратыграфічным значэннем, але і як патэнцыяльныя пароды-калеектары. Гэтыя адклады вывучаны з неаднолькавай дэталёвасцю: заагенныя пабудовы франскага яруса сярод іх даследаваны ў найменшай ступені. У артыкуле пропануецца схематычнае мадэль заагенных асадкавых утварэнняў, пашыраных у варонежскім гарызонце (верхні пад'ярус франскага яруса) Прывіцкага прагіну. Яны прадстаўлены пласцістымі карбанатнымі целамі, у якіх інтэрвалы парод, перапоўненыя караламі – галінчатаўмі *Tabulata* і кусцістымі *Rugosa*, чаргуюцца з інтэрваламі без рэшткаў каралаў. Карапавыя інтэрвалы – гэта ўтварэнні субкаркасных банак, у якіх шкілеты каралаў не зрастаюцца паміж сабой у такой ступені, каб сфарміраваць суцэльныя працяглыя каркасы. Карапавыя шкілеты складаюць да 35 % ад агульнага аб'ёму пароды, што сведчыць пра іх істотны ўздел у якасці пародаўтваральнікаў. У сукупнасці субкаркасныя банкі, якія паўтараюцца ў разрэзе адна над адной, раздзеленыя інтэрваламі пустых вапнякоў, складаюць шматпластавыя карапавыя біястромы. Субкаркасныя банкі былі ўтвораны біяцэнозамі карапавых зарасцей. Большасць каралаў у субкаркасных банках належыць да радоў *Peneckiella* (*Rugosa*), *Alveolitella* і *Aulopora* (*Tabulata*). Некаторыя асаблівасці будовы адкладаў і захаванасці ў іх карапавых шкілетаў даюць падставы для вывадаў аб істотнай актыўнасці асяроддзя асадкавання, у прыватнасці, аб уплыве гідрадынамічнага і, верагодна, сейсмічнага фактараў. Карапавыя шкілеты маюць паўнайна невялікія памеры і ў пераважнай большасці знаходзяцца ў перакуленым стане, што ўказвае на зменлівасць і нестабільнасць асяроддзя. Выказваецца гіпотэза аб магчымай прымеркаванасці шматпластавых біястромаў да ўчасткаў актыўных разломаў варонежскага часу. З'яўленне і спыненне існавання кожнай чарговай карапавай банкі (карапавага пласта ў шматпластавым біястроме) магло быць звязана з чаргаваннем эпізодаў разломнай актыўізацыі і прамежкаў часу з адносна стабільнымі ўмовамі. Тэарэтычна такія біястромы маглі распасцірацца на вялікія адлегласці. У захаванасці ад асаблівасцей дна, біястромы межавалі з біяцэнозамі карапавых лугоў (паўнайна разрэджаныя папуляцыі каралаў), а таксама з участкамі дэпрэсій – паніжэннямі, у якіх акумуляваліся глеістыя бітумінозныя асадкі, дзе сустракаюцца пераадкладзенія рэшткі каралаў, знесеныя з карапавых банак. Своеасаблівасць карапавых адкладаў варонежскага гарызонту робіць іх маркёрам пэўнага прамежку эвалюцыі Прывіцкага прагіну і, адпаведна, зручным біястратыграфічным індыкаторам. У выпадках другаснай даламітызацыі, з якой нярэдка звязана высокая порыстасць і кавернознасць парод, такія адклады могуць уяўляць сабой натуральныя калектары для вуглевадародаў, вады, расолаў і інш. Рэканструкцыя карапавых банак і шматпластавых біястромаў, а таксама іншых карапавых біяфацый з улікам глыбокага залягання адкладаў ускладняеца дыскрэтнасцю кернавых матэрыялаў, непаўнатаў выхаду керну, знічэннем керну старых свідравін. Па гэтых прычынах для ўдасканалення ведаў аб памерах і будове шматпластавых біястромаў, складзе арганізмаў-пародаўтваральнікаў, выяўлення заканамернасцей іх прасторавага пашырэння і высвялення іх практычнага значэння неабходны дадатковыя матэрыялы свідравання.

Ключавыя слова: субкаркасныя карапавыя банкі, шматпластавыя карапавыя біястромы, табуляты, ругозы, верхненефранскі пад'ярус, дэвон, Прывіцкі прагін.

КОРАЛЛОВЫЕ БИОСТРОМЫ ВОРОНЕЖСКОГО ГОРИЗОНТА (ВЕРХНИЙ ФРАН) ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА (БЕЛАРУСЬ)

Ю. В. Заика

Государственное предприятие «ГЕОСЕРВИС»,
ул. Янки Мавра, 53, 220015, Минск, Беларусь
E-mail: cyrtophyllum@gmail.com

Верхнедевонские карбонатные отложения Припятского прогиба, сформированные с участием организмов-породообразователей, вызывают интерес не только в связи с их биостратиграфическим значением, но и как потенциальные породы-коллекторы. Эти отложения изучены с неодинаковой детальностью: зоогенные постройки франского яруса среди них исследованы в наименьшей степени. В статье предлагается схематическая модель зоогенных осадочных образований, распространенных в воронежском горизонте (верхний подъярус франского яруса) Припятского прогиба. Они представлены слоистыми карбонатными телами, в которых интервалы пород, переполненные кораллами – ветвистыми *Tabulata* и кустистыми *Rugosa*, чередуются с интервалами без остатков кораллов. Коралловые интервалы – это образования субкаркасных коралловых банок, где скелеты кораллов не срастаются между собой в такой степени, чтобы сформировать целостные протяженные каркасы. Коралловые скелеты составляют до 35 % от общего объема породы, что свидетельствует об их большом значении в качестве организмов-породообразователей. В совокупности субкаркасные коралловые банки, которые повторяются в разрезе одна над другой, разделенные интервалами пустых известняков, составляют многослойные коралловые биостромы. Субкаркасные коралловые банки были образованы биоценозами коралловых зарослей. Большинство кораллов в субкаркасных банках составляют представители родов *Peneckiella* (*Rugosa*), *Alveolitella* и *Alveopora* (*Tabulata*). Некоторые особенности отложений и сохранности в них коралловых скелетов дают основания для выводов о существенной активности среды осадконакопления, в частности, о влиянии гидродинамического и, вероятно, сейсмического факторов. Коралловые скелеты имеют сравнительно небольшие размеры и преимущественно залегают в перевернутом состоянии, что указывает на изменчивость и нестабильность среды. Высказывается гипотеза о возможной приуроченности многослойных биостромов к участкам активных разломов воронежского времени. Возникновение и прекращение существования каждой очередной коралловой банки (кораллового пласта в многослойном биостроме) могло быть связано с чередованием эпизодов разломной активизации и промежутков времени с относительно стабильными условиями. Теоретически такие биостромы могли простираться на большие расстояния. В зависимости от особенностей дна, биостромы граничили с биоценозами коралловых лугов (сравнительно разреженные популяции кораллов), а также с участками депрессий, где встречаются переотложенные остатки кораллов, снесенные с коралловых банок. Своеобразие коралловых отложений воронежского горизонта делает их маркером определенного промежутка эволюции Припятского прогиба, и, соответственно, удобным биостратиграфическим индикатором. В случае вторичной доломитизации, с которой нередко связана высокая пористость и кавернозность пород, такие отложения могут представлять собой природные коллекторы углеводородов, воды, рассолов и т. д. Реконструкция коралловых банок и многослойных биостромов, а также других коралловых биофаций с учетом глубокого залегания отложений осложняется дискретностью керновых материалов, неполнотой выхода керна, уничтожением керна старых скважин. По этим причинам для усовершенствования знаний о размерах и строении многослойных биостромов, составе организмов-породообразователей, выявления пространственных закономерностей их распространения и выяснения их практического значения необходимы дополнительные материалы бурения.

Ключевые слова: субкаркасные коралловые банки, многослойные коралловые биостромы, табуляты, ругозы, верхнефранский подъярус, девон, Припятский прогиб.

УДК 551.24+550.834+553.98 (476)
<https://doi.org/10.65207/1680-2373-2025-2-40-59>

О ВОЗМОЖНОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Р. Э. Гирин, Я. Г. Грибик

Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь
E-mail: girinrobert@gmail.com; yaroslavgribik@tut.by

Исследована взаимосвязь между геотермическими условиями, качеством нефти Припятского прогиба и геодинамикой его развития. Установлено, что большая часть залежей нефти с лучшим качеством приурочены к Северному структурному району, в пределах которого наблюдается максимальный тепловой поток на площади Припятского палеорифта. Показано, что повышение геотермических условий данного района обусловлено, во-первых, повышенным конвективным тепломассопереносом в расположеннном здесь коровом сегменте детачмента (главного срыва) Припятского прогиба. Во-вторых, кондуктивным остыванием эфузивных пород чехла и консолидированной коры, вмещающей большой объем интрузивных тел позднедевонского магматизма. Значительное проявление магматизма в северо-восточной части прогиба было обусловлено активными плюм-тектоническими процессами, сгенерированными головной частью Западно-Днепровской рифтовой «подушки» Днепровского грабена в период максимального растяжения литосферы. Тектонически это привело к образованию здесь глубокого Припятско-Днепровского седиментационного прорыва. Припятский рифтогенез развивался благодаря пластическому растяжению нижней консолидированной коры с одновременным утонением ее верхней и средней части вследствие хрупкого растяжения. Сильная резистентность к растяжению нижней, кислой по составу коры Коростенского plutона, подстилающей Южный структурный район, и повышенная пластичность основной-ультраосновной нижней коры Центрального и Северного структурных районов, обусловили асимметричное развитие Припятского рифта с формированием шейки растяжения, системы листрических сбросов и сквозьлитосферного детачмента. Верхнемантийный сегмент зоны детачмента и ее разветвления в коре Северного структурного района в форме листрических разломов служили главнейшими каналами интенсивного переноса тепла и мантийных углеводородсодержащих флюидов в осадочную часть Припятского прогиба, благоприятствуя формированию здесь высокого теплового потока и нефтяных залежей.

Ключевые слова: Припятский прогиб, нефтеносность, тепловой поток, качество нефти, Коростенский plutон, геодинамика рифтогенеза, шейка растяжения, листрические разломы, детачмент, мантийные углеводородсодержащие флюиды.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Припятском прогибе обнаружено 96 нефтяных месторождений, сосредоточенных в 370 залежах. Нефтяные залежи приурочены в основном к подсолевым (преимущественно карбонатным) и межсолевым отложениям. Одной из важных характерных особенностей нефтеносности Припятского прогиба является приуроченность большинства его нефтяных месторождений к Северному структурному району (Северная зона ступеней) в отличие от Центрального и Южного структурных районов этого прогиба, где степень геолого-геофизической изученности несколько ниже.

При этом в Центральном структурном районе Припятского прогиба установлено всего десять месторождений, а в Южном структурном районе одно

месторождение нефти и ее единичные непромышленные притоки на четырех площадях. Вместе с тем давно было замечено, что большое количество обнаруженных месторождений нефти на территории Северного структурного района Припятского прогиба и высокое качество этой нефти тесно коррелируют с повышенными геотермическими условиями на этой территории, тогда как Южный и Центральный структурные районы данного прогиба характеризуются сравнительно пониженным тепловым потоком, меньшим количеством открытых нефтяных залежей и более низким качеством нефти. В предшествующий полувековой период изучения и промышленного освоения углеводородов в Припятском прогибе такое распределение нефтеносности объяснялось нефтегенерационными геохимическими преобразованиями. Целью настоящей статьи является

развитие нашей гипотезы, объясняющей и обосновывающей эту установленную тесную связь между повышенным тепловым потоком, распределением нефтяных месторождений и качеством нефти Припятского прогиба на основе геодинамической модели формирования Припятского рифта [11].

Для данного анализа использована схема тектонического районирования по поверхности фундамента и подсолевого комплекса Припятского прогиба, составленная ранее. В настоящее время при проектировании производственных и научных исследований используется обновленный вариант карты нефтегеологического районирования по подсолевому и межсолевому комплексам [4]. Однако в данной статье использован предшествующий вариант тектонического районирования [29], поскольку в используемых в настоящий период картах остались без внимания некоторые элементы поперечных и доплатформенных тектонических структур, что весьма существенно при анализе геологического строения земной коры палеорифта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Для построения геодинамической модели были использованы данные глубинных

сейсмических зондирований корреляционным методом преломленных волн (ГСЗ КМПВ) вдоль международного профиля EUROBRIDGE-97 и данные глубинных сейсмических зондирований методом отраженных волн, методом общей глубинной точки (ГСЗ МОГТ) вдоль профиля VIII, которые пересекают Припятский прогиб в поперечном к его простиранию направлении (рис. 1). В процессе построения данной модели выяснилась важная тектоническая роль гигантского протерозойского Коростенского плутона Украинского щита в формировании асимметричной структуры земной коры Припятского рифта. На основании результатов изучения литосферы Припятского прогиба преломленными и отраженными волнами была построена обобщенная сейсмическая модель его глубинного строения, в которой четко выделяется зона сквозьлитосферного детачмента (главного срыва), образовавшаяся при формировании Припятского рифта. Показана роль зоны детачмента в формировании на территории его Северного структурного района повышенного теплового потока, большого количества нефтяных месторождений и высокого качества нефти (рис. 1).

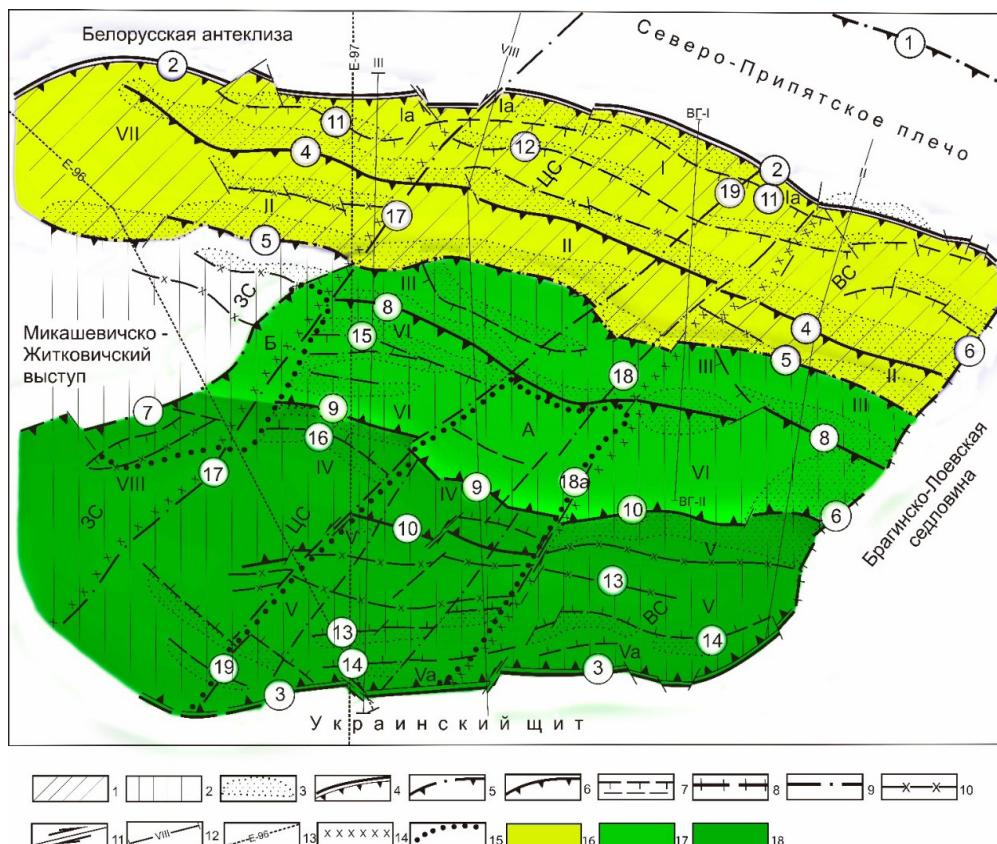


Рисунок 1 – Схема тектонического районирования поверхности фундамента и подсолевого структурного этажа Припятского прогиба (авторы Р. Е. Айзберг, Р. Г. Гарецкий, С. В. Клущин, З. Л. Познякевич [29] с дополнением Р. Е. Айзберга и Т. А. Старчик [3]):

Продольные тектонические элементы: 1 – Северная зона ступеней (структурный район), 2 – Внутренний грабен (Центральный и Южный структурные районы); структуры второго порядка: I – Речико-Шатилковская, II – Червонослободско-Малодушинская, III – Зареченско-Великоборская, IV – Шестовичко-Сколодинская, V – Наровлянско-Ельская тектонические ступени, VI – Петриковско-Хойникская зона осевых погруженных выступов и периклиналей, VII – Старобинская центриклинальная депрессия, VIII – Туровская центриклинальная депрессия; 3 – структуры третьего порядка – зоны приразломных поднятий; внепорядковые структуры: Ia – Северная зона бортовых уступов; Va – Южная зона бортовых уступов. *Поперечные тектонические элементы:* ЗС – Западный сегмент, ЦС – Центральный сегмент, ВС – Восточный сегмент; зоны мозаичных поднятий: А – Дубровско-Валавская, Б – Примикашевичская. *Разломы:* 4 – суперрегиональные, 5 – региональные, 6 – субрегиональные, 7 – прочие, 8 – глубинный разлом, ограничивающий Припятский грабен на востоке, 9 – разломы доплатформенные, отражающиеся флексурно-разломными зонами чехла и ограничивающие поперечные сегменты и структуры; кинематические типы разломов: 10 – согласные сбросы, 11 – сдвиги. *Прочие обозначения:* линии региональных сейсмических профилей: 12 – ГС3-МОГТ, 13 – ГС3-ЕвроБридж; условные границы: 14 – поперечных сегментов, 15 – поперечных зон мозаичных поднятий Припятского прогиба. 16 – Северный структурный район, 17 – Центральный структурный район, 18 – Южный структурный район. Название разломов (цифры в кружках): 1 – Жлобинский; 2 – Северо-Припятский; 3 – Южно-Припятский; 4 – Речицко-Вишанский; 5 – Червонослободско-Малодушинский; 6 – Лоевский; 7 – Микашевичский; 8 – Азерецко-Великоборский; 9 – Шестовичко-Гостовский; 10 – Буйновичско-Наровлянский; 11 – Глусско-Березинский; 12 – Оземлинско-Первомайский; 13 – Дубровско-Ельский; 14 – Выступовичский; 15 – Копаткевичский; 16 – Сколодинский; 17 – Малынско-Туровский; 18 – Первомайско-Заозерный; 19 – Пержанско-Симоновичский

Для исследования влияния геодинамических особенностей формирования Припятского прогиба на характеристики его нефтеносности и геотермические условия мы сначала детально описали взаимосвязь распределения месторождений нефти на его территории с параметрами теплового потока, а также с качеством нефти этих месторождений. Далее, на основе результатов изучения структуры его литосферы преломленными и отраженными волнами, была подробно описана геодинамическая модель развития Припятского рифта, которая объяснила причину асимметричного строения его литосферы. После чего мы перешли к построению комплексной модели формирования земной коры Припятского прогиба, составляющей частью которой является формирование нефтяных залежей. Ниже приведены результаты, полученные в процессе выполнения такого плана исследований.

О ВЗАИМОСВЯЗИ НЕФТЕНОСНОСТИ С ГЕОТЕРМИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ НЕДР

В начальный период нефтепоисковых работ в Припятском прогибе, который можно охарактеризовать как регионально-поисковый этап, поиски нефти, по сути, выполнялись методом дикой кошки [12]. На этом этапе в 1953 г. было установлено первое нефтепроявление в скв. Ельская 2 на территории Южного структурного района. Эта обнаруженная залежь нефти была приурочена к отложениям песчаника внутри верхнесоленосной толщи, а нефть характеризовалась как смолистая, вязкая и плотная ($0,91 \text{ г}/\text{см}^3$). Через 11 лет, в 1964 г. в поисковой скв. Речицкая 8, расположенной на территории Северного структурного района, из межсолевых отложений получен промышленный приток нефти лучшего качества по плотности, смолистости и газонасыщенности. В последующий период примерно с 2000 г.

все нефтепоисковые работы проводились в пределах Северного структурного района, где и были открыты основные месторождения нефти. Нефть этой части Припятского прогиба характеризуется как легкая, малосмолистая, достаточно газонасыщенная. Вместе с тем в Северном структурном районе была также обнаружена и тяжелая нефть с плотностью более $0,96 \text{ г}/\text{см}^3$ (Октябрьское, Ново-Кореневское, Чистолужское, Прохоровское месторождения). Однозначного ответа о причине такого распределения по качественным характеристикам в тот период не существовало и преобладало мнение о том, что такое распределение было связано с условиями преобразования органического вещества и его типом [20; 21; 22; 26; 27].

В процессе выполнения геологоразведочных работ по поиску нефти в Припятском прогибе регистрировались также геотермические условия недр путем замера температуры по стволу скважин, а также при испытании нефтяных объектов в отдельных горизонтах вскрытого геологического разреза. По результатам данных исследований установлена тенденция распространения более высоких температур недр на одинаковых глубинах в Северном структурном районе по сравнению с Центральным и Южным районами Припятского прогиба, которые в цитируемой ниже работе названы как Северная, Центральная и Южная зоны. В связи с неравномерными геотермическими условиями Припятского прогиба выполнен дифференцированный анализ геотермических данных по этим трем структурным районам (зонам) с выделением в Северной зоне трех геотермических участков (восточная, центральная и западная части этой зоны). Для построения использовались геотермические данные в скважинах в восстановленном тепловом поле (выдержка не менее 10 сут.) и определялась средняя температура всех замеров соответствующей части

(зоны) через 50 м мощности комплекса. По осредненным значениям построены сводные

термограммы, которые приняты в качестве фоновых для зоны или ее части (рис. 2) из работы [5].

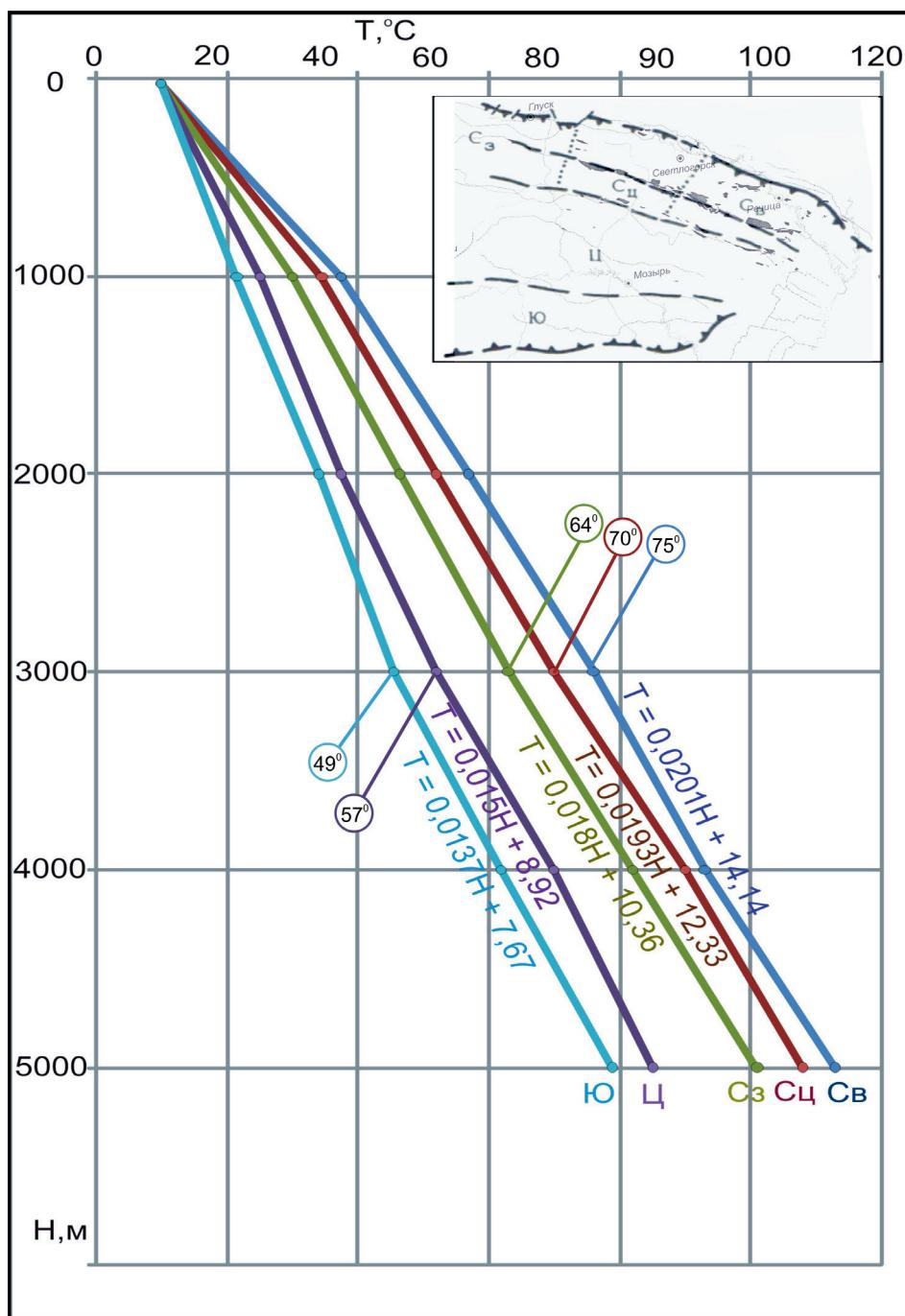


Рисунок 2 – Зональные фоновые термограммы осадочного чехла Припятского прогиба по данным [5], дополненные по материалам из работы [13]

На представленном графике, в частности, видно изменение значения температуры в платформенном чехле Припятского прогиба на глубине 3000 м. В Южной зоне она составляет 49 °C, в Центральной – 57 °C, в Северной зоне температура закономерно увеличивается от значений 64 °C на площади ее западного участка, до значений 70 °C на

территории центрального участка и достигает величины 75 °C на площади восточного участка. Представленные на рисунке 2 графики изменения температуры платформенного чехла разных частей Припятского прогиба в зависимости от глубины можно описать формулами, представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Формула зависимости температур от глубины по зонам Припятского прогиба

Зона	Части зоны	Температура на 3000 м	Формула зависимости температур от глубины
Северная	C_3	64°	$T = 0,018H + 10,36$
	$C_{Ц}$	70°	$T = 0,0193H + 12,33$
	$C_{В}$	75°	$T = 0,0201H + 14,14$
Центральная	$Ц$	57°	$T = 0,015H + 8,92$
Южная	$Ю$	49°	$T = 0,013H + 7,67$

Полученные характеристики изменения температуры пород чехла подтвердились не только результатами геотермических работ при бурении скважин в прогибе, но и более поздними исследованиями теплового потока, выполненными по всей территории Беларуси [18].

Было установлено, что Северный структурный район Припятского прогиба характеризуется как более высоким геотермическим градиентом (1,72–2,41 °C/100 м), так и более высоким тепловым потоком (55–75 мВт/м²): здесь температура на одной и той же глубине на 20–25 °C выше по сравнению с Южным структурным районом, где геотермический градиент составляет 1,18–1,23 °C/100 м, а плотность теплового потока колеблется в интервале 40–52 мВт/м² [8; 14]. По данным зональных фоновых термограмм, построенных для межсолевых и подсолевых отложений, геотермическая

напряженность возрастает с юга прогиба к его центру и северу. В Северном же структурном районе геотермическая напряженность возрастает с запада на восток, при этом здесь же наблюдается и более высокий тепловой поток по сравнению с Южным и Центральным районами Припятского прогиба. Расположение промышленных залежей нефти в Припятском прогибе находится в ареалах повышенного теплового потока со значениями более 55 мВт/м². Основное же количество установленных месторождений соответствует территории, оконтуренной изолиниями 60–75 мВт/м², тогда как в полосе между изолиниями 55–60 мВт/м² выявлено около 10 небольших месторождений. Два газоконденсатных месторождения – Красносельское и Западно-Александровское – относятся к зоне с более высоким тепловым потоком 65–75 мВт/м² (рис. 3).

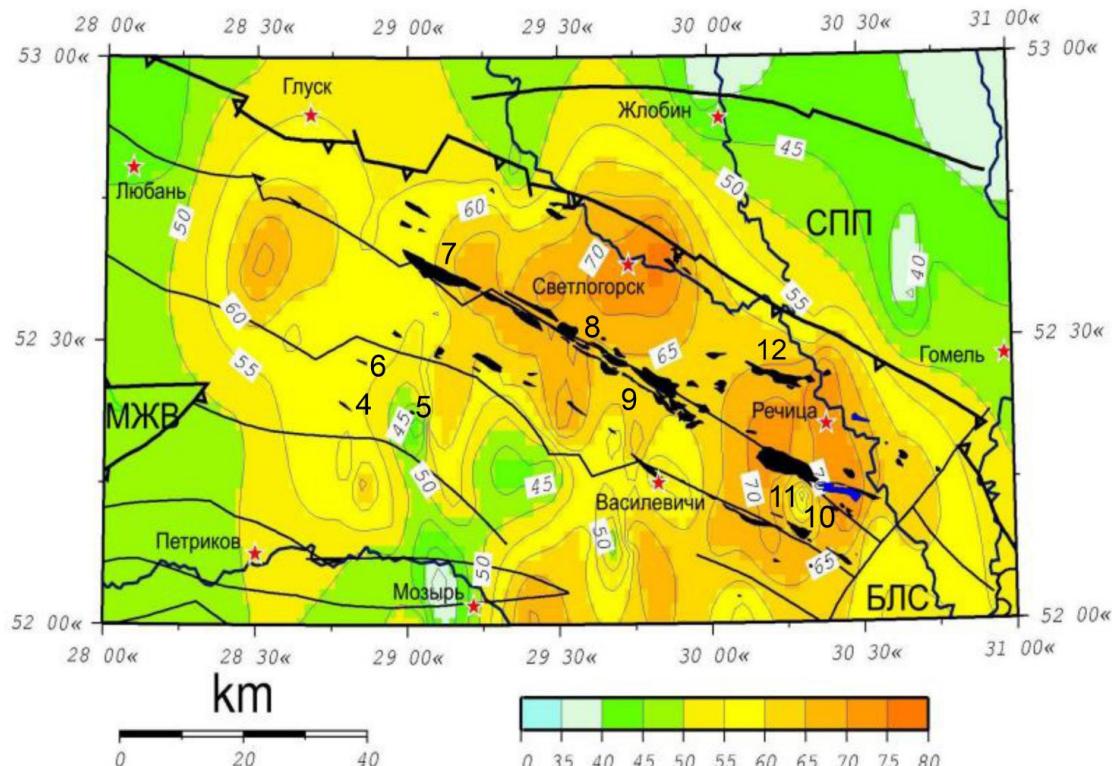


Рисунок 3 – Соотношение плотности теплового потока (мВт/м²) и месторождений нефти в Припятском прогибе, взятое из работы [13]:

БЛС – Брагинско-Лоевская седловина; МЖВ – Микашевичско-Житковичский выступ; СПП – Северо-Припятское плечо. Контуры нефтяных месторождений показаны заливкой черного цвета, а цифрами пронумерованы нефтяные площади и месторождения, указанные в таблице 2. Нефтяные площади с нефтепроявлениями на территории Южного структурного района: Радомлянская, Восточно-Выступовичская и Южно-Валавская не отмечены на данном рисунке, поскольку он не охватывает всю площадь прогиба. Нефтяные месторождения: 4 – Западно-Бобровичское; 5 – Савичское; 6 – Комаровичское; 7 – Вишанское; 8 – Сосновское; 9 – Осташковичское; 10 – Красносельское; 11 – Барсуковское; 12 – Восточно-Первомайское. Синим цветом показаны Красносельское и Западно-Александровское газоконденсатные месторождения

Установлена также тесная взаимосвязь качества нефти Припятского прогиба и геотермических параметров продуктивных пластов. Нефть Южного структурного района характеризуется как низким геотермическим градиентом продуктивных пластов ($1,18\text{--}1,23\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$), так и своим низким качеством: повышенной плотностью $0,90\text{--}0,93\text{ г}/\text{см}^3$, смолистостью (до 41 %), повышенной сернистостью (более 1 %) и невысокой газонасыщенностью (не более $15\text{--}20\text{ м}^3/\text{м}^3$). Такими же низкими показателями качества характеризуется и нефть Центрального структурного района: Комаровичского, Савичского и Западно-Бобровичского месторождений (табл. 2), взятая

из работы [15]. Здесь также наблюдается невысокий геотермический градиент в разрезе продуктивных пластов: $1,16\text{--}1,38\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$. Иная картина выявлена на территории Северной зоны ступеней, где зафиксированы повышенные геотермические градиенты, которые изменяются от $1,72\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ на Вишанском месторождении до $2,41\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ на Красносельском месторождении. В таком же направлении улучшается и качество нефти. Плотность ее становится значительно ниже: $0,84\text{--}0,81\text{ г}/\text{см}^3$, достигая значений $0,71\text{ г}/\text{см}^3$. Газонасыщенность конденсата при этом доходит до величины $2000\text{ м}^3/\text{м}^3$ на Красносельском газоконденсатном месторождении.

Таблица 2 – Взаимосвязь качества нефти с геотермическими условиями Припятского прогиба

№ п.п.	Мест- орождение, площадь	скв.	Комп- лекс	T, $^{\circ}\text{C}$	Глубина, м	Геотерми- ческий градиент, $^{\circ}\text{C}/100\text{м}$	Характеристика нефти			Расстояние до ближайшего мантийного разлома, км	
							плотность, $\text{г}/\text{см}^3$	смолы, %	серы, %		
1	Радомлянская	14	м.с.	32	1900	1,21	0,93	41	1,2	< 10	3 км от II-II
2	Восточно- Выступо- вичская	3	м.с.	35	2100	1,23	0,93	36	1,6	< 10	4 км от II-II
3	Южно- Валавская	35	п.с.к.	62	4509	1,18	0,901	11,7	0,61	< 15	5,5 км от II-II
4	Западно- Бобровичская	1	п.с.к.	42	2850	1,16	0,935	27,0	1,47	< 10	17 км от III-III
5	Савичское	1	п.с.к.	56	3450	1,30	0,890	13,8	1,01	< 15	11 км от III-III
6	Комаровичское	2	п.с.к.	62	3850	1,38	0,934	13,4	1,2	< 20	7 км от III-III
7	Вишанское	5	п.с.к.	60	2970	1,72	0,889	20,3	0,65	80	2 км от IV-IV
8	Сосновское	15	п.с.к.	74	3200	2,03	0,786	отс.	0,07	500	1,5 км от IV-IV
9	Осташко- вичское	2	м.с.	65	2700	2,07	0,885	10,9	0,7	78	1,8 км от IV-IV
10	Красносельское	203	м.с.	83	3070	2,41	0,7	2,7	0,24	2000	0,5-0,7 км от IV-IV
11	Барсуковское	9	п.с.к.	81	3115	2,32	0,801	5,6	0,13	268	1,5 км от III-III
12	Восточно- Первомайское	71	п.с.к.	95	4100	2,1	0,84	сл.	0,04	350	5 км от I-I

Примечание – м.с. – межсолевой, п.с.к. – подсолевой карбонатный.

Такая тесная связь плотности теплового потока и геотермического градиента продуктивных пластов с количеством и качеством нефти, разведанной на территории Припятского прогиба, позволила нам утверждать, что это обусловлено повышенным потоком миграции глубинных углеводородных флюидов в проницаемых зонах субширотных листрических разломов, широко развитых на площади его Северного структурного района [16]. Это подтверждается также выполненным ранее в 2004 г. анализом и информацией в таблице 2, где определено расстояние от залежей нефти до ближайших разломов мантийного заложения. И хотя нефтепроявления (Радомлянское, Восточно-Выступовичское и Южно-Валавское) в Южном структурном районе располагаются на небольшом расстоянии от Южно-Припятского краевого разлома (расстояние 3–5,5 км, см. таблицу 2), они приурочены к участку с более низким тепловым потоком и ухудшенными параметрами качества нефти. Очевидно, что низкий уровень влияния Южно-Припятского краевого разлома на нефтеносность Южного структурного района Припятского прогиба определяется иной причиной.

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИПЯТСКОГО РИФТА

Для того чтобы прояснить причину асимметричного строения Припятского прогиба и его возможного влияния на особенности нефтегазоносности на данной территории, важно было оценить тектоническую роль соседнего с Припятским прогибом гигантского протерозойского Коростенского plutона Украинского щита на геодинамику формирования данного Припятского сегмента Припятско-Днепровско-Донецкого авлакогена. Кратко мы уже рассматривали этот вопрос в работе [11]. С этой целью, кроме всего прочего, были использованы материалы глубинного строения литосферы Припятского прогиба по двум профилям глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ): международного профиля ГСЗ корреляционным методом преломленных волн (ГСЗ-КМПВ) EUROBRIDGE-97 (рис. 4) и профиля VIII, отработанного методом общей глубинной точки (ГСЗ-МОГТ) [31]. Оба эти профили параллельны друг другу, они пересекают в поперечном направлении Припятский прогиб, начинаясь на территории Белорусской антеклизы и заканчиваясь на территории Украинского щита. Профиль VIII расположен в 25 км восточнее профиля EUROBRIDGE-97 (рис. 1).

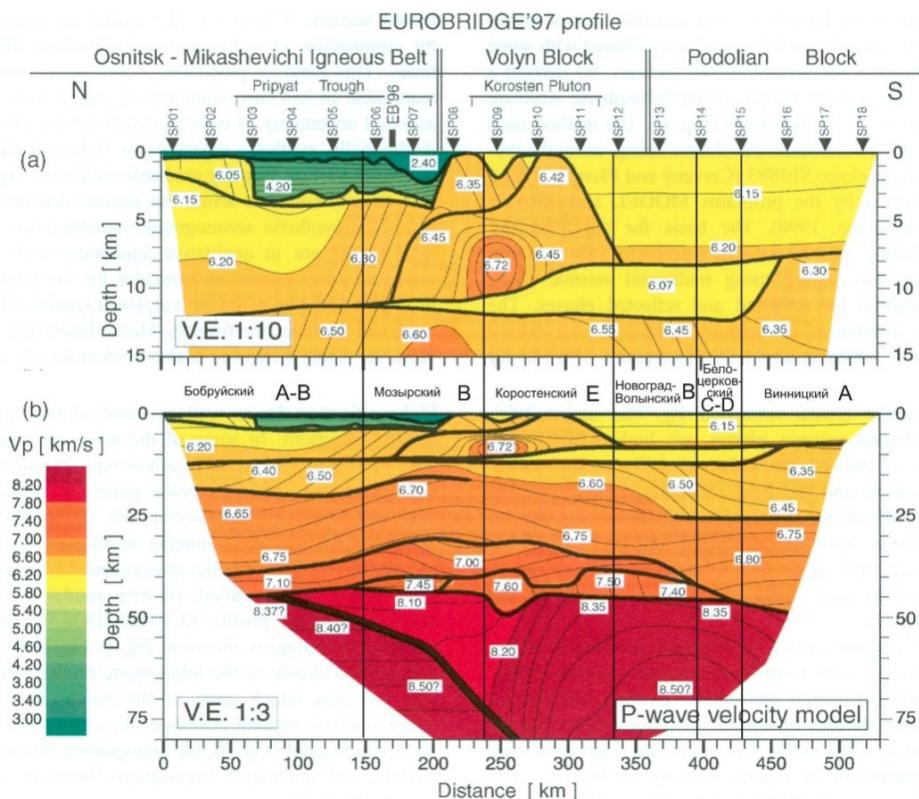


Рисунок 4 – Сейсмические разрезы земной коры по профилям EUROBRIDGE-97, построенные методом математического моделирования по Р-волнам для верхней коры (а), для всей коры (б). Утолщенные линиями показаны сейсмические границы, тонкими – изолинии скоростей, км/с; двойная линия – отражающая граница в мантии.
Составили: Н. Thybo, Т. Janik, В. Omelchenko, M. Grad et al. [35]

Многие исследователи отмечали значительное влияние глубинного распространения корневой структуры Коростенского plutона Украинского щита на соседние тектонические структуры: герцинский Припятский прогиб, палеопротерозойский Осницко-Микашевичский вулканоплутонический пояс, Волынский и Подольский блоки щита. В одной из важных работ по этому вопросу говорится, что условно называемый Коростенский plutон на самом деле представляет собой гигантский массив магматизма AMCG (Anorthosite-Mangerite-Charnockite-Granite) типа возрастом 1,80–1,74 млрд лет [34]. Данный тип рекуррентного AMCG магматизма достаточно широко распространен на территории западной части Восточно-Европейского кратона и в объеме Коростенского plutона петрологически представлен габбро-анортозит-рапакиви гранитным вещественным составом, образуя комплекс из нескольких отдельных основных интрузий, окруженных большим объемом гранитов рапакиви.

На скоростной модели литосферы, построенной методом математического моделирования по Р-волнам, вдоль профиля EUROBRIDGE-97 (рис. 4) хорошо видно, что глубинное строение Коростенского plutона характеризуется постоянным увеличением его объема и площади с возрастанием глубины вплоть до поверхности Мохо. Видимая его часть составляет на этом профиле порядка 95–100 км: пикеты (ПК) 230–330 км, тогда как распространение его корней над поверхностью Мохо достигает длины примерно 280 км от ПК 140 км до ПК 420 км. При этом нижняя и средняя консолидированная кора Коростенского plutона залегает антиформно, начиная от южной половины Припятского прогиба (ПК 140 км) и заканчивая значительно южнее его видимой части на территории Подольского блока Украинского щита, примерно на ПК 420 км. Изолинии скоростей продольных волн в средней и нижней коре в целом повторяют конфигурацию этой антиформы. Вершина этой глубинной антиформы тяготеет к южному борту Припятского прогиба и примерно соответствует отрезку листрического Южно-Припятского суперрегионального краевого разлома, который ограничивает с юга платформенный чехол прогиба. Данная антиформа подстилается высокоскоростной надмоховой линзой пород со скоростями продольных волн 7,45–7,60 км/с и мощностью 3–10 км, которая полностью выклинивается, соответственно, на севере на площади Южного структурного района Припятского прогиба в районе (ПК) 140 км, а на юге в районе ПК 420 км на площади Подольского блока УЩ. Таким образом, можно определить северный и южный «склоны» Коростенского plutона, которые располагаются,

соответственно, между ПК 140–210 км и ПК 300–390 км. Исходя из этого, есть основание полагать, что по меньшей мере Южный структурный район Припятского прогиба формировался на додевонской консолидированной коре, созданной главным образом в ходе последней фазы консолидации Восточно-Европейского кратона в процессе Коростенского рекуррентного магматизма AMCG типа (1,8–1,74 млрд лет). Учитывая, что профиль EUROBRIDGE-97 пересекает Коростенский plutон не по центру, а по его крайней западной части (разделяя его обнаженную площадь на две неравные части: 15 % и 85 % от общей площади), можно предположить, что на территории Припятского прогиба восточнее данного профиля не только Южный, но в некоторой степени и Центральный структурный районы были сформированы путем наложения девонского рифтогенеза на докембрийскую Коростенскую консолидированную кору. В связи с этим обстоятельством глубинная структура земной коры по профилю VIII (ГСЗ МОГТ), расположенному в 25 км восточнее профиля EUROBRIDGE-97, безусловно, будет более представительно и выразительно отражать тектоническое влияние корней гигантского Коростенского plutона на геодинамику формирования Припятского прогиба.

С целью выяснения особенностей тектонического влияния протерозойского Коростенского plutона Украинского щита на геодинамику формирования герцинского Припятского прогиба необходимо сказать, что в монографии [10] было установлено, что блоки консолидированной земной коры запада Восточно-Европейского кратона, обладающие более кислым вещественным составом ее нижней части, в реологическом отношении характеризуются более вязкими и жесткими параметрами, которые обусловливали значительную резистентность этих блоков процессу девонского вязкопластичного рифтогенного растяжения в полосе Припятского прогиба. Это обстоятельство, например, способствовало формированию Брагинско-Лоевской седловины, разделяющей Припятский и Днепровско-Донецкий прогибы. В свою очередь, блоки консолидированной коры, имеющие основной и ультраосновной состав нижней части, оказались в реологическом плане значительно менее вязкими и более рифтофильными, то есть с высокой реологической предрасположенностью к пластическому растяжению их нижней коры в процессе рифтогенеза. Учитывая этот факт, рассмотрим более детально геодинамику развития Припятского рифта.

В статье [34] было установлено, что нижняя кора Коростенского plutона по-разному намагниена. В ней выделены 4 отдельных блока, которые

разделены системой разломов северо-западного и северо-восточного простирания. Все эти блоки нижней коры выходят далеко за пределы его обнаженной площади. Важным оказалось то, что практически немагнитный, а значит сиалический по составу блок нижней коры Коростенского plutона занимает северную часть его площади между Тетеревским и Центральным разломами, распространяясь далее на север, на территорию южной части Припятского прогиба. В этом же ареале на территории Южного структурного района Припятского прогиба расположена и северная часть интенсивной отрицательной региональной магнитной аномалии, центр которой совпадает с центром обнаженной площади plutона [6]. Отрицательные региональные магнитные аномалии на территории запада Восточно-Европейской платформы обычно соответствуют немагнитным или слабомагнитным породам нижней части земной коры, свидетельствуя об их преимущественно кислом составе [19]. На обобщенном сейсмическом разрезе земной коры и верхней мантии по профилю EUROBRIDGE-97 [35] показана область повышенных скоростей продольных волн в консолидированной коре, соответствующая в целом объему Коростенского plutона от поверхности фундамента до границы Мохо, которая своей верхней и особенно средней и нижней корой заходит примерно на 60 км к северу от Южно-Припятского разлома (ПК 150–210 км) под территорию Южного структурного района Припятского прогиба. Более того, на сейсмическом разрезе земной коры того же профиля, построенного методом математического моделирования по продольным волнам (рис. 4), видно, что в самой нижней части земной коры этой Коростенской области повышенных скоростей залегает аномальный слой с очень высокой скоростью продольных волн $V_p = 7,45\text{--}7,60$ км/с, но с низким соотношением продольных и поперечных волн $V_p/V_s = 1,73$. Этот аномальный слой мощностью 4–5 км, залегающий на кровле границы Мохо, подстилает территорию Южного структурного района Припятского прогиба с юга на расстоянии 60 км, полностью выклиниваясь к северу на расстоянии 70 км от Южно-Припятского разлома. Авторы статьи о профиле EUROBRIDGE-97 [35], ссылаясь на результаты работы [33], полагают, что данный аномальный слой может быть представлен породами гранулитовой фации метаморфизма или состоять из кислых эклогитов, образовавшихся в процессе метаморфизма пород нижней гранулитовой коры. Таким образом, приведенные геофизические характеристики нижней части коры Коростенского plutона, подстилающей примерно на 60 км с юга Припятский прогиб, свидетельствуют о ее преимущественно кислом

составе, который, судя по всему, сильно препятствовал пластическому растяжению нижней коры Припятского рифта в этом месте. Таким образом, более обоснованно подтверждается наше раннее предположение о том, что существенно кислые, сиалические, а значит, немагнитные или слабо магнитные породы нижней коры Коростенского plutона, распространенные значительно севернее его обнаженной площади на Украинском щите, на территории Южного структурного района Припятского прогиба оказывали сильное сопротивление девонскому рифтогенному растяжению земной коры в южной части этого рифта [16]. В свою очередь, в Центральном и Северном структурных районах Припятского прогиба додевонская нижняя кора была значительно более основной по составу [10], то есть реологически более пластичной, поэтому именно здесь и образовалась, как будет показано ниже, удлиненная деформационная шейка растяжения в нижней коре Припятского рифта протяженностью около 90 км.

Реологическая резистентность нижней Коростенской коры рифтогенному растяжению на территории современного Южного структурного района Припятского прогиба, как хорошо видно на сейсмическом разрезе его земной коры вдоль профиля VIII ГСЗ-МОГТ, взятом из работы [31] и отображенном на рис. 5, привела в итоге к образованию деформационной шейки вязкопластического растяжения в нижней коре LCR (lower crustal reflectivity layer) только в Центральном и Северном структурных районах Припятского прогиба общей длиной около 90 км (ПК 50–140 км). Начало развития деформационной шейки растяжения (ПК 45–50 км), соответствует ее мощности, равной 12 км, и в плане совпадает с Шестовичско-Гостовским региональным разломом, отделяющим Южный структурный район Припятского прогиба от его Центрального района. Окончание шейки растяжения, где она достигает этой же мощности, равной 12 км в районе ПК 140 км, соответствует в плане Северо-Припятскому суперрегиональному листрическому разлому L3. Таким образом, ее общая длина составляет примерно 90 км. При этом минимальная толщина шейки по разрезу наблюдается в северной половине Центрального структурного района (ПК 70–100 км), достигая значений 7–8 км, после чего ее мощность плавно увеличивается с ПК 100 км в северном направлении снова до 12 км (ПК 140 км) на самом окончании Северного структурного района. Выполаживание Червонослободско-Малодубинского L4 и Речицко-Вишанского L5 разломов на кровле нижней коры LCR происходит именно на отрезке ПК 70–100 км, где деформационная шейка растяжения имеет минимальную мощность, равную

7–8 км. К этому же отрезку шейки растяжения тяготеют и продолжения выполаживающихся краевых суперрегиональных листрических разломов: Северо-Припятского L3 с падением плоскости разлома на юго-запад и Южно-Припятского L1 с падением плоскости сместителя на север.

По мнению авторов статьи [31], образование Припятского прогиба связано с утонением верхней и средней коры над ним вследствие хрупкого растяжения по системе глубоких, листрических сбросов и одновременным утонением нижней коры в результате ее пластического рифтогенного растяжения. В итоге на рис. 5а отчетливо видно, что листрические сбросы действительно выполаживаются на глубинах 30–35 км над кровлей нижней коры, которая характеризуется как нижняя кора с множеством

сейсмических отражателей lower crust reflective layer – LCR.

В Южном структурном районе Припятского прогиба, где деформационная шейка растяжения не фиксируется, сформировался, как видно на рис. 5а, главным образом суперрегиональный пологий Южно-Припятский краевой листрический разлома L1. В свою очередь, в Центральном и особенно в Северном структурном районе Припятского прогиба над удлиненной деформационной шейкой растяжения в хрупкой верхней и средней коре образовалось 3 субширотных листрических разлома: L3 – суперрегиональный краевой Северо-Припятский разлом, L4 – региональный Червонослободско-Малодушинский, L5 – региональный Речицко-Вишанский.

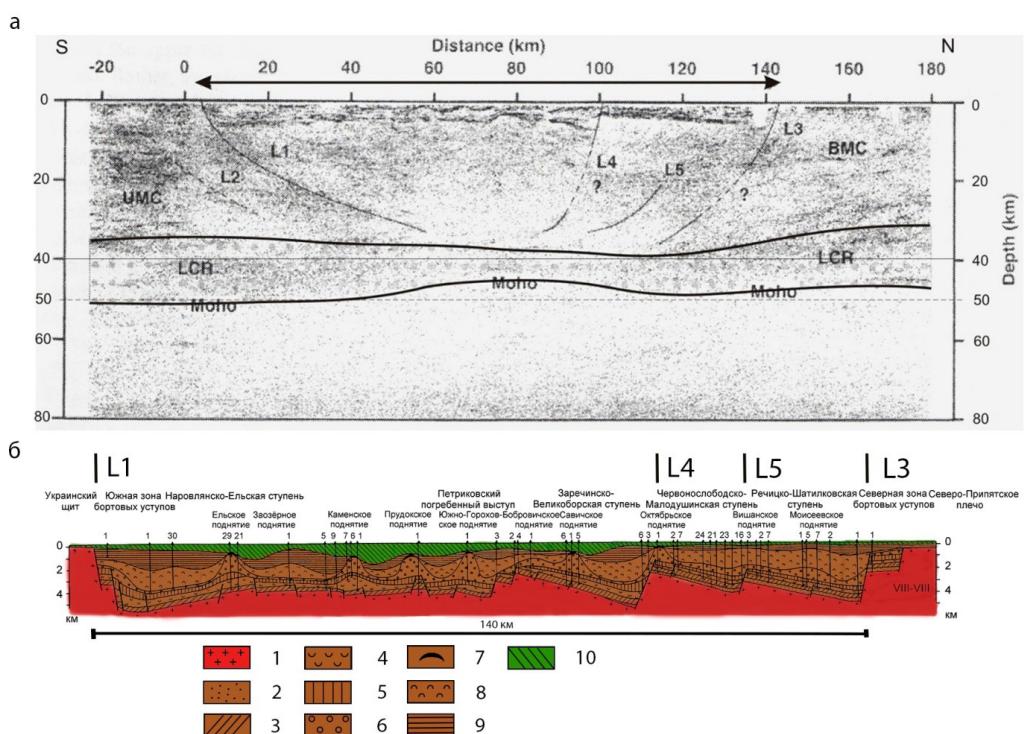


Рисунок 5 – Сейсмический разрез Припятского прогиба вдоль профиля VIII ГСЗ-МОГТ (а) из работы [31], геологический разрез вкрест простирания Припятского прогиба по профилю VIII (б). Составил В. С. Конищев [7]

Условные обозначения к рисунку 5а: протяженность прогиба показана жирной линией со стрелками. Листрические разломы земной коры: L1 – Южно-Припятский, L3 – Северо-Припятский, L4 – Червонослободско-Малодушинский, L5 – Речицко-Вишанский; верхний и средний коровые слои под Украинским щитом и Белорусской антеклизой обозначены UMC и BMC соответственно; LCR (lower crustal reflectivity layer) – нижний коровый рефлективный слой, подошва которого интерпретируется как граница Мохо.

Условные обозначения к рисунку 5б. Отложения: 1 – архейские и нижнепротерозойские; 2 – рифейские и вендинские; 3 – подсолевые девонские; 4 – нижнесоленосные евлановско-ливенские; 5 – межсолевые задонско-петриковские; 6 – галитовая подтолща; 7 – брекции кепрока; 8 – глинисто-галитовая подтолща; 9 – надсолевые девонские, каменноугольные и нижнепермские; 10 – мезозойские и кайнозойские

Таким образом, рифтогенная шейка растяжения, образовавшаяся в нижней коре Припятского прогиба, отчетливо асимметрична: она

отсутствует на территории Южного структурного района (ПК 0–50 км), но четко фиксируется на площади Центрального и Северного районов

Припятского прогиба на протяжении порядка 90 км (ПК 50–140 км). Вся система листрических разломов Припятского прогиба, как развитых над деформационной шейкой, так и за ее пределами, южнее (ПК 0–50 км), также является асимметричной. При этом все листрические разломы, включая более пологий, чем все остальные, Южно-Припятский разлом, плавно выпадают на кровле нижней коры LCR lower crust reflective layer в области развития шейки растяжения в направлении ее минимальной мощности. Как известно, механизмом реализации растягивающих напряжений являются сбросы. Получается, что в процессе рифтогенного растяжения литосферы в полосе Припятского прогиба сформировалась асимметричная рифтовая структура земной коры, которая характеризуется большим количеством сбросов в северной части, в меньшей степени в его центральной части и наименьшим их количеством в южной части (рис. 5б). Такая картина хорошо согласуется с моделью рифтообразования B. Wernicke (моделью литосферного клина), объясняющей кинематику рифтогенеза моделью простого сдвига [36]. Происходящее при такой деформации скашивание деформируемого объема горных пород в процессе подъема протяженного мантийного плюма (или протяженного подъема астеносферы) по принципу пары сил требует его некоторого ограничения снизу, которое, по всей вероятности, осуществляется посредством формирования сквозьлитосферного детачмента (главного срыва) растяжения рифта. Данный механизм рифтогенеза предполагает

приоритетное развитие одной из двух возможных систем сопряженных сбросов, что обуславливает асимметрию в поперечном разрезе рифта и широкое развитие полутрабенов и систем наклонных блоков, которые мы и наблюдаем в Северном структурном районе Припятского прогиба. Более того, сам детачмент Припятского палеорифта хорошо виден на обобщенном профиле ГСЗ-КМПВ EUROBRIDGE-97 и ГСЗ-МОГТ VIII (рис. 6) в виде суперрегионального Северо-Припятского разлома L3, который выпадает на кровле нижней коры и через зону интенсивных, но локальных отражений (reflectivity) плавно переходит в пологонаклоненный рефлектор в верхней мантии. Этот рефлектор плавно погружается в южном направлении через всю территорию Припятского прогиба, уходя в мантию под более крутым углом в месте, соответствующем в плане суперрегиональному Южно-Припятскому разлому. Считается, что детачмент разделяет области существенного преобладания деформации хрупкого разрушения (выше его плоскости) и пластической деформации и течения (ниже нее). На сейсмическом разрезе литосферы по профилю EUROBRIDGE-97, построенным методом математического моделирования по продольным волнам (рис. 4), отчетливо видно, что в верхней мантии над зоной детачмента скорости продольных волн равны 8,10–8,20 км/с, а под ней – 8,37–8,50 км/с. Этот факт может косвенно подтверждать существование двух разных по реологии верхнемантийных сегментов: под зоной детачмента и над ней.

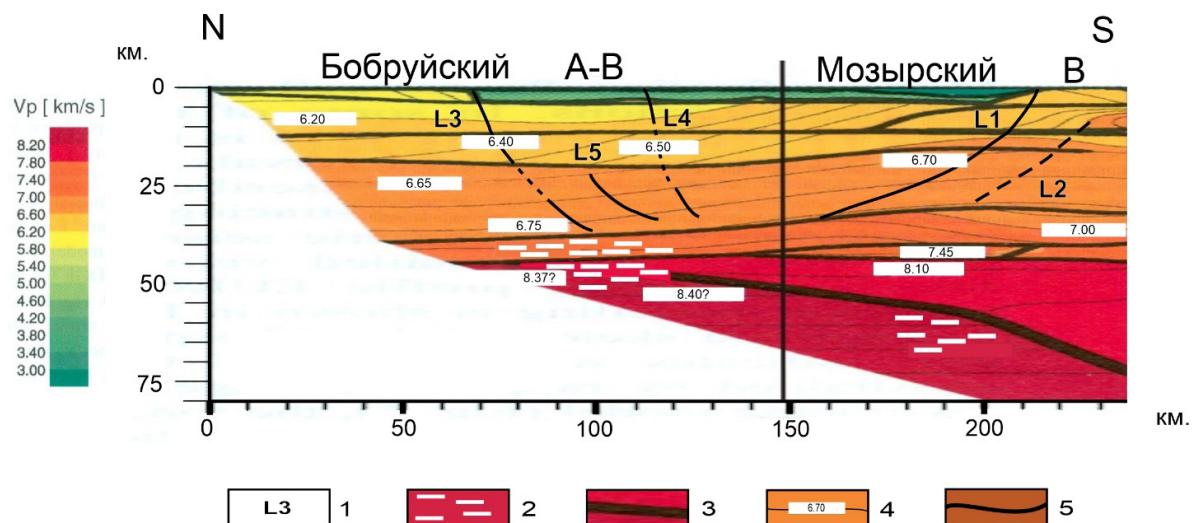


Рисунок 6 – Обобщенное строение литосферы Припятского прогиба по профилям ГСЗ-КМПВ EUROBRIDGE-1997 и ГСЗ-МОГТ VIII (автор Р. Э. Гирин):

1 – листрические разломы земной коры: L1 – Южно-Припятский, L3 – Северо-Припятский, L4 – Червонослободско-Малодушинский, L5 – Речицко-Вицканский; 2 – зоны reflectivity, создающие интенсивные, но локальные отражения; 3 – отражающая граница в мантии; 4 – изолинии скоростей, км/с; 5 – сейсмические границы. Зеленым цветом показаны осадочные породы Припятского прогиба. Типы блоков земной коры: Бобруйский А-В и Мозырский В согласно работе [10]

Надо подчеркнуть, что только совместное использование преломленных и отраженных волн двух разных профилей ГСЗ позволило нам на обобщенном сейсмическом разрезе литосфера (рис. 6) увидеть сквозьлитосферную зону детачмента Припятского прогиба. Дело в том, что ГСЗ методом общей глубинной точки (ГСЗ-МОГТ) по профилю VIII заключалось в регистрации в непосредственной близости от источника возбуждения в условиях близвертикального направления падающих и отраженных сейсмических лучей. Формирование отраженных волн, как известно, обусловлено изменчивостью акустической жесткости, то есть произведения скорости продольных волн в породах на плотность этих пород. Этот метод позволяет получить очень детальную картину структуры земной коры, в которой хорошо просматриваются, например, слои осадочного чехла, листрические разломы и локальные площадки отражений.

Корреляционный метод преломленных волн (ГСЗ-КМПВ) предусматривает регистрацию сейсмических колебаний на значительном удалении от источника взрыва, где преломленные на глубинных границах раздела волны выходят в первые вступления. Лучи преломленных волн обычно направлены вдоль субгоризонтальных границ раздела верхних, относительно низкоскоростных толщ с более глубокими, относительно высокоскоростными толщами. При ГСЗ-КМПВ таким образом фиксируются только скоростные неоднородности с положительным скачком скорости. Этот метод широко используется для изучения рельефа и свойств глубинных границ раздела в коре и мантии. В нашем случае ГСЗ-КМПВ вдоль профиля EUROBRIDGE-97 преимуществом является его большая глубинность, возможность определения скоростных характеристик продольных и поперечных волн в слоях земной коры и верхней мантии, но при этом более интегрированная и упрощенная картина строения литосферы вследствие вышеизложенных особенностей данного метода.

В результате комплексирования методов ГСЗ-КМПВ и ГСЗ-МОГТ, отраженном на обобщенном сейсмическом разрезе литосферы (рис. 6), нам удалось выявить пространственное расположение зоны детачмента Припятского прогиба. Ее можно разделить на 4 сегмента: чехольный, верхне-среднекоровый, нижнекоровый и верхнемантийный. На рис. 5а чехольная секция детачмента совпадает с отрезком Северо-Припятского суперрегионального разлома, ограничивающего осадочный чехол прогиба с севера. Далее этот листрический разлом (второй отрезок детачмента) пересекает верхнюю и среднюю консолидированную кору Припятского

прогиба – L3 на рис. 5а. После чего в нижней коре зона детачмента попадает в область современной зоны reflectivity, то есть интенсивных, но локальных отражений (ГСЗ-КМПВ), где она визуально размыается. Однако далее, в области верхней мантии она отчетливо фиксируется в виде пологонаклоненного рефлектора, пересекающего всю территорию прогиба, и в самой южной его части (пикет 195 км на рис. 6) испытывает излом, еще более круто погружаясь в мантию под площадью обнаженной части Коростенского плутона Украинского щита. Таким образом, мы видим единую, целостную и плавную сквозьлитосферную зону детачмента Припятского палеорифта. Похожая структура литосферы Припятского прогиба отражена в работе [17], но в ней только упомянута зона возможного развития детачмента в верхней мантии со ссылкой на работу [1]. В монографии [3] было показано, что первоначально детачмент зародился в самой верхней части консолидированной девонской коры (чехольный сегмент листрического разлома L3) и затем в процессе дальнейшего подъема мантийного диапира и растяжения литосферы этот первоначальный разлом постепенно пронизывал сначала верхнюю, потом среднюю кору в виде листрического сброса, выполаживаясь на кровлю нижней коры, которая в это время испытывала пластическое растяжение. По мере достижения максимального растяжения литосферы прочность пород в коре и верхней мантии достигала критических значений, и в результате произошел главный срыв (детачмент растяжения) Припятского рифта с формированием зоны сквозьлитосферного тектонического сброса. Этот литосферный тектонический сброс мы, судя по всему, и наблюдаем на обобщенном сейсмическом разрезе литосферы, построенном с использованием отраженных и преломленных волн (рис. 6).

ТЕПЛОВОЙ ПОТОК И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА В СВЕТЕ ГЕОДИНАМИКИ ЕГО РАЗВИТИЯ

Повышенный тепловой поток в Северном структурном районе Припятского прогиба связан с двумя факторами. Во-первых, с повышенным тепломассопереносом в зоне сквозьлитосферного детачмента, коровый сегмент которого располагается именно в этом районе. Во-вторых, это результат мощного эфузивно-интрузивного и в меньшей степени эксплозивного позднедевонского рифтового магматизма, сгенерированного плюм-тектоническими процессами головной части Западно-Днепровской рифтовой подушки. Существование сквозьлитосферной зоны детачмента Припятского

прогиба позволяет, в свою очередь, достоверно объяснить как формирование повышенного теплового потока в Северной зоне ступеней, так и повышенную проницаемость этой зоны для мантийных углеводородсодержащих флюидов. Важно подчеркнуть, что плоскости падения субширотных листрических верхне-среднекоровых разломов этой зоны палеорифта (Северо-Припятского L3, Червонослободско-Малодушиńskiego L4 и Речицко-Вицканского L5) имеют такое же южное, юго-западное падение, как и верхнемантийная часть сквозьлитосферного детачмента. В отличие от этих разломов плоскость Южно-Припятского листрического разлома и плоскости большинства разломов Южного структурного района имеют северное падение (рис. 5б)

Следует отметить, что нарастание термальной напряженности в Северном структурном районе Припятского прогиба началось в позднефранкское время девона, когда в северо-восточной части прогиба начались первые фазы извержения вулканов центрального и трещинного типов. Всего выявлено 4 этапа припятского рифтогенного магматизма. Первые 2 этапа представлены Жлобинским комплексом трубок взрыва щелочных ультраосновных пород и Уваровичским комплексом умеренно-щелочных-щелочных ультраосновных-основных пород. Третий этап магматизма (Припятский магматический комплекс) и четвертый этап (Лоевский магматический комплекс) сформировались на стадии максимального растяжения литосферы и характеризуются значительной мощностью эфузивных отложений и практически одинаковой площадью распространения: 2500 и 2000 км² соответственно [23]. Припятское магматическое поле, которое в субмеридиональном направлении протягивается на 70 км и не менее 40 км в субширотном, располагается главным образом на площади восточной части Речицко-Шатилковской ступени, захватывая северную часть Брагинско-Лоевской седловины и Гомельскую структурную перемычку на севере. На основе новой карты поверхности кристаллического фундамента Брагинско-Лоевской перемычки и сопредельных территорий, приведенной в работе [30], мы обосновали существование глубокого седиментационного, точнее, вулканогенно-седиментационного Припятско-Днепровского палеопролива (связующего сегмента), соединяющего Днепровско-Донецкий и Припятский осадочные бассейны. Этот тектонически самый главный связующий сегмент (палеопролив) является единым, непрерывным и самым глубоким по залеганию поверхности фундамента в зоне сочленения Припятского и Днепровско-Донецкого прогибов. Он ограничен на севере, соответственно, Северо-Припятским

и Северо-Днепровским суперрегиональными разломами, а на юге Речицко-Вицканским и Репкинским региональными разломами [9]. Другими словами, данный вулканогенно-седиментационный палеопролив (сегмент) состоит из восточного замыкания Речицко-Шатилковской ступени Припятского прогиба и западной части Ловиньской ступени Днепровского прогиба. Глубина залегания поверхности фундамента в восточной части Речицко-Шатилковской ступени увеличивается с юго-востока на северо-запад от -2,2 до -5,2 км, в среднем составляя 3-4 км. Характерно, что припятская часть этого вулканогенно-седиментационного палеопролива примерно в два раза шире его днепровской части и существенно глубже. Так, вблизи разделяющего их субмеридионального Верхнеднепровского разлома поверхность припятской части фундамента располагается на глубине от -2,2 до -3,2-3,4 км и постепенно увеличивается в западном направлении до глубин -5,2 км, тогда как на территории днепровской части палеопролива глубина поверхности фундамента изменяется от -1,5 до -2,8 км и незначительно увеличивается в восточном направлении до -3,2 минус 3,4 км. С нашей точки зрения, Припятско-Днепровский палеопролив (сегмент) был сформирован в период максимального рифтогенного растяжения литосферы, сопровождавшийся максимальным объемом гипабиссального магматизма в пределах Припятско-Днепровской области магматизма и тектонически представляет собой главный связующий сегмент между глубокими Днепровско-Донецким и Припятским осадочными бассейнами. Значительное по объему проявление магматизма именно в северо-восточной части Припятского прогиба связано, по всей вероятности, с активными плюм-тектоническими процессами, обусловленными залеганием здесь, под Припятско-Днепровским проливом головной части нижнекоровой Западно-Днепровской рифтовой подушки (rift pillow) Днепровского грабена. Эта высокоскоростная структура нижней коры протяженностью 230 км и мощностью до 18 км была выявлена вдоль международного профиля ГСЗ-КМПВ GEORIFT-2013 восточнее Брагинско-Лоевской седловины на территории Днепровского прогиба [32]. Название Западно-Днепровской рифтовой подушки было обосновано в работе [2]. Генезис рифтовых подушек обычно связывают с интенсивной переработкой земной коры вследствие внедрения мантийных расплавов. Здесь важно подчеркнуть, что ареал распространения позднедевонского магматизма на территории Днепровского прогиба хорошо совпадает с контурами распространения данной Западно-Днепровской рифтовой подушки.

Говоря о влиянии магматизма на тепловой поток Припятского прогиба важно учесть, что только сравнительно небольшая часть магмы была вынесена изверженными породами в осадочную толщу, например, Днепровского прогиба, тогда как ее большая оставшаяся часть внедрялась в кору в виде силлов, даек и мощного корового внедрения основных пород [37]. Аналогичная картина, судя по всему, должна наблюдаваться и для магматизма в консолидированной коре и платформенном чехле северо-восточной части Припятского прогиба. В свою очередь, это обстоятельство позволяет объяснить современный повышенный тепловой поток этой части прогиба: он связан как с кондуктивным выделением тепла вследствие остывания эфузивных пород чехла, так и с генерацией теплового потока в результате кондуктивного остывания консолидированной коры, насыщенной в своем объеме разными интрузивными телами позднедевонского рифтогенного магматизма. При прочих равных условиях (повышенный кондуктивный прогрев земной коры в полосе Припятского рифтогенеза) это привело к формированию именно в северо-восточной части прогиба максимального теплового потока не только на территории всего прогиба, но и на площади Северного структурного района, где его плотность закономерно возрастает с запада на восток, что хорошо видно на рис. 2 и 3. Здесь средняя температура пород чехла на глубине 3000 м закономерно увеличивается от значений 64 °С на площади его западного участка до значений 70 °С на территории его центральной части и достигает величины 75 °С на восточной площади данного района.

Вторая причина повышенного теплового потока и реконструированных максимальных палеотемператур в Северном структурном районе состоит в повышенной проницаемости для глубинного конвективного тепломассопереноса (в том числе мантийных углеводородсодержащих флюидов) сквозьлитосферной зоны детачмента Припятского прогиба. Важно сразу подчеркнуть, что плоскости падения субширотных листрических верхне-среднекоровых разломов этой зоны (Северо-Припятского L3, Червонослободско-Малодушинского L4 и Речицко-Вишанского L5) имеют такое же согласное южное, юго-западное падение, как и верхнемантийная часть сквозьлитосферного детачмента (рис. 6). В отличие от этих разломов плоскость Южно-Припятского листрического разлома и большинства разломов Южного структурного района имеют северное падение. Анализ карты плотности теплового потока Припятского прогиба [8] ясно показывает, что главная ось его аномалии (60-80 мВт/м²) направлена параллельно простианию Северо-Припятского,

Речицко-Вишанского и Червонослободско-Малодушинского листрических разломов, а площадь самой тепловой аномалии заключена между Северо-Припятским и Червонослободско-Малодушинским разломами, причем ареалы максимальных значений теплового потока главным образом сосредоточены на территории между Северо-Припятским и Речицко-Вишанским разломами. Этот факт свидетельствует о том, что в консолидированной коре детачмента Припятского прогиба как бы разветвляется в вертикальной плоскости, состоя главным образом из трех соподчиненных зон листрических разломов: Северо-Припятской, соседней с ней Речицко-Вишанской и более отдаленной Червонослободско-Малодушинской.

По всей вероятности, в целом вся зона сквозьлитосферного детачмента Припятского палеорифта (особенно верхнемантийно-нижнекоровая) способствовала интенсивному конвективному тепломассопереносу глубинных мантийных углеводородсодержащих флюидов в верхнюю часть земной коры именно его Северного структурного района. Дело в том, что в работах [24; 25] показано, что с глубиной меняется характер миграции глубинных флюидов. Установлено, что в нижней, более пластичной части литосферы наиболее интенсивные потоки флюидов связаны с зонами высоких напряжений. Флюиды на этих глубинах представлены газами высокой плотности, и эти газы мигрируют по зонам высоких напряжений на субмолекулярном уровне по рассланцованным породам. По массоемкости этот процесс **на несколько порядков** превышает объемный перенос флюидов по обычным зонам трещиноватости и пористости в верхней хрупкой части земной коры. Здесь следует отметить, что наиболее полное понятие флюидов описано в вышеперечисленных работах Ф. А. Летникова [24; 25], которые основаны на большом количестве экспериментов по исследованию физических свойств мантийного вещества и динамических особенностей флюидов при высоких давлениях и температурах. В этих работах флюидом называется водно-газовая или газовая система, состоящая из ряда компонентов в соединении с петrogenными, рудными и иными элементами. Основными компонентами глубинных флюидов, кроме водорода (H), гелия (He) и углерода (C), являются их соединения и окислы: H₂, CO₂, CH₄, CO. В верхах мантии флюиды представляют собой газовые смеси, где вода (H₂O) тоже находится в парообразном состоянии, так как существование водных растворов возможно только в верхних горизонтах земной коры. Кроме того, было установлено, что в отличие от жидкого, практически несжимаемого флюида, газовые смеси могут быть сжаты до высоких

плотностей, сопоставимых с плотностью металлов. В результате в небольшом объеме газа может содержаться значительное количество тепловой энергии. Получается, что газовый флюид является универсальным теплоносителем, накапливая тепло и химическую энергию в недрах Земли и перенося ее к поверхности планеты.

Таким образом, сквозьлитосферный детачмент Припятского прогиба, который тектонофизически образовался в зоне развития максимальных напряжений в результате превышения прочности пород при горизонтальном растяжении литосферы вследствие подъема мантийного диапира, вероятно, представлял и в какой-то степени и сейчас представляет собой систему главнейших субширотных каналов интенсивной миграции мантийных углеводородсодержащих флюидов в верхние этажи земной коры. В свою очередь, это обстоятельство естественно привело к формированию повышенного теплового потока и нефтегазоносных залежей главным образом на территории Северного структурного района Припятского прогиба.

Логическим следствием результатов наших геодинамических построений в аспекте нефтеносности должна являться приуроченность подавляющего большинства нефтяных залежей и месторождений Припятского прогиба к субширотным зонам листрических разломов, плоскости падения которых погружаются согласно падению верхнемантийной зоны детачмента данного рифта. Такими характеристиками обладают зоны Северо-Припятского, Речицко-Вишанского и Червонослободско-Малодущинского листрических разломов. Именно в зонах этих разломов существовали наиболее благоприятные условия для переноса мантийных углеводородсодержащих флюидов из верхнемантийной зоны детачмента в пластичную нижнюю кору и далее в хрупкую среднюю и верхнюю консолидированную кору, а затем и в платформенный чехол рифта. Анализ карты нефтяных месторождений Припятского прогиба отчетливо показывает, что их расположение в плане выглядит как цепочки нефтяных ареалов, находящихся, как правило, над субширотными линиями этих листрических разломов: вблизи их **с** одной или с другой стороны, а иногда по обе стороны от данных линий. Особенно четко и выразительно эта картина наблюдается в полосе Речицко-Вишанского разлома. Сторонники современной органической теории происхождения нефти также согласны с тем, «что практически все выявленные в Припятском палеорифтовом бассейне залежи нефти тяготеют к зонам разломов» [3, с. 120]. С нашей точки зрения, поток мантийных углеводородсодержащих флюидов через мантийно-коровую

(сквозьлитосферную) зону детачмента Припятского рифта, безусловно, благоприятствовал концентрации углеводородов главным образом в полосах трех вышеперечисленных листрических разломов именно Северного структурного района (как в их консолидированном фундаменте, так и в осадочном чехле), поскольку здесь находились геодинамически предопределенные, проницаемые магистральные каналы глубинного тепломассопереноса. В этом контексте логически будет предполагать образование нефтяных залежей и в объемах кристаллического фундамента, обладающих достаточными емкостными свойствами пород-коллекторов и необходимыми для сохранности углеводородов флюидоупорами. Определенным подтверждением таких абиогенных представлений о нефтеобразовании является обнаружение промышленного притока нефти из нефтяной залежи в архейско-нижнепротерозийских породах (амфиболитах) кристаллического фундамента в скв. 285 Речицкой площади Припятского прогиба [28], а также других нефтепроявлений в породах фундамента данного палеорифта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты изучения взаимосвязи нефтегазоносности Припятского прогиба с геодинамическими особенностями его развития сводятся к следующему.

1. Установлено, что подавляющее большинство месторождений нефти и газа сосредоточено в пределах Северного структурного района Припятского прогиба, причем нефть этого района характеризуется высоким качеством: низкой плотностью $0,84-0,81 \text{ г}/\text{см}^3$ (достигая значений $0,71 \text{ г}/\text{см}^3$), низкими смолистостью и сернистостью, высокой газонасыщенностью до $2000 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Южный и Центральный структурные районы, наоборот, характеризуются незначительным количеством установленных залежей нефти и ее низким качеством: повышенной плотностью $0,9-0,93 \text{ г}/\text{см}^3$, смолистостью (до 41 %), повышенной сернистостью (более 1 %) и невысокой газонасыщенностью (не более $15-20 \text{ м}^3/\text{м}^3$).

2. Существует тесная связь между геотермическими условиями, количеством нефтяных месторождений и качеством нефти. Тепловой поток Северного структурного района отличается более высокой плотностью $55-80 \text{ мВт}/\text{м}^2$ по сравнению с тепловым потоком Южного ($48-52 \text{ мВт}/\text{м}^2$) и Центрального районов ($50-60 \text{ мВт}/\text{м}^2$) Припятского прогиба. В целом его плотность увеличивается с юга на север, а в пределах Северного структурного района она увеличивается с его западного участка к центральному и становится максимальной на

площади восточного участка ($70\text{--}80 \text{ мВт/м}^2$). При этом температура пород платформенного чехла Припятского прогиба на глубине 3000 м в Южном структурном районе составляет 49°C , в Центральном — 57°C , а в Северном структурном районе она закономерно увеличивается от значений 64°C на площади его западной части до значений 70°C в его центральном ареале, достигая максимальной величины 75°C в его восточной части.

3. Коростенский plutон Украинского щита, представляющий собой гигантский массив магматизма AMCG (Anorthosite-Mangerite-Charnockite-Granite) типа возрастом 1,80–1,74 млрд лет, оказал значительное влияние на формирование герцинского Припятского рифта. Строение данного plutона характеризуется постоянным увеличением его объема и площади с возрастанием глубины вплоть до поверхности Мохо: на профиле EUROBRIDGE-97 обнаженная на Украинском щите часть plutона составляет порядка 95–100 км, тогда как распространение его корней над поверхностью Мохо достигает длины примерно 280 км. Нижняя кора Коростенского plutона подстилает Припятский прогиб с юга примерно на 60 км, то есть захватывает площадь Южного структурного района. Геофизические данные свидетельствуют о ее существенно кислом составе, тогда как нижняя кора соседнего с севера блока характеризуется основным и ультраосновным составом и занимает территорию Центрального и Северного структурных районов. В процессе Припятского рифтогенного растяжения литосфера происходило утонение нижней консолидированной коры в результате ее пластического растяжения и одновременно утонение верхней и средней коры вследствие хрупкого растяжения по системе глубоких листрических сбросов.

4. Реологическая резистентность нижней Коростенской коры рифтогенному растяжению на территории современного Южного структурного района Припятского прогиба и, наоборот, реологическая пластичность нижней коры блока, расположившегося на площади современных Центрального и Северного структурных районов, привели в процессе рифтогенеза к образованию деформационной шейки вязкопластического растяжения в нижней коре (LCR – lower crustal reflectivity layer) данного палеорифта длиной около 90 км главным образом на территории Центрального и Северного структурных районов. Начало развития деформационной шейки растяжения на юге прогиба соответствует ее мощности равной 12 км и в плане совпадает с Шестовичско-Гостовским региональным разломом, отделяющим Южный структурный район от Центрального. Окончание шейки растяжения

соответствует в плане Северо-Припятскому суперрегиональному листрическому разлому. В результате такого асимметричного растяжения додевонской земной коры в Северном структурном районе Припятского прогиба сформировались 3 субширотных листрических разлома (сброса): Северо-Припятский, Речицко-Вишенский и Червонослободско-Малодушиинский, тогда как на юге только один — Южно-Припятский листрический разлом.

5. Структура литосферы Припятского прогиба хорошо согласуется с моделью рифтообразования B. Wernicke (модель литосферного клина), объясняющей кинематику рифтогенеза моделью простого сдвига. Происходящее при такой деформации скашивание деформируемого объема горных пород в процессе подъема протяженного мантийного плюма (или астеносферы) по принципу пары сил требует его некоторого ограничения снизу, которое осуществляется посредством формирования сквозьлитосферного детачмента (главного срыва) растяжения рифта. Данный механизм рифтогенеза предполагает приоритетное развитие одной из двух возможных систем сопряженных сбросов, что обуславливает асимметрию в поперечном разрезе рифта и широкое развитие систем наклонных блоков, которые мы и наблюдаем в Северном структурном районе Припятского прогиба.

6. Совместное использование преломленных и отраженных волн двух разных профилей ГСЗ позволило нам на обобщенном сейсмическом разрезе литосферы Припятского прогиба увидеть сквозьлитосферную зону его детачмента, которая состоит из 4 сегментов: чехольного, верхне-среднекорового, нижнекорового и верхнемантийного. Первые 2 сегмента соответствуют на разрезе Северо-Припятскому краевому суперрегиональному листрическому разлому, продолжение которого в нижней коре (третий сегмент) размывается в современной зоне reflectivity, то есть интенсивных, но локальных отражений. Однако далее четвертый сегмент детачмента отчетливо фиксируется в подкоровой области верхней мантии в виде пологонаклоненного рефлектора, пересекающего всю территорию Припятского прогиба.

7. Верхнемантийно-коровая (сквозьлитосферная) зона детачмента Припятского прогиба благоприятствовала формированию повышенного теплового потока и образованию нефтяных залежей и месторождений в Северном структурном районе вследствие ее повышенной проницаемости для конвективного тепломассопереноса, в том числе и для мантийных углеводородсодержащих флюидов. Это связано с тем, что плоскости падения коровых субширотных листрических разломов этой зоны

палеорифта (Северо-Припятского, Речицко-Вишанского и Червонослободско-Малодушинского) имеют такое же согласное южное, юго-западное падение, как и верхнемантийная часть детачмента. В отличие от этих разломов плоскости Южно-Припятского листрического разлома и большинства разломов Южного, а также части Центрального структурных районов имеют несогласное с зоной детачмента северное падение.

8. Глубокий седиментационный, точнее, вулканически-седиментационный Припятско-Днепровский палеопролив (связующий сегмент) соединяет Днепровско-Донецкий и Припятский осадочные бассейны. Этот единый, непрерывный и глубокий, тектонически самый главный сегмент взаимосвязи Днепровско-Донецкого и Припятского осадочных бассейнов ограничен на севере, соответственно, Северо-Припятским и Северо-Днепровским суперрегиональными разломами, а на юге Речицко-Вишанским и Репкинским региональными разломами, то есть состоит из восточного замыкания Речицко-Шатилковской ступени Припятского прогиба и западной части Ловиньской ступени Днепровского прогиба. Глубина залегания поверхности фундамента в этом проливе колеблется от -2200 м до -5200 м, при этом припятская часть этого тектонического палеопролива примерно в два раза шире его днепровской части и существенно глубже.

9. Припятско-Днепровский тектонический седиментационный палеопролив был сформирован в период максимального рифтогенного растяжения литосферы, сопровождавшийся максимальным объемом гипабиссального магматизма в пределах Припятско-Днепровской области магматизма. Значительное по объему проявление магматизма именно в северо-восточной части Припятского прогиба связано с активными плюм-тектоническими процессами, обусловленными залеганием здесь, под Припятско-Днепровским тектоническим палеопроливом, головной части нижнекоровой Западно-Днепровской рифтовой подушки (*rift pillow*) Днепровского грабена. Генезис рифтовых подушек обычно связывают с интенсивной переработкой земной коры вследствие внедрения мантийных расплавов. Ареал распространения позднедевонского магматизма на территории Днепровского прогиба хорошо совпадает с контурами распространения данной Западно-Днепровской рифтовой подушки.

10. Повышенный тепловой поток в Северном структурном районе Припятского прогиба связан с двумя факторами. Во-первых, с повышенным тепломассопереносом в зоне сквозьлитосферного детачмента, коровый сегмент которого располагается именно в этом районе. Во-вторых, это результат мощного эфузивно-интрузивного позднедевонского рифтового магматизма, сгенерированного плюм-тектоническими процессами головной части Западно-Днепровской рифтовой подушки. Кондуктивное выделение тепла здесь происходит как вследствие остывания эфузивных пород чехла, так и в результате остывания консолидированной коры, насыщенной в своем объеме разными интрузивными телами позднедевонского магматизма. При прочих равных условиях (повышенный прогрев земной коры в полосе Припятского рифта) это привело к формированию именно в северо-восточной части прогиба максимальных геотермических градиентов и теплового потока.

11. Зона сквозьлитосферного детачмента Припятского палеорифта способствовала интенсивному конвективному тепломассопереносу глубинных мантийных углеводородсодержащих флюидов в верхнюю часть земной коры именно Северного структурного района. Дело в том, что с глубиной меняется характер миграции глубинных флюидов. Установлено, что в нижней, более пластичной части литосфера наилучше интенсивные потоки флюидов связаны с зонами высоких напряжений. Флюиды на этих глубинах представлены газами высокой плотности, и эти газы мигрируют по зонам высоких напряжений на субмолекулярном уровне по рассланцованным породам. По массоемкости этот процесс **на несколько порядков** превышает объемный перенос флюидов по обычным зонам трещиноватости и пористости в верхней, хрупкой части земной коры. Таким образом, детачмент Припятского прогиба, который тектонофизически образовался в зоне развития максимальных напряжений, вероятно, представлял и в какой-то степени и сейчас представляет собой систему субширотных каналов интенсивной миграции мантийных углеводородсодержащих флюидов в верхние этажи земной коры. В свою очередь, это обстоятельство привело к формированию повышенного теплового потока и нефтегазоносных залежей главным образом на территории Северного структурного района Припятского прогиба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзберг, Р. Е. Многофазная модель позднепалеозойской геодинамики Припятского палеорифта. Статья 1. Геодинамические факторы проявления синрифтовых горизонтальных и вертикальных движений / Р. Е. Айзберг, Т. А. Старчик // Літасфера. – 2007. – № 2 (27). – С. 25–36.

2. **Айзберг, Р. Е.** Особенности глубинного строения и синрифтовой геодинамики Припятского и Днепровского сегментов земной коры / Р. Е. Айзберг, Я. Г. Грибик // Доклады Нац. акад. наук Беларуси. – 2018. – Т. 62, № 4. – С. 473–479.
3. **Айзберг, Р. Е.** Синрифтовая геодинамика Припятского прогиба / Р. Е. Айзберг, Т. А. Старчик. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 146 с.
4. **Бескопыльный, В. Н.** Карта структурного районирования подсолевого комплекса Припятского прогиба для решения задач эффективного освоения ресурсов углеводородов / В. Н. Бескопыльный, Р. Е. Айзберг, Я. Г. Грибик. – Масштаб 1 : 200 000. – Минск : Белкартография, 2011. – 1 к.
5. **Богомолов, Г. В.** Радиоактивность подземных вод как поисковый критерий нефтегазоносности (на примере Припятского прогиба) / Г. В. Богомолов, Я. Г. Грибик. – Минск : Наука и техника, 1982. – 148 с.
6. **Гарецкий, Р. Г.** Геофизические поля и типы земной коры Беларусь / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Карапаев, И. В. Данкевич // Геофизические поля и динамика тектоносферы Беларусь. – Минск : ИГН НАН Беларусь, 2002. – С. 4–16.
7. **Гарецкий, Р. Г.** Припятский прогиб / Р. Г. Гарецкий, В. С. Конищев, Р. Е. Айзберг // Геология Беларусь. – Минск : ИГН НАН Беларусь, 2001. – С. 519–551.
8. **Геотермический атлас Беларусь** / под общ. ред. В. И. Зуя ; М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр по геологии», Ин-т геологии. – Минск : Нац. библиотека Беларусь, 2018. – 89 с.
9. **Гирин, Р. Э.** Тектоника и геодинамика зоны сочленения Припятского и Днепровского прогибов / Р. Э. Гирин, Р. Г. Гарецкий, Я. Г. Грибик // Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы – 2025 : материалы LVI Тектонического совещания. – М. : ГЕОС, 2025. – С.117–121. DOI: 10.34756 /GEOS.2025.17.39149.
10. **Гирин, Р. Э.** Тектоно-геодинамический анализ мощности земной коры запада Восточно-Европейской платформы / Р. Э. Гирин ; Нац. акад. наук Беларусь, Ин-т природопользования. – Минск : Беларус. навука, 2022. – 110 с.
11. **Гирин, Р. Э.** Характер нефтегазоносности Припятского палеорифтового бассейна в свете геодинамических особенностей его формирования / Р. Э. Гирин, Р. Г. Гарецкий, Я. Г. Грибик // Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы. – 2024 : материалы LV Тектонического совещания. – М. : ГЕОС, 2024. – Т. 1. – С. 102–106. DOI: 10.1016/S0040 – 1951 (03)00200-2.
12. **Грибик, Я. Г.** Геологическая роль поискового метода «дикая кошка» в изучении углеводородного потенциала Припятского прогиба / Я. Г. Грибик // Природопользование. – 2021. – № 1. – С. 148–168.
13. **Грибик, Я. Г.** Гидрогеохимические критерии нефтеносности и типизации закончурных вод нефтяных месторождений / Я. Г. Грибик, П. Г. Альтшуллер // Проблемы освоения ресурсов нефти и газа в Беларуси и пути их решения. – Гомель : РУП «ПО “Белоруснефть”», 2003. – С. 133–146.
14. **Грибик, Я. Г.** Особенности теплового потока Припятского прогиба / Я. Г. Грибик, В. И. Зуй // Современные проблемы геологии : университетские геол. чтения, посвящ. 60-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей, Минск, 3–4 апр. 2009 г. – Минск : БГУ, 2009. – С. 86–91.
15. **Грибик, Я. Г.** Связь месторождений нефти с глубинными разломами / Я. Г. Грибик // Доклады НАН Беларусь, 2005. – Т. 48, № 5. – С. 86–91.
16. **Грибик, Я.** Типи земної кори і особливості мінерагенії південно-східної частини Білорусі / Я. Грибик, Р. Гирин // Геофізіка і геодінаміка: прогнозування та моніторинг геологічного середовища : матеріали міжнарод. конференції. – Львів : Растр-7, 2021. – С. 69–72.
17. **Егорова, Т. П.** Припятский прогиб как возможный канал мантийной дегазации: глубинное строение и положение в зоне сочленения Сарматии и Фенноскандии / Т. П. Егорова, А. В. Муровская // Геофизический журнал. – 2020. – Т. 42, № 5. – С. 107–128.
18. **Зуй, В. И.** Тепловое поле платформенного чехла Беларусь / В. И. Зуй. – Минск : Экономпресс, 2013. – 256 с.
19. **Каратаев, Г. И.** Геолого-математический анализ комплекса геофизических полей / Г. И. Карапаев, И. К. Пашкевич. – Киев, 1986. – 168 с.
20. **Кононов, А. И.** К вопросу о факторах миграции и аккумуляции / А. И. Кононов, В. Г. Дробышева // Вопросы нефтяной геологии Белоруссии. – Минск : БелНИГРИ, 1975. – С. 208–223.
21. **Кононов, А. И.** Условия формирования и закономерности размещения залежей нефти в Припятском прогибе / А. И. Кононов. – М. : Недра, 1976. – 149 с.
22. **Лапуть, В. А.** Геохимия нефтеносных отложений Белоруссии / В. А. Лапуть. – Минск : Наука и техника, 1983. – 214 с.

23. **Латерально-временной** ряд породных комплексов позднефранско-раннефаменской Припятско-Днепровской области магматизма / О. Ф. Кузьменкова [и др.] // Літасфера. – 2020. – № 1 (52). – С. 3–20.
24. **Летников, Ф. А.** Флюидные фации континентальной литосферы и проблемы рудообразования / Ф. А. Летников // Смирновский сборник – 99 (научно-литературный альманах). – М., 1999. – С. 63–98.
25. **Летников, Ф. А.** Флюидный режим эндогенных процессов и проблемы рудогенеза / Ф. А. Летников // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47, № 12. – С. 1296–1307.
26. **Никуленко, Е. Ф.** Геохимические закономерности в изменении свойств и состава нефтий Припятского прогиба как основа для прогнозирования их типов и качества : автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук / Е. Ф. Никуленко. – Л., 1978. – 25 с.
27. **Познякевич, З. Л.** Геохимия органического вещества пород и нефтий / З. Л. Познякевич // Геология и нефтегазоносность запада Восточно-Европейской платформы. – Минск : Беларус. наука, 1997. – С. 310–389.
28. **Промышленный** приток нефти из пород кристаллического фундамента Припятского прогиба / Я. Г. Грибик [и др.] // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 131–137.
29. **Тектоника** нефтеносных комплексов Припятского палеорифта и ее связь с глубинным строением земной коры / Р. Е. Айзберг [и др.] // Советская геология. – 1988. – № 12. – С. 3–14.
30. **Толстошев, В. И.** О строении поверхности кристаллического фундамента Брагинско-Лоевской перемычки и сопредельных территорий / В. И. Толстошев, С. А. Кручек, П. О. Сахарук // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 3–22.
31. **Juhlin, C.** Reappraisal of deep seismic reflection Profile VIII across the Pripyat Trough / C. Juhlin, R. A. Stephenson, S. Klushin // Tectonophysics. – 1996. – Vol. 268. – P. 99–108.
32. **Lithoseric** structure along wide-angle seismic profile GEORIFT-2013 in Pripyat-Dnieper-Donets Basin (Belarus and Ukraine) / V. Starostenko [et al.] // Geophysical Journal International. – 2018. – P. 1–31. DOI: 10.1093/gji/ggx509.
33. **Mengel, K.** Evolution of the petrological and seismic Moho – implications for the continental crust-mantle boundary / K. Mengel, H. Kern // Terra Nova. – 1992. – Vol. 4. – P. 109–116.
34. **The 1.80–1.74-Ga** gabbro-anorthosite-rapakivi Korosten Pluton in the Ukrainian Shield: a 3-D geophysical reconstruction of deep structure / S. V. Bogdanova [et al.] // Tectonophysics. – 2004. – Vol. 381. – P. 5–27.
35. **Upper** lithospheric seismic velocity structure across the Pripyat Trough and the Ukrainian Shield along the EUROBRIDGE 97 profile / H. Thybo [et al.] // Tectonophysics. – 2003. – Vol. 371. – P. 41–79.
36. **Wernicke, B.** Uniform-sense normal simple shear of the continental lithosphere / B. Wernicke // Can. J. Earth. Sci. – 1985. – Vol. 22, № 1. – P. 108–125.
37. **Wilson, M.** Magmatism and the geodynamics of sedimentary basin formation / M. Wilson // Sedimentary Geology. – 1993. – Vol. 86. – P. 5–29.

Артыкул настуپіў у рэдакцыю 24.09.2025

Рэцензент У.І. Зуй

ПРА МАГЧЫМУЮ ЎЗАЕМАСУВЯЗЬ НАФТАГАЗАНОСНАСЦІ І ГЕАДЫНАМІЧНЫХ УМОЎ ФАРМІРАВАННЯ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ

Р. Э. Гірын, Я. Г. Грыбік

Інстытут прыродакарыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі
вул. Ф. Скарыны, 10, 220076, Мінск, Беларусь
E-mail: girinrobert@gmail.com; yaroslavgribik@tut.by

Даследавана ўзаемасувязь паміж цеплавым струменем, колькасію і якасцю нафты Прывяцкага прагіну і геадынамікі яго развіцця. Вызначана, што пераважная колькасць залежаў нафты і яе высокая якасць прымеркаваны да Паўночнага структурнага раёна, у межах якога фіксуецца максімальны цеплавы струмень на плошчы Прывяцкага палеарыфта. Паказана, што высокі цеплавы паток гэтага раёна абумоўлены, па-першае, павышаным канвектыўным цепламасапраносам у размешчаным тут коравым сегменце дэтачменту (галоўнага зрыву) Прывяцкага прагіну. Па-другое, кандуктыўным астуджэннем эфузійных

парод чахла і кансалідаванай кары, якая змяишае вялікі аб'ём інтрузійных цел познедэвонскага магматызму. Значнае праяўленне магматызму ў паўночна-ўсходняй частцы прагіну была абумоўлена актыўнымі плюм-тэктанічнымі працэсамі, згенерыраванымі галаўной часткай Захадне-Дняпроўскай рыфтавай падушкі Дняпроўскага грабена ў перыяд максімальнага расцяжэння літасфери. Тэктанічна гэта прывяло да ўтварэння тут глыбокага Прывіцка-Дняпроўскага седыментацыйнага палеапраліва. Прывіцкі рыфтагенез развіваўся дзякуючы пластычнаму расцяжэнню ніжніх кары з адначасовым патаненнем яго верхніх і сярэдніх кары з прычыны крохкага расцяжэння. Моцная рэзістэнтнасць да расцяжэння ніжніх, кіслай кары Карасцянскага плутона, падсцілаючай Паўднёвы структурны раён, і павышаная пластычннасць асноўнай-ультраасноўнай ніжніх кары Цэнтральнага і Паўночнага структурных раёнаў абузовілі асіметрычнае развіціе Прывіцкага рыфта з фарміраваннем шырокіх расцяжэнняў, сістэмы лістрычных скідаў і скрэзілітасфернага дэтачменту. Верхнемантыны сегмент зоны дэтачменту і яе разгалінавання ў кары Паўночнага структурнага раёна ў форме лістрычных разломаў служылі найгaloунешымі каналамі інтэнсіўнага цепламасапраносу і міграцыі мантыйных вуглевадародзмязичальных флюідаў у асадкавы чахол Прывіцкага прагіну, спрыяючы фарміраванню тут высокага цеплавога струменя і нафтавых залежаў.

Ключавыя слова: Прывіцкі прагін, нафтансасць, цеплавы струмень, якасць нафты, Карасцянскі плутон, геадынаміка рыфтагенезу, шырока расцяжэння, лістрычныя разломы, дэтачмент, мантыйныя вуглевадародзмязичальныя флюіды.

ON THE POSSIBLE RELATIONSHIP OF THE OIL AND GAS BEARING AND THE GEODYNAMIC CONDITIONS OF FORMATION OF THE PRIPYAT TROUGH

R. Girin, Ya. Gribik

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus

10 F. Skaryna St, 220076, Minsk, Belarus

E-mail: girinrobert@gmail.com; yaroslavgribik@tut.by

The relationship between the heat flow, the quantity and quality of oil in the Pripyat Trough and the geodynamics of its development is investigated. It has been established that the overwhelming amount of oil deposits and its high quality are confined to the Northern Structural District, within which the maximum heat flow is recorded in the area of the Pripyat paleorift. It is shown that the high heat flow in this area is caused, firstly, by increased convective heat and mass transfer in the crustal segment of the detachment (main extensional fault) of the Pripyat Trough located here. Secondly, by conductive cooling of the effusive rocks of the cover and consolidated crust, containing a large volume of intrusive bodies of Late Devonian magmatism. A significant manifestation of magmatism in the northeastern part of the trough was due to active plume-tectonic processes generated by the head part of the West Dnieper rift pillow of the Dnieper graben during the period of maximum stretching of the lithosphere. Tectonically, this led to the formation of a deep Pripyat-Dnieper sedimentary paleostrait here. Pripyat riftogenesis developed due to plastic stretching of the lower crust with simultaneous thinning of its upper and middle crust as a result of brittle stretching. The strong resistance to stretching of the lower acid crust of the Korosten pluton, which underlies the Southern structural region, and the increased plasticity of the basic-ultrabasic lower crust of the Central and Northern structural regions caused the asymmetric development of the Pripyat rift with the formation of a tension neck, a listric fault system, and a translithospheric detachment. The upper mantle segment of the detachment zone and its branches in the crust of the Northern structural region in the form of listric faults served as the main channels of intensive heat and mass transfer and migration of mantle hydrocarbon-containing fluids into the sedimentary cover, favoring the formation of high heat flow and oil deposits here.

Keywords: Pripyat Trough, oil-bearing capabilities, heat flow, oil quality, Korosten Pluton, rifting geodynamics, extension neck, listric faults, detachment, mantle hydrocarbon-containing fluids.

УДК 553.98

<https://doi.org/10.65207/1680-2373-2025-2-60-70>

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ЭМЕРДЖЕНТНОСТИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ

И. Р. Захария¹, А. А. Ерошенко²

¹Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

Филиал «Институт геологии»

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

E-mail: ramzes0409@gmail.com,

²РУП «Производственное объединение “Белоруснефть”»

Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти

ул. Книжная, 15а, 246003, Гомель, Беларусь

E-mail: a.eroshenko@beloil.by

Пустотное пространство (ПП) – важный элемент породы-коллектора, с которым связано содержание углеводородов (УВ) и строение которого определяет протекание всех процессов по извлечению УВ из недр. От строения ПП и его свойств непосредственно зависит и конечная нефтеотдача пластов при разработке месторождений нефти. Несмотря на развитие технологий и методик изучения ПП, мы так и не приблизились как к полному пониманию строения и физических характеристик этого образования, так и к возможности описать процессы движения флюидов в пустотном пространстве горных пород. Применена процедура рассмотрения проблемы с позиций системного подхода: разделение геологических объектов на уровни с применением принципа сложных систем. Предлагается альтернативный подход к изучению ПП и пониманию происходящих в нем процессов, основой которого является рассмотрение пустотного пространства коллектора как эмерджентного образования, эмерджентной структуры горной породы, что позволяет охарактеризовать ПП по эмерджентным свойствам.

Ключевые слова: горная порода, пустотное пространство, моделирование, свойства, системный подход, иерархичность строения, эмерджентность.

ВВЕДЕНИЕ

Неотъемлемым атрибутом горной породы-коллектора, которая может вмещать в себе и отдавать при внешнем воздействии пластовые флюиды, является пустотное пространство. Пустотное пространство пластов-коллекторов – весьма важное образование уровня горной породы (ГП), и конкретно на это образование направлены все усилия по извлечению УВ из пластов в процессе разработки месторождений.

Без детального изучения пустотного пространства, без понимания сущности происходящих в нем процессов невозможно точно оценить запасы/ресурсы УВ, отслеживать и управлять фильтрационными потоками флюидов в продуктивном пласте, а следовательно, и эффективно разрабатывать месторождение, максимизировать нефтеотдачу. Это

основа (геологическая основа) для принятия технологических и экономических решений в нефтедобыче.

Но строение пустотного пространства (СПП) чрезвычайно сложное, и до настоящего времени нет оптимальной процедуры, методик изучения как строения ПП реальных пород, так и процессов движения флюидов в этой среде. Более того, не лучше обстоит дело и с модельными построениями ПП.

Существует множество методов изучения строения пустотного пространства: математическое моделирование (создание и описание идеализированных моделей ПП), лабораторные методы (микроскопия, ртутная порометрия, газовая порометрия, ультразвуковая порометрия, насыщение красителями и люминофорами), методы компьютерной томографии и электронной микроскопии, 3D-моделирование пустотного пространства.

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА

Математические (классические) модели ПП

Один из путей изучения строения пустотного пространства – математическое моделирование, то есть создание и описание идеализированных моделей ПП.

Идеальный грунт – капиллярная модель, представляющая собой пустотную среду с гладкими непересекающимися каналами цилиндрической формы одинакового сечения, параллельными направлению фильтрации. Это простейшая и единственная модель горной породы, строение пустотного пространства которой поддается полному и всестороннему описанию, то есть можно определить и/или рассчитать все его параметры, увязать свойства и характеристики.

Модели фиктивного грунта представляют собой различные упаковки одинаковых сферических частиц. Модель Ч. Слихтера – геометрически правильно упакованные сферические частицы одинакового размера: для максимально плотной гексагональной упаковки системы характерны два типа их укладки – слоеная решетчатая и гексагональная плотная (нерешетчатая) упаковки [6; 7]. В модели К. Терцаги одинаковые сферические частицы упакованы хаотично. Несмотря на идеализированную, упрощенную модель строения ПП в данных моделях, вводимый ряд упрощений и допущений не позволяет привязать к физическим характеристикам этих моделей свойства ПП, рассчитать фильтрацию в ней флюидов, как это возможно для идеальной модели. Также детальный анализ этих моделей показал ошибки и недопустимые упрощения в расчетах фильтрации флюидов в ПП моделей: это и упрощение формы пустотного канала фильтрации до треугольного, неверный расчет осредненной площади канала и средней длины канала между двумя слоями для модели Ч. Слихтера; в модели К. Терцаги, кроме некоторых ошибок, что и у Ч. Слихтера, вводится в расчеты величин проницаемости модели и скорости фильтрации условная величина «гидравлический радиус каналов фильтрации», которая была применена Л. Лойцянским (1970) [4] для приблизительного сравнения сопротивления фильтрации в трубах сложного фигурного сечения – но не для расчета скоростей фильтрации! Но «... прием этот очень груб и имеет смысл только если у сравниваемых труб сечения геометрически близки друг к другу» [4, с. 479]. Не устраняются недостатки моделей Ч. Слихтера и К. Терцаги и в других моделях фиктивного

грунта; усложнение моделей вносит новые неточности. Так, в модели И. Козени удлинение пути фильтрации – отношение длины усредненного канала пути фильтрации между двумя слоями упаковки сфер l к собственно расстоянию между слоями h – предполагается равным 2; П. Карман считает его равным $\sqrt{2}$ (то есть 1,414). Нами же для гексагональной упаковки, для которой удлинение будет максимальным из всех видов упаковки одинаковых сферических частиц, рассчитано отношение l/h по геометрическим показателям, равное 1,214.

В моделях трещиноватых сред также имеются свои идеализации: в модели Пейна это параллельные трещины, гладкая поверхность, постоянное раскрытие трещин в расчетах и др., то есть не учитывается сложный характер раскола массива породы, взаиморасположение трещин (пересечения, ветвления), влияние напряженного состояния пласта на раскрытость. В модели Уоррена-Рута (модели с двойной пористостью среды) возникает сложность параметризации: требуется раздельное определение характеристик матрицы и трещин; не учитываются динамические изменения (например, смыкание трещин при росте нагрузки на породу).

Таким образом, приведенная краткая информация об анализе идеализированных модельных построений ПП показала, что даже для моделей грунта, составленных из одинаковых сферических частиц, невозможно описать ни само строение и конфигурацию пустот, ни увязать характеристики ПП с процессами движения в пустотных каналах флюидов. И единственной моделью горной породы, строение пустотного пространства которой поддается полному и всестороннему описанию, является идеальный грунт. Строение ПП реальных пород, идя по такому пути моделирования, охарактеризовать невозможно.

Лабораторные методы изучения строения ПП

Кроме рассмотренных модельных построений ПП, существует целый ряд аналитических методов изучения пустотного пространства горных пород. Вкратце приведем основные наиболее часто применяемые.

Микроскопический метод изучения пород позволяет определять следующие характеристики пород: минеральный (вещественный) состав; структуру, текстуру породы; форменные компоненты: количество, размер зерен, характер упаковки; цемент – состав, количество, тип цементации; наличие примесей и органических веществ – количество, характер распределения в породе; постседиментационные преобразования; характеристика пустотного

пространства – наличие и типы пустот, их генезис, морфология и размеры, соотношение пор, трещин, каверн (рис. 1, 2) [1]. Метод показывает только срез

ПП и не позволяет представить объемную структуру, проследить пространственное развитие и изменение пустот.

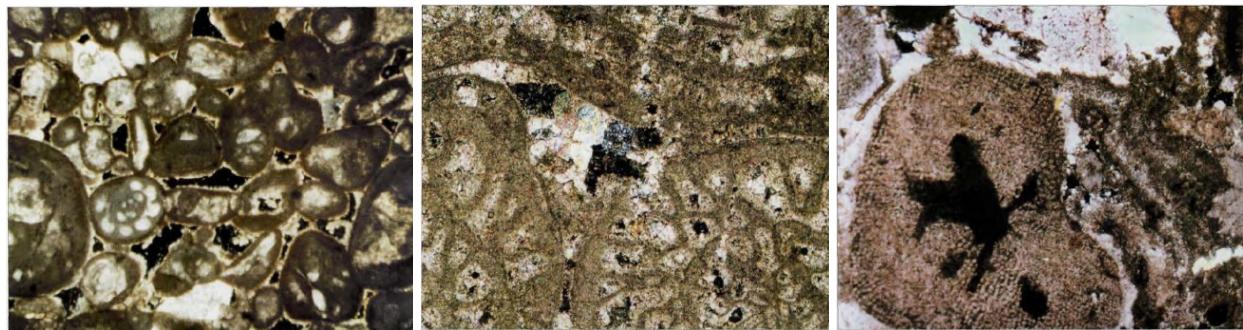


Рисунок 1 – Микроскопия: образцы карбонатных пород Прикаспийской провинции, 10× увеличение, скрещенные николи (пустоты – черный цвет) (по материалам К. И. Багринцевой, 2003) [1]

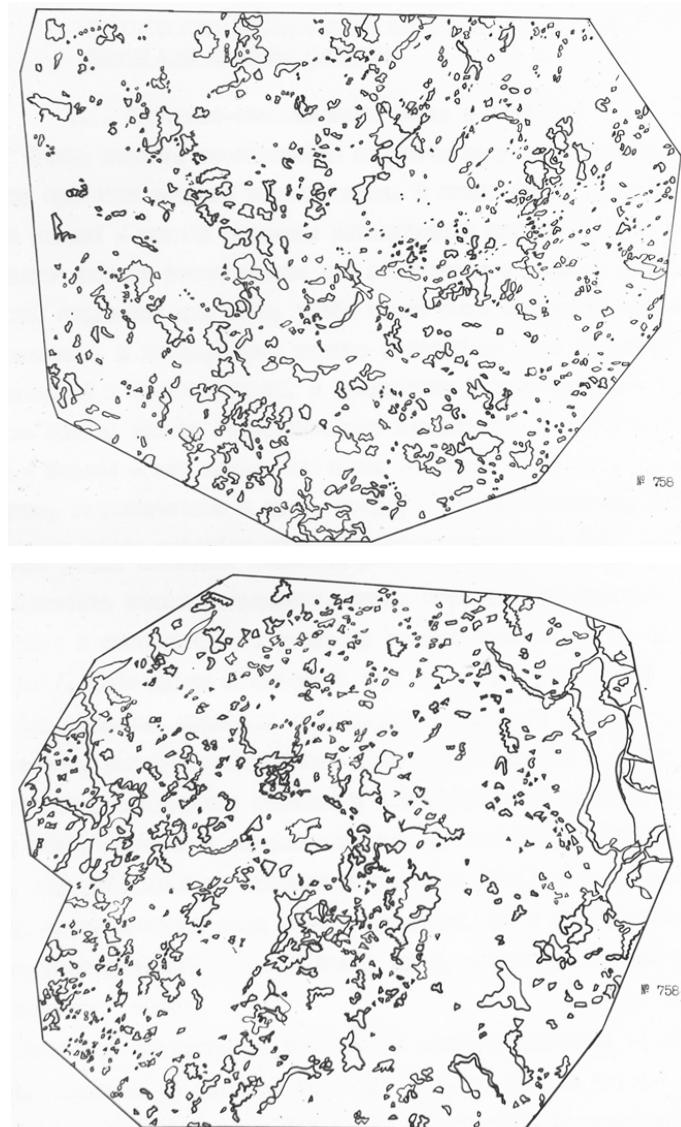


Рисунок 2 – Реконструкция пустот по шлифам образцов №№ 758 и 758-1, отобранных в скв. 15 Полесского нефтяного месторождения из интервала 2671,6–2686,4 м (отложения дроздовского горизонта, известняк пористо-кавернозный, трещиноватый)

Ртутная порометрия (ртутная порозиметрия) – метод, основанный на вдавливании ртути как не смачивающей жидкости под давлением в образец ГП с одновременным замером давления и объема вдавленной ртути. Это широко распространенный ранее метод измерения объема пор (общего и удельного) и распределения их по размерам в диапазоне мезо- и макропор. Метод не дает представления ни о форме пустот, ни о строении ГП.

Методы насыщения образцов красителями и люминофорами – одни из самых популярных

в недалеком прошлом, позволяющие визуализировать внутреннее строение породы, ее пустотное пространство, в том числе и способом растворения карбонатной породы получать слепок ПП. Метод капиллярного насыщения горных пород люминесцирующими жидкостями (метод К. И. Багринцевой) основан на капиллярной пропитке образца ГП люминофором и фиксации свечения люминофора в пустотах в ультрафиолете фотографированием [1]. Используется для измерения раскрытия трещин, можно рассчитать густоту трещинной системы (рис. 3).

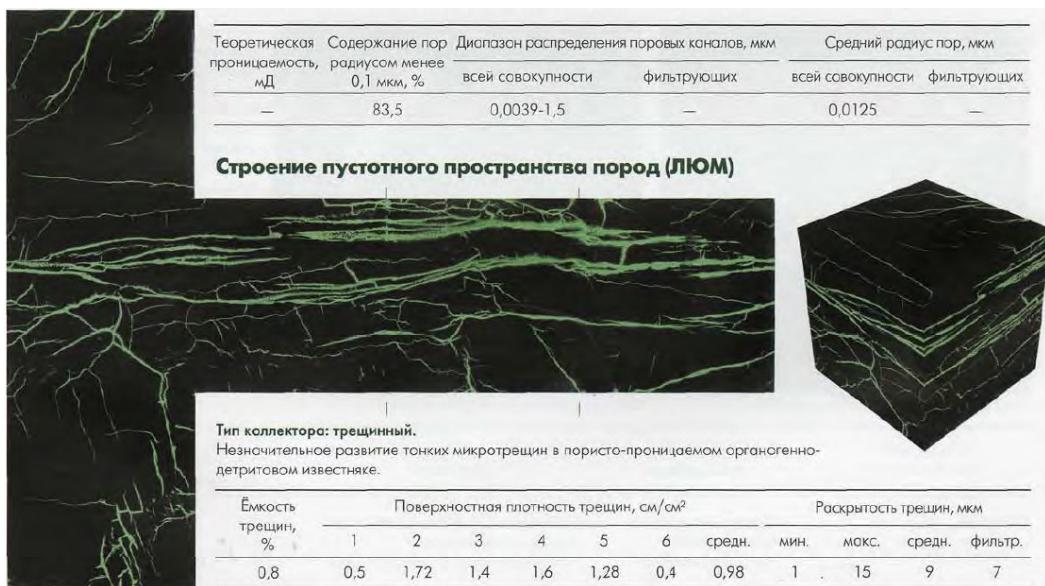


Рисунок 3 – Изучение строения пустотного пространства по методике К. И. Багринцевой (пропитка люминофором) [1]

МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПП

Методы компьютерной томографии. μ СТ (микро-КТ, микрокомпьютерная томография) и X-ray СТ (рентгеновская компьютерная томография) – это методы рентгеновской томографии, используемые для изучения внутренней структуры горных пород. μ СТ – рентгеновская томография с высоким разрешением (обычно от 0,5 до 50 микрон). Применяется для детального анализа пустот, изучения формы, размера и связности пустот; анализа распределения флюидов в ПП (нефть, вода, газ); моделирования фильтрации в ПП (Digital Rock Physics). X-ray СТ (рентгеновская компьютерная томография, или обычная КТ) – применяется в медицине, промышленности, науке. Разрешение 50-500 мкм. В геологии применяется для скрининга крупных образцов, изучения пористости, трещиноватости, кавернозности (анализ поровых каналов в песчаниках, изучение трещин в сланцах, обнаружение

крупных каверн в карбонатах), оценки фильтрации флюидов, быстрого сканирования кернов перед детальным изучением и др.

Сканирующая (растровая) электронная микроскопия (СЭМ и РЭМ) для исследования и визуализации структуры ПП. Метод позволяет проводить изучение микроморфологии и тонкой структуры поверхности различных материалов с помощью сфокусированного электронного пучка, сканирующего поверхность образца. Благодаря меньшей, чем у света, длине волн электронов, растровый (сканирующий) электронный микроскоп позволяет изучать образцы с разрешением, в десять тысяч раз превосходящим разрешение самого совершенного светооптического микроскопа, поэтому с помощью СЭМ/РЭМ возможно изучение объектов нанометровых размеров (рис. 4). Метод позволяет определять как минеральный состав в пределах среза исследуемого образца с расчетом массовой доли каждого минерала, так и его элементный состав (рис. 5) [8].

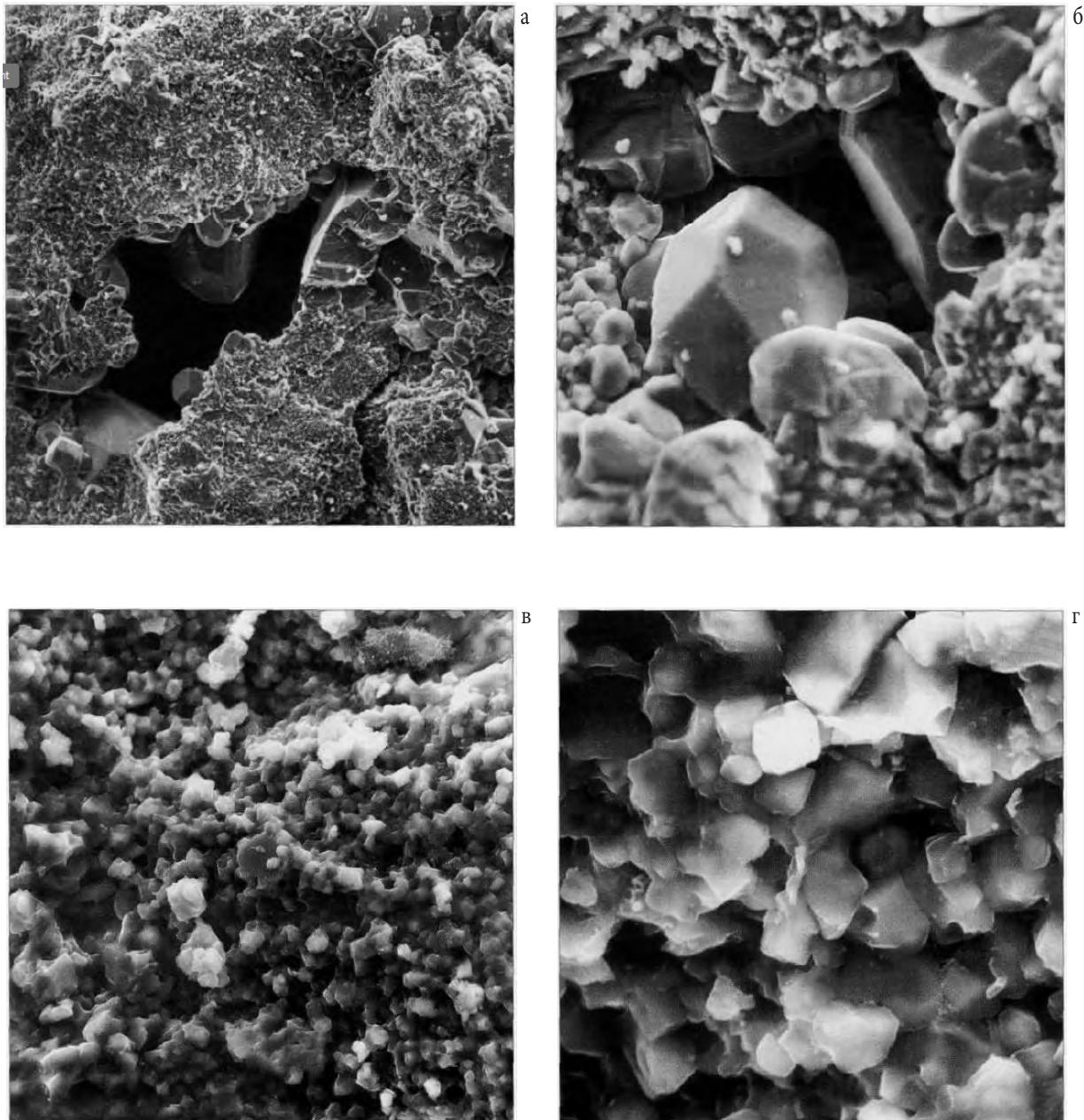


Рисунок 4 – Метод электронной микроскопии (СЭМ). Карбонаты Тимано-Печоры: а – увеличение 100 \times ; б – увеличение 300 \times ; в – увеличение 1000 \times ; г – увеличение 3000 \times (по К. И. Багринцевой, 2003) [1]

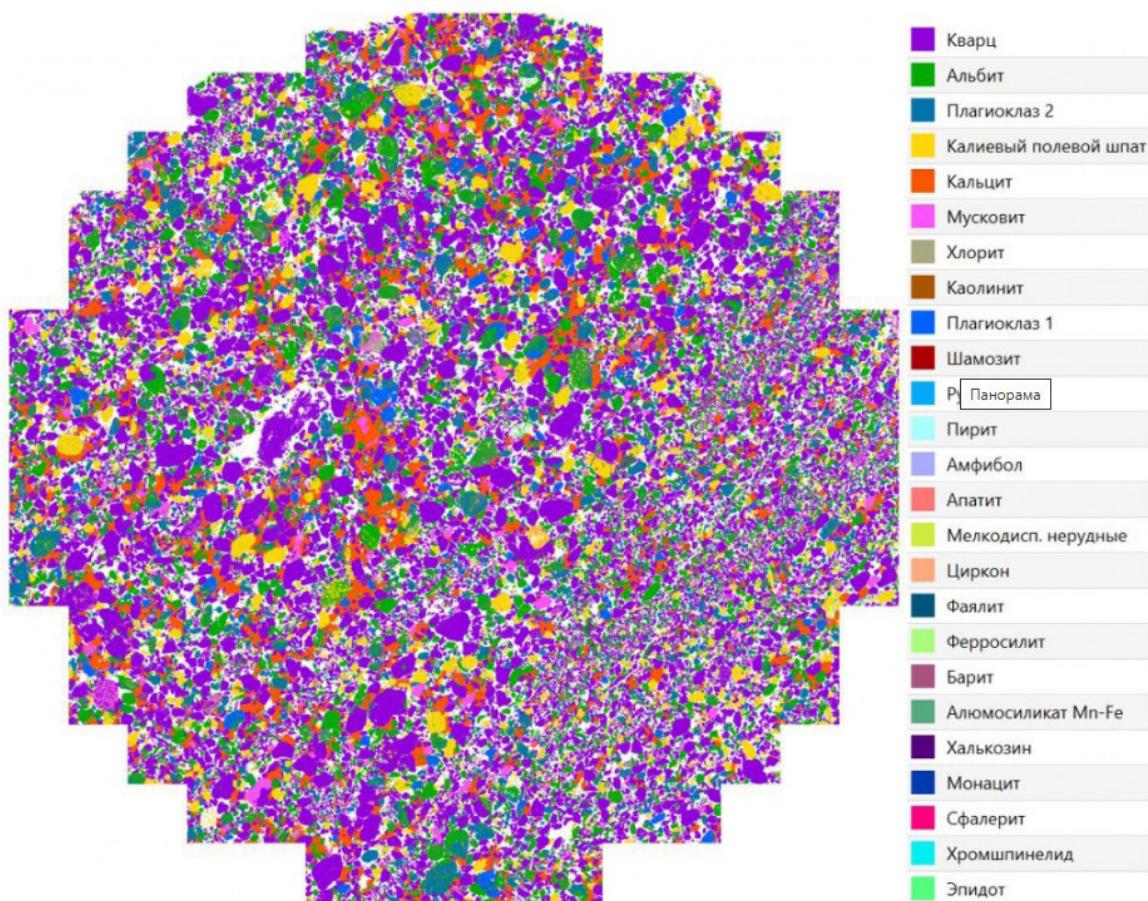


Рисунок 5 – СЭМ: панорамное изображение отсканированной поверхности образца керна, каждый минерал кодируется своим цветом. Пустоты на снимке – белым цветом (по материалам А. Старцевой, 2019) [8]

3D-моделирование пустотного пространства. На основе данных компьютерной томографии (микро-КТ) строится 3D-модель внутренней структуры породы, включая поры, трещины и минеральные фазы. К 3D-моделированию относится и метод, или *технология, «Цифровой керна»* – это совокупность данных об объемной структуре породы, элементном, химическом и минеральном составе компонентов коллектора, пустотном пространстве, УВ, на различных масштабах – от метров до нанометров, а также результаты компьютерной обработки трехмерных моделей внутреннего строения образов и моделирования физических свойств. В процессе

исследования получают серии виртуальных сечений (срезов) образца ГП, которые собираются в единую трехмерную модель, позволяющую проводить анализ строения горной породы и оценивать характер взаимоотношения ее отдельных компонентов (рис. 6) [5]. Такая модель подвергается дальнейшей компьютерной обработке и численному анализу для получения качественной и количественной информации о структуре образца, включающей в себя характеристику внутренней структуры, информацию о количестве и объемной доле зерен, пор и различных включений в образце. На этом основании производится визуализация сети пор (рис. 7) [9].

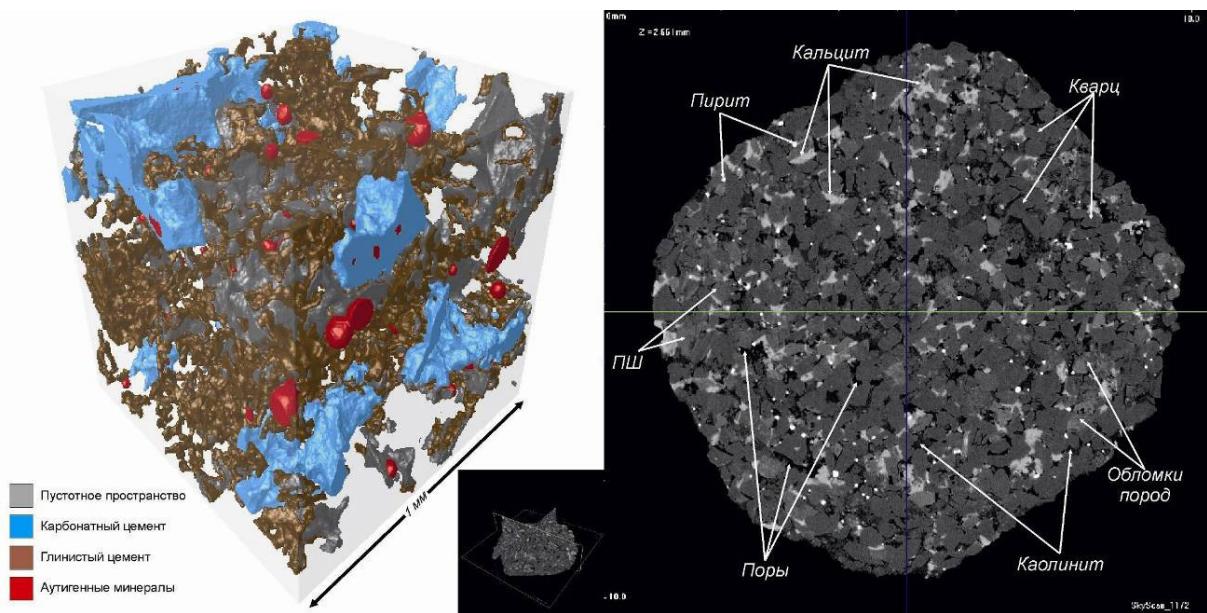


Рисунок 6 – Пример объемной модели карбонатизированного песчаника (по материалам Д. В. Короста, 2012) [5]

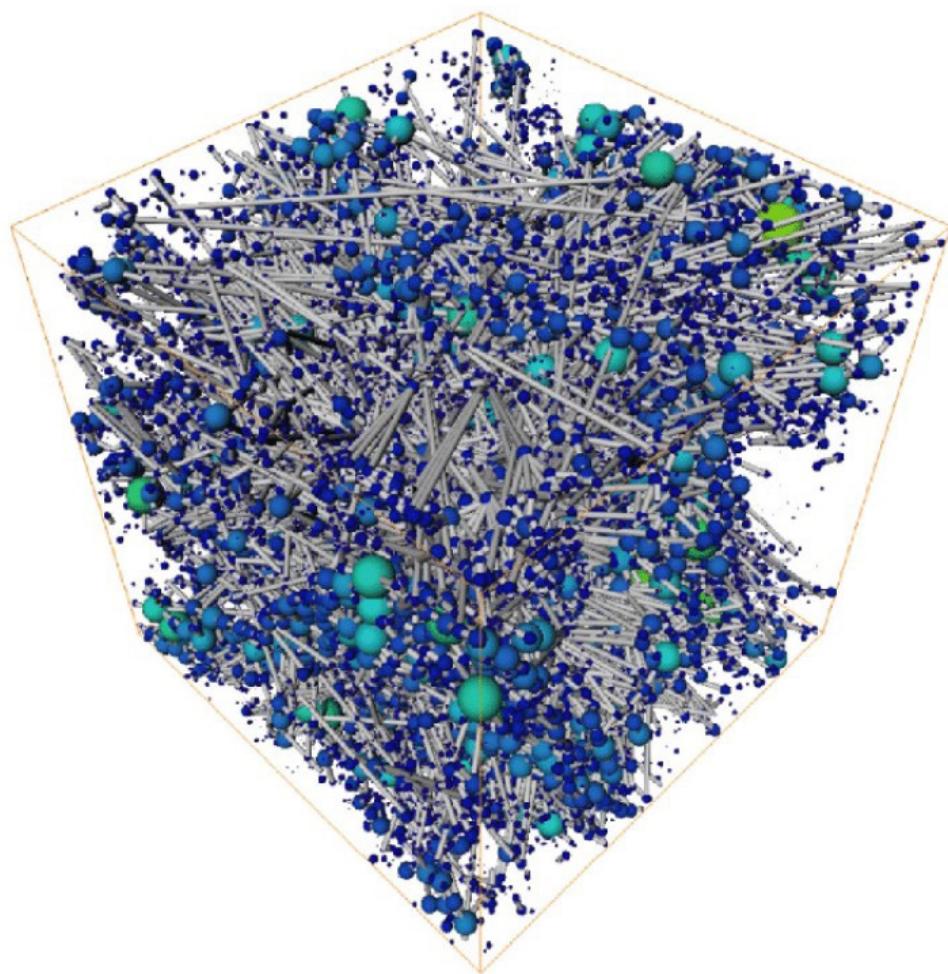


Рисунок 7 – Визуализация сети пор, сгенерированной на основе 3D-моделирования ПП реального образца: ПП представлено в виде решетки из сфер, соединенных узкими цилиндрами – поровыми каналами (горловинами) (по материалам Jan Goral, 2020) [9]

Представленная на рисунке 7 3D-модель ПП реального образца является в принципе квинтэссенцией всех методов моделирования пустотного пространства: пустотные каналы упрощены до самого простого их представления в виде цилиндров, а сами пустоты представлены в идеализированном виде как сферы. Но, невзирая на все упрощения модельного представления пустотной среды, охарактеризовать такой коллектор, описать математическим аппаратом, установить какие-то закономерности движения флюидов в такой модели практически невозможно.

Таким образом, методы КТ показывают нам действительно сложнейшую картину структуры ПП на микроуровне. Благодаря усовершенствованию технологий исследования ПП мы получаем все больше информации о внутреннем строении пород-коллекторов, модели все усложняются. Растет объем описательной разнородной в целом статистической информации, в итоге мы имеем огромный дополнительный массив Big Data, который также требует приложения дополнительных усилий для обработки и пользы от которого непропорционально мала по отношению к затратам. Но к решению вопросов фильтрации флюидов в таких модельных средах, взаимодействия флюидов и породы, извлечения УВ из реальных коллекторов и модельных структур даже такое сложное моделирование нас практически не приближает.

Масштабирование отображения СПП от реальных размеров до микро- и наноуровней только более полно показало всю картину сложности его строения, в то же время разрушило наши надежды на то, что можно реально охарактеризовать, описать математическим аппаратом само строение пустотного пространства породы, увязать сложные физические характеристики внутреннего строения породы с процессами взаимодействия породы-коллектора с пластовыми флюидами.

Также важным аспектом являются весьма высокие цены как на оборудование, так и за услуги по проведению анализов методами КТ.

Резюме: все (!) методы изучения строения пустотного пространства породы, его физических характеристик являются достаточно трудозатратными, часто дорогими и очень дорогими, и все они так и не дают полной информации о СПП.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Пустотное пространство породы-коллектора как эмерджентное образование

Для нефтегазовой геологии и нефтедобычи, а также с целью познания горной породы как

элемента геологического пространства планеты нам нужно не просто получить информацию о строении пустотного пространства породы во всей его сложности, но и увязать полученные различными методами физические характеристики пустотного пространства и горной породы с процессами взаимодействия «порода – флюид» в том же ПП – прочностью связи нефти и воды с поверхностью пустот, смачиваемостью, адгезией, фильтрационными и емкостными возможностями и др. И для этого надо иметь полную картину того, что из себя представляет пустотное пространство горной породы, – не только физические характеристики, но и свойства, продуцируемые этими характеристиками.

Так как вопрос получения операбельной информации о строении пустотного пространства пород-коллекторов не решается через те физические характеристики, которые нам дают вышеописанные методы и методики, авторами предложена процедура рассмотрения проблемы с позиции системного подхода: разделение геологических объектов на уровни с применением принципа иерархичности строения сложных систем.

В геологии простые по отношению к исследуемым ее проблемам системы образуются на уровне минеральных частиц, составляющих горную породу (хотя ряд геологических дисциплин (минералогия, кристаллография и др.) рассматривают еще более глубинные уровни строения геологических объектов), и, следовательно, горная порода – первый иерархический уровень рассмотрения сложных геологических объектов, процессов. На этом иерархическом уровне геологические объекты – горные породы – имеют свои **физические характеристики и физические свойства**. Согласно теории познания (эпистемологии/гносеологии) и не противореча кантовскому трансцендентальному идеализму, сущностные стороны (физические характеристики) всякой вещи, объекта («вещи в себе» по И. Канту) раскрываются только через явление (с нашей точки зрения, через взаимодействие с другими вещами, которое может наблюдаться или быть проявленным в явлении) и проявляются через свойства вещи, объекта. Отсюда умозаключение, что труднопознаваемые (непознаваемые по И. Канту) объекты можно познать не через физические характеристики, а через их свойства, которые проявляются в процессах взаимодействия с окружающим миром.

Основой для выделения иерархического уровня сложной системы являются новое образование и новые свойства уровня системы, которых нет на предыдущем уровне. Эти вновь появившиеся свойства системы называются эмерджентными [3].

Для иерархического уровня «горная порода» новым образованием по отношению к предыдущему уровню иерархии геологических объектов – минеральному – является пустотное пространство как часть системы ГП, а эмерджентными свойствами этого образования выступают емкостные, фильтрационные и дисперсионно-поверхностные, представляющие собой тройку коллекторских свойств.

Само строение (структура) пустотного пространства (межзерновые поры, каверны, трещины, характер взаимного расположения минеральных частиц и пустот, их размеры, дисперсность и др.) формируется в результате различных геологических процессов (седиментации, диагенеза, тектонических и др. деформаций, химического растворения, кристаллизации из растворов, метаморфизма и др.), но при этом приобретает новые качества, которые нельзя спрогнозировать, просто зная свойства минералов или условия осадконакопления. Поэтому можно обоснованно сказать, что пустотное пространство горной породы-коллектора нужно рассматривать как эмерджентное образование, эмерджентную структуру. Такой подход является ступенькой к познанию сущности этого образования – ПП и породы-коллектора в целом – и может быть ключом к решению вопроса оценки сложности строения ПП.

Обоснование контролируемых свойств объектов согласно принципу эмерджентности

Как при поисково-разведочных работах на нефть и газ, так и при разработке месторождений необходимо знать фундаментальные свойства пород-коллекторов как основного держателя, емкости, в которой содержатся эти УВ. Перечень свойств, отвечающих как за взаимодействие флюидов, содержащихся в ПП породы, с самой породой, так и за движение флюидов к скважинам и извлечение их из недр, довольно обширен. Но в рассматриваемом нами вопросе мы остановимся только на свойствах, относящихся к самой горной породе и ее эмерджентному образованию – пустотному пространству.

Что такое свойство? Свойство в философии – неотъемлемый атрибут предмета, вещи (объекта), определяющий его вид, тип, поведение и др.; свойство – сторона проявления качества. Более емкое определение: свойство – это проявление сущности объекта в отношении с другими объектами, субъектами при взаимодействии, воздействии внешних факторов, сил.

Свойства объекта формируются совокупностью всех сущностных сторон (физических характеристик) объекта. Каждая характеристика находит свое

отражение в свойствах, и изменение одной или нескольких характеристик объекта обязательно отразится на его свойствах – повлечет изменение свойств объекта.

Если свойство – аспект проявления качества, то комплекс (набор) свойств объекта формирует его интегративное качество. При том, что полный комплекс свойств формирует общее интегративное качество объекта, оно все же определяется теми свойствами, элиминация (исключение) одного или нескольких из них ведет к уничтожению объекта. Но это же определение относится и к эмерджентным свойствам. Следовательно, качество сложных объектов можно определять по эмерджентным свойствам, в случае горной породы – это свойства пустотного пространства как эмерджентного образования [2].

Не всякое свойство объекта должно рассматриваться при определении качества в контексте изучаемого вопроса: свойство, присущее конкретной вещи, может проявляться в одних обстоятельствах и не проявляться в других, то есть оно может не быть отличительным или существенным. Например, магнитная восприимчивость породы не является существенной и значимой при рассмотрении взаимодействия породы с насыщающей ее нефтью, то есть при оценке качества породы как коллектора.

Набор свойств породы, формирующих общее интегративное качество, весьма обширен и включает как аддитивные свойства (химические, магнитные, радиоактивность, частично термические, механические, энергетические), так и эмерджентные (емкостные, фильтрационные, дисперсионно-поверхностные, механические).

Но качество горной породы как коллектора, содержащего пластовые флюиды и способного отдавать их в процессе разработки залежи УВ, определяется только эмерджентными свойствами. Если же рассматривать ПП породы, то качество его как структуры в статике определяется теми же эмерджентными свойствами за вычетом механических свойств, которые могут повлиять на данную структуру только в динамике, при изменении внешних нагрузок ($\Delta P_{горн}$) и пластового давления ($\Delta P_{пл}$). То есть механические свойства не являются отличительными или существенными в контексте рассмотрения ПП коллекторских свойств породы, его качество определено контролирующими свойствами, которыми являются емкостные, фильтрационные, дисперсионно-поверхностные свойства.

Таким образом, качество эмерджентного образования уровня горной породы – пустотного пространства – контролируется его свойствами:

емкостными, отвечающими за содержание пластовых флюидов; фильтрационными – контролирующими процессы движения флюидов в ПП; поверхностно-дисперсионными, отвечающими за взаимодействие флюидов и поверхности ПП. При невозможности описать ПП посредством его

физических характеристик свойства ПП горной породы всегда можно оценить, представить в количественном виде и посредством эмерджентных свойств уже выражать само строение ПП, таким образом идентифицировать саму горную породу в ряде других аналогичных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Багринцева, К. И.** Атлас карбонатных коллекторов месторождений нефти и газа Восточно-Европейской и Сибирской платформ. / К. И. Багринцева, А. Н. Дмитриевский, Р. А. Бочко. – М. : 2003. – 264 с.
2. **Захария, И. Р.** О цифровизации в нефтяной геологии / И. Р. Захария // Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа – XXI век : материалы Всеросс. науч. конф., Новосибирск, 2021. – С. 26–29.
3. **Захария, И. Р.** Системный анализ в геологии (тезисы докл.) / И. Р. Захария // Тенденции и проблемы развития наук о Земле в современном мире : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : ГГУ, 2024. – Ч. 1. – С. 73–77.
4. **Лойцянский, Л. Г.** Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. – М. : Наука, 1970. – 904 с.
5. **Неоднородность строения терригенных коллекторов и типы структуры их пустотного пространства (на примере верхней части тюменской свиты Уренского нефтяного месторождения Западной Сибири) : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук : 25.00.12 / Д. В. Корост. – М., 2012. – 24 с.**
6. **Ромм, Е. С.** Структурные модели порового пространства горных пород / Е. С. Ромм. – Л. : Недра, 1985. – 240 с.
7. **Слоэн, Н. Дж. А.** Упаковка шаров / Н. Дж. А. Слоэн // В мире науки. – 1984. – № 3. – С. 72–82.
8. **Старцева, А.** Исследование керна с помощью сканирующего электронного микроскопа TESCAN TIMA / А. Старцева // Геология и минералогия. – 2019. – URL: <https://tescan.ru/primenenie/articles/geologiya-i-mineralogiya/issledovanie-kerna-s-pomoshchyu-skaniruyushchego-elektronnogo-mikroskopa-tescan-tima/> (дата обращения: 19.07.2025).
9. **Goral, Jan & Deo, Milind.** (2020). Nanofabrication of synthetic nanoporous geomaterials: from nanoscale-resolution 3D imaging to nano-3D-printed digital (shale) rock / J. Goral, M. Deo // Scientific Reports. – 2020. – Р. 1–23. DOI: 10.1038/s41598-020-78467-z.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 24.09.2025

Рэцэнзент M. A. Дзямяненка

ПРЫМЯНЕНИЕ ПРЫНЦЫПУ ЭМЕРДЖЭНТНАСЦІ ДЛЯ ВЫВУЧЭННЯ ПУСТОТНАЙ ПРАСТОРЫ ПАРОД-КАЛЕКТАРАЎ

I. P. Захарыя¹, Г. А. Ерашэнка²

¹Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
Філіял «Інтыгут геалогіі»
вул. Акадэміка Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь
E-mail: ramzes0409@gmail.com

²РУП «Вытворчае аб’яднанне “Беларуснафта”»
Беларускі навукова-даследчы і праектны інстытут нафты
вул. Кніжная, 15а, 246003, Гомель, Беларусь
E-mail: a.eroshenko@beloil.by

Пустотная прастора (ПП) – важны элемент пароды-калектара, з якім звязана ўтрыманне вуглевадараў (ВВ) і будова якога вызначае праходжанне ўсіх працэсаў па выманні ВВ з нетраў. Ад будовы ПП і яго ўласцівасцей непасрэдна залежыць і канчатковая нафтааддача пластаў пры распрацоўцы радовішчаў нафты. Нягледзячы на развіццё тэхналогій і методык вывучэння ПП, мы так і не наблізіліся як да поўнага разумення будовы і фізічных харастваў пластаў ўтварэння, так і да магчымасці апісаць працэсы руху флюідаў у пустотнай прасторы горных парод. Аўтарамі прыменена працэдура разгляду праблемы

з пазіцый сістэмнага падыходу: падзел геалагічных аб'ектаў на іерархічныя ўзроўні з прымяненнем прынцыпу складаных сістэм. Прапануеца альтэрнатывны падыход да вывучэння ПП і разумення праходзячых у ёй працэсаў, асновай якога з'яўляеца разгляд пустотнай прасторы калектара як эмерджэнтнага ўтварэння, эмерджэнтнай структуры горнай пароды, што дазваляе ахарактарызаваць ПП па эмерджэнтных уласцівасцях.

Ключавыя слова: горная парода, пустотная прастора, мадэляванне, уласцівасці, сістэмны падыход, іерархічнасць пабудовы, эмерджэнтнасць.

APPLICATION OF THE PRINCIPLE OF EMERGENCE TO THE STUDY OF THE VOID SPACE OF RESERVOIR ROCKS

I. Zakharia¹, A. Eroshenko²

1State Enterprise “Research and Production Center for Geology”
Branch “Institute of Geology”

7 Akademika Kuprevicha St, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: ramzes0409@gmail.com

2State Production Association “Belorusneft”
Belarusian Oil Research and Design Institute
15a Knizhnaya St, 246003, Gomel, Belarus
E-mail: a.eroshenko@beloil.by

Void space (VS) is a key reservoir rock element associated with hydrocarbon (HC) content, and its structure determines all processes involved in hydrocarbon extraction from the subsurface. VS structure and its properties directly impact ultimate oil recovery during oil field development. Despite advances in VS technologies and methods, we remain far from fully understanding the structure and physical characteristics of this formation, nor from describing the processes of fluid movement within VS. A systems-based approach is used to address this problem, dividing geological objects into levels using the principle of complex systems. An alternative approach to studying VS and understanding the processes occurring within it is proposed. This approach is based on considering the reservoir void space as an emergent formation, an emergent structure of the rock, allowing VS to be characterized by its emergent properties.

Keywords: rock formation, void space, modeling, properties, systematic approach, hierarchical structure, emergence.

УДК 502/504:624.131 (476)
<https://doi.org/10.65207/1680-2373-2025-2-71-94>

СЕЛИТЕБНЫЕ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ БЕЛАРУСИ: ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И СЛАГАЮЩИХ ИХ КОМПОНЕНТОВ

А. Н. Галкін¹, В. А. Королев²

¹Витебский государственный университет имени П. М. Машерова
Московский проспект, 33, 210038, Витебск, Беларусь
E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Ленинские горы, 1, 119991, Москва, Россия
E-mail: va-korolev@bk.ru

Впервые выявлены и проанализированы структура и характерные особенности селитебных эколого-геологических систем территории Беларуси. Основным абиотическим компонентом этих систем является урболитотоп, который формирует литогенную основу экосистемы. Он включает в себя урбанизированный рельеф, техногенно измененные и искусственные грунтовые массивы, а также связанные с ними инженерно-геологические процессы и техногенные изменения геохимических и геофизических полей. Важнейшими абиотическими компонентами селитебных ЭГС также являются урбогидротоп, характеризуемый техногенно измененными гидрогеологическими условиями, урбоэдафотоп, состоящий из различных типов урбоземов, урбоатмопотоп, отражающий техногенное изменение и загрязнение атмосферного воздуха городов. Кроме того, к абиотическим компонентам рассматриваемых ЭГС относятся все элементы городской инфраструктуры: жилые и общественные здания, различные объекты коммунального хозяйства, городской общественный и личный автотранспорт, дорожные коммуникации и т. п. Установлено, что основными источниками техногенного преобразования природных компонентов являются городские инженерные объекты различного назначения, связанные с жилой застройкой территории. Показана взаимосвязь всех абиотических и биотических компонентов селитебных ЭГС, которые имеют специфические характеристики, формируемые под влиянием урбанизации и антропогенных факторов. Эти аспекты следует учитывать при систематизации, описании и анализе экологических функций литосферы. Выявленные закономерности и особенности селитебных ЭГС территории Беларуси можно рассматривать как общие для аналогичных ЭГС и в России, которые необходимо учитывать при инженерно-экологических исследованиях и инженерно-экологических изысканиях.

Ключевые слова: эколого-геологическая система (ЭГС), антропогенная селитебная ЭГС, урболитотоп, урбоэдафотоп, урбомикробоценоз, урбофитоценоз, урбозооценоз, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Ключевым объектом исследований экологической геологии являются эколого-геологические системы (ЭГС) – определенный объем литосферы с находящейся в нем и на нем биотой, включая человека и социум, на которые воздействуют природные и техногенные факторы, в результате чего развиваются современные геологические процессы, влияющие на условия жизни биоты [50]. Эколого-геологическая система, фундаментальную основу которой составляет геологическое пространство, входит в состав экосистемы и представляет собой ее чрезвычайно важную часть, поскольку выделение ЭГС позволяет в полной мере выявить взаимосвязь неживого (массивов грунтов со свойственными им геохимическими, геофизическими и

геодинамическими полями) и живого (микроорганизмов, растений, животных).

В настоящее время на территории Беларуси развиты многообразные типы природных, техногенных (техно-природных, природно-техногенных) и искусственных (или антропогенных) эколого-геологических систем [9; 18]. Если природные и техногенные ЭГС страны на данный момент уже достаточно изучены – рассмотрена их систематика, охарактеризованы особенности слагающих ЭГС абиотических (литотопа, гидротопа, эдафотопа) и биотических (микробоценоза, фитоценоза, зооценоза) компонентов [9; 20–25], то характеристика антропогенных ЭГС в пределах республики остается пока слабо изученной.

На территории Беларуси выделяется 6 классов антропогенных эколого-геологических систем

(ЭГС): горнпромышленные, промышленные, обороно-промышленные, селитебные¹, транспортно-коммуникационные и агрономические, среди которых селитебные ЭГС пользуются достаточно широким распространением [9; 18].

Селитебной эколого-геологической системой называется открытая динамичная система, состоящая из абиотического блока (техногенно-измененных литотопа и эдафотопа, жилых зданий, сопутствующих инженерных сооружений и городской инфраструктуры) и биотического (городских микробоценоза, фитоценоза, зооценоза в пределах жилой застройки и городского населения), а также из источников природных и техногенных воздействий, вызванных жилой застройкой, тесно связанных прямыми и обратными причинно-следственными связями, обуславливающими ее структурно-функциональное единство.

Исходя из этого, структура селитебных ЭГС имеет свою специфику, которая отражена на схеме, показанной на рис. 1. Как видно из этой схемы, все компоненты данной ЭГС в условиях города или населенного пункта являются или техногенно преобразованными, или антропогенными. Поэтому ко всем таким компонентам целесообразно использовать приставку урбо-: урболитотоп, урбоэдафотоп и т. д. Основными источниками техногенного преобразования природных компонентов являются городские инженерные объекты различного назначения, связанные с жилой застройкой территорий. Это жилые и общественные здания (магазины, школы, больницы и т. п.), а также сооружения коммунальных служб (водо-, электро- и газоснабжения, водоотведения, транспорта, сбора коммунальных отходов и др.). Границы селитебных ЭГС легко определяются по картам функционального зонирования городских территорий, на которых отражаются селитебные зоны.

Селитебные ЭГС включают в себя сеть населенных пунктов, которые представлены в стране (по состоянию на 2024 г.) 115 городами, 85 поселками городского типа и 22 991 сельским поселением [28]. При этом их расселенческие характеристики на территории страны достаточно благоприятные. Близость соседних городов (среднее расстояние менее

50 км) и сельских поселений (около 3 км) обеспечивает высокую транспортную доступность и облегчает взаимодействие между ними. Густота сети населенных мест, которая влияет на уровень хозяйственного освоения территории, составляет в среднем 111 единиц на 1000 км², в том числе 1 городское поселение [4]. При этом наблюдается снижение густоты сельских поселений по мере продвижения с севера на юг при одновременном увеличении их средних размеров. Это объясняется как историческими условиями, так и различием природной среды. Наличие пересеченной местности, озер и рек на севере страны обуславливает более густую и мелко-селенную сеть деревень, а заболоченность территории с отдельными пригодными для жизни местами на юге в Белорусском Полесье предопределила там редкую, но более крупную сеть сельских населенных пунктов [11].

Весьма неоднородно распределено по территории Беларуси городское население. Часть его равномерно рассредоточена по территории страны. Проживает оно преимущественно в малых городских поселениях с числом жителей до 20 тысяч. Таких поселений 94, из них 71 город и 23 поселка городского типа, однако проживает в них лишь 13,4% всего городского населения республики [30]. Равномерная сеть малых городских поселений благоприятствует формированию системы центров обслуживания сельских жителей. Однако эти городские населенные пункты не в состоянии полноценно выполнять свою роль из-за низкого уровня социального и экономического развития.

На противоположном конце спектра поселений находятся крупные города, где сосредоточено более 70% городского населения. В Беларуси насчитывается 13 городов с населением свыше 100 тысяч человек, включая столицу Минск, в которой проживает около 29% всего городского населения страны [28]. Эти города становятся центрами притяжения для миграции населения, что приводит к их постоянному росту и расширению. В последние десятилетия наблюдается тенденция к слиянию городов и поселков, что создает новые агломерации и изменяет административные границы, которые уже не соответствуют фактической застройке.

¹ Селитебный – застраивающийся или отведенный под застройку [42]. Селитебная территория – это земельные участки, занятые в городских поселениях жилыми кварталами и лежащими между ними улицами и площадями; в сельских поселениях – жилыми домами (усадьбами) с прилегающими к ним приусадебными участками и улицами. Селитебная территория также включает объекты внешнего благоустройства территории населенного пункта (коммунально-инженерные коммуникации, зеленые насаждения, площадки для отдыха, автомобильные стоянки и др.) и культурно-бытовые учреждения [41].

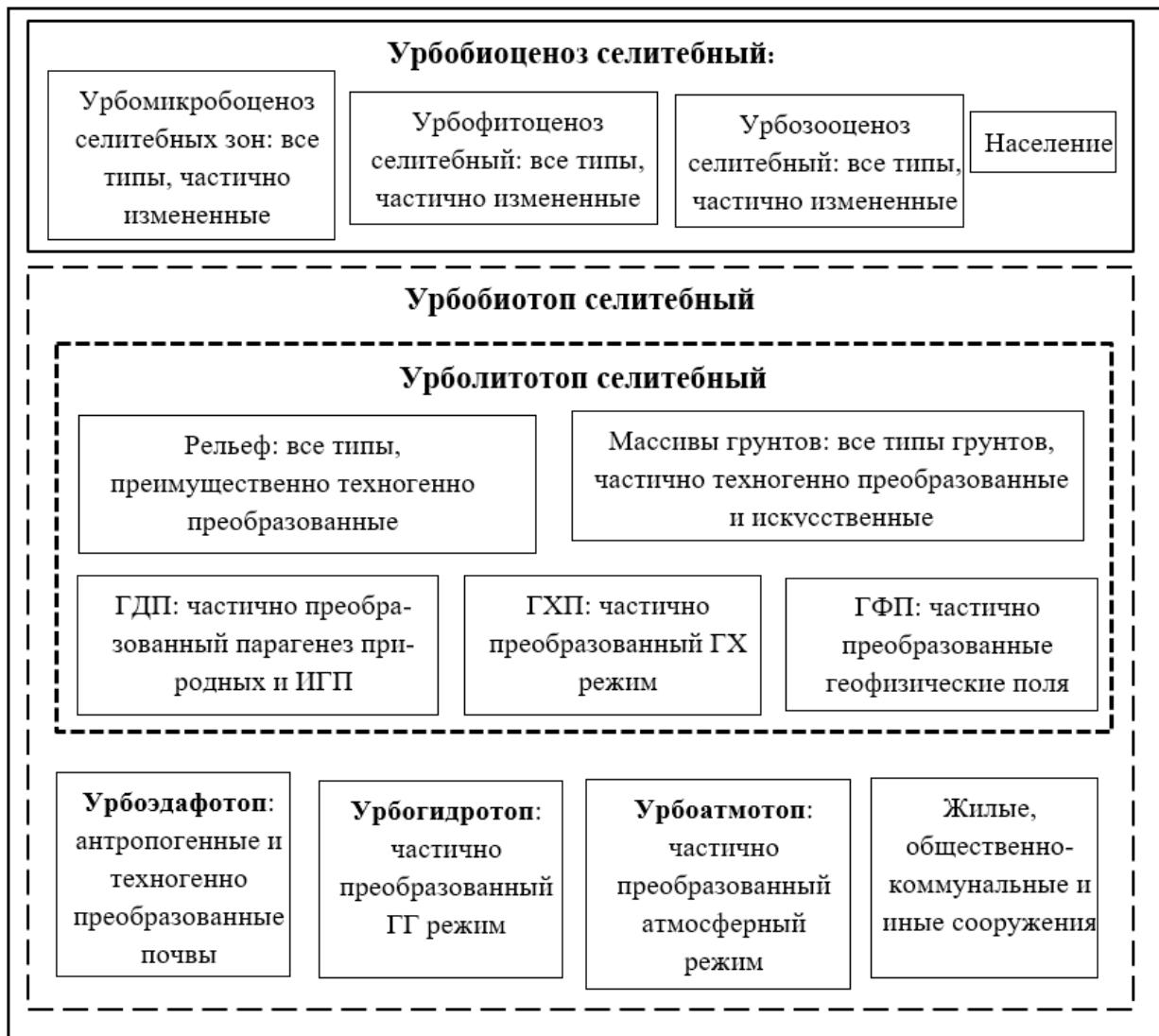


Рисунок 1 – Структура селитебной эколого-геологической системы: ГДП – геодинамические поля; ИГП – инженерно-геологические процессы; ГХП – геохимические поля; ГХ – гидрохимический; ГГ – гидрогеологический; ГФП – геофизические поля

Несмотря на то, что селитебные ЭГС занимают значительные площади на территории республики, они остаются практически не изученными в эколого-геологическом отношении, об их абиотических и биотических компонентах имеются лишь разрозненные сведения. Поэтому, основываясь на ранее разработанной авторами систематике эколого-геологических систем территории Беларуси [9; 18], в настоящей статье предпринята попытка составить их общую характеристику, а также выявить и охарактеризовать главные особенности их абиотических (литотопа, гидротопа, эдафотопа) и биотических (микробиоценоза, фитоценоза, зооценоза) компонентов, что составляло **цель и задачи** настоящей работы.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В ПРЕДЕЛАХ СЕЛИТЕБНЫХ ЭГС

Воздействие техногенеза на компоненты природной среды селитебных ЭГС наиболее сконцентрировано и интенсивно проявляется в крупных городах – местах многоотраслевого строительства (гражданского, транспортного, коммунального и т. д.). Типы, размеры, конструкции и удельная нагрузка жилых зданий и сооружений на основания разнообразны, с чем, в свою очередь, связано и разнообразие видов воздействия на окружающую природную среду.

Следствием антропогенного вмешательства в природную обстановку селитебных ЭГС можно считать изменение почти всех компонентов среды, входящих в сферу влияния человека. Активному воздействию подвержены как атмосфера, почвенный покров, подземная и поверхностная гидросфера, рельеф и растительность, так и современные геодинамические процессы и явления. Изменение одного компонента селитебных ЭГС непосредственно или опосредованно оказывается на других, причем раскрытие механизма взаимосвязей, их изменение во времени и пространстве представляет собой сложную задачу и служит научной основой прогнозирования. Одна из важнейших сторон техногенного воздействия связана с вовлечением в городскую сферу огромных масс химических элементов с твердыми коммунальными отходами, пылевыбросами, коммунальными стоками и пр. Город – это сложная система, организованная по функциональному принципу. Он состоит из различных зон, предназначенных для проживания, работы, отдыха и обеспечения жизнедеятельности населения. Эти зоны включают в себя жилые районы с разными типами застройки, территории для социальных и коммунальных служб, а также инфраструктурные объекты и т. п. Все они обуславливают специфику селитебных ЭГС.

Селитебные ЭГС наполнены множеством материальных инженерных элементов: дома, офисы, магазины, дороги, транспорт, спортивные сооружения, инженерные сети и др. Все они взаимосвязаны и распределены по функциональным зонам. Важно понимать, что каждый из этих элементов оказывает определенное воздействие на окружающую природную среду. Например, многоэтажные жилые кварталы своим весом уплотняют грунты основания, сокращают площадь инфильтрации атмосферных осадков, уменьшают площадь испаряющей поверхности, оказывают утепляющее воздействие на подстилающие грунты, создают утечки воды из коммуникаций, вызывая повышение уровня грунтовых вод и, следовательно, возникновение техногенных водоносных горизонтов. Объекты теплоснабжения, такие как котельные, зачастую становятся источником загрязнения атмосферного воздуха и почвенного покрова. Виды строительства, в особенности типы зданий и сооружений, обуславливаются экономическим профилем города и его природными условиями.

В селитебных ЭГС в результате деятельности человека проявляются все классы воздействий на окружающую природную обстановку: физическое, химическое и биологическое, с различным множеством типов (уплотнение, разуплотнение,

аккумуляция и планировка рельефа, повышение и снижение напора, нагревание, загрязнение и др.), видов (статическое, виброуплотнение, трамбование, динамическая разгрузка, экскавация, создание насыпей, строительная планировка, террасирование склонов, рытье котлованов, намыв массивов, подтопление, наводка электрических полей, засоление, загрязнение тяжелыми металлами, углеводородами и т. д.) и разновидностей (выделяются по: 1) времени: постоянные, временные; 2) размеру: точечные, линейные, площадные, объемные; 3) положению: наземные, подземные; 4) обратимости: обратимые, необратимые; 5) цели: стихийные, целенаправленные; 6) интенсивности: низкой, средней, высокой) [19].

Физическое воздействие в селитебных ЭГС, как правило, проявляется в изменении рельефа, уплотнении грунтов, вибрации от транспорта и строительства, тепловом загрязнении, электромагнитном излучении, шумовом фоне и др. Химическое воздействие связано с выбросами коммунальных предприятий, выхлопными газами автомобилей, использованием антигололедных реагентов, утечками из канализационных и водопроводных сетей, а также с накоплением отходов производства и потребления. Биологическое воздействие включают распространение патогенных микроорганизмов, изменение видового состава флоры и фауны, появление инвазивных видов, а также аллергенное воздействие пыльцы растений и продуктов жизнедеятельности человека и т. д. Важно отметить, что эти классы воздействий не существуют изолированно друг от друга. Они тесно взаимосвязаны и оказывают комплексное влияние на селитебную ЭГС.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ СЕЛИТЕБНЫХ ЭГС

Структура селитебных ЭГС показана на рис. 1, из которого следует, что, как и в других техногенных ЭГС, для них характерны все те же основные структурные компоненты (подсистемы), как абиотические (урболитотоп, урбогидротоп, урбоатмоп, технические сооружения), так и биотические (урбоэдафотоп, урбомикробоценоз, урбофитоценоз, урбозооценоз), но техногенно измененные или искусственные (антропогенные) за счет социума (населения) и создаваемых им технических городских сооружений.

Кроме того, в отличие от других техногенных ЭГС в селитебных ведущую роль играют технические подсистемы ЭГС, такие как жилые массивы или группы жилых домов, общественные, административно-деловые, научно-образовательные, сервисные и торговые центры, бытовые, спортивные

и транспортные комплексы, медицинские центры и клиники, дошкольные учреждения с соответствующей им инженерной инфраструктурой – совокупностью инженерных сетей и иных объектов, их частей, отдельных помещений, обеспечивающих подачу ресурсов (вода, энергия, информация и другие ресурсы) на объекты потребления, а также отведение использованных ресурсов [17]. Именно они являются основным фактором воздействия на биотические компоненты ЭГС и определяют облик таких ЭГС.

В зависимости от особенностей хозяйственной деятельности в рассматриваемом классе выделяются следующие *типы селитебных ЭГС*: эколого-геологические системы жилой, общественной и производственной застройки, включая промышленные¹, коммунальные, складские и иные производственные объекты, а также связанные с их эксплуатацией объекты инженерной и транспортной инфраструктуры, объекты энергетики и др. застроек [42].

Первый тип селитебных ЭГС объединяет: 1) *жилые зоны*, охватывающие территории с многоквартирными домами или территории с усадебной застройкой; 2) *зоны смешанной застройки*, включающие участки с сочетанием различных функций (общественные и жилые либо производственные и жилые) и пространства (при комбинированном использовании многоквартирной и усадебной застройки).

Следует отметить, что на территории Беларуси смешанная (общественно-жилая, производственно-жилая) застройка исторически сформировалась в крупных и больших городах в процессе их развития и состоит из жилой застройки с включением объектов общественного и производственно-делового назначения (учебные заведения, учреждения науки, объекты бизнеса, производственные объекты и т. д.), а также из озелененных территорий.

Жилые зоны селитебных ЭГС состоят из нескольких основных структурно-планировочных единиц:

- квартал – территория, ограниченная улицами, внутри которой располагаются жилые дома и необходимые объекты социального обслуживания, обеспечивающие базовые потребности жителей;
- микрорайон или группа кварталов – крупная, не разделенная магистральными или районными улицами территория, где, помимо жилых домов, находятся учреждения и предприятия, предоставляющие социально-бытовые услуги, образовательные

учреждения и другие объекты, которые соответствуют жилой функции территории;

- жилой район или группа микрорайонов – наиболее крупная территория, не разделенная улицами общегородского значения и магистральными улицами, в пределах которой, помимо жилых домов, располагаются общественные, административные и производственные объекты, коммунальные службы и озелененные территории общего пользования районного значения.

Основным элементом застройки любого микрорайона является жилой дом, то есть отдельное здание, в котором жилыми помещениями занято более половины площади. Жилые здания различают по некоторым квалификационным признакам [32]:

- по назначению: жилые дома общего типа, в том числе дома социального пользования; жилые дома специального назначения; жилые дома смешанного назначения;
- по числу квартир: одноквартирные жилые дома; многоквартирные жилые дома;
- по наличию приквартирных участков: усадебные жилые дома; безусадебные жилые дома;
- по этажности жилых домов (число надземных этажей): малоэтажные жилые дома (1–3 этажей); жилые дома средней этажности (4–5 этажей); многоэтажные жилые дома (6–9 этажей); жилые дома повышенной этажности (10–16 этажей); высотные жилые дома (выше 17 этажей);
- по наличию встроенно-пристроенных нежилых помещений: жилые дома с встроенно-пристроенными нежилыми помещениями; жилые дома без встроенно-пристроенных нежилых помещений;
- по наличию в составе жилищных единиц производственных помещений и построек для индивидуальной трудовой деятельности или надомного труда: жилые дома без производственных помещений или построек в составе жилищных единиц; жилые дома, в состав жилищных единиц которых входят производственные помещения.

Общественная селитебная ЭГС объединяет территории объектов общественного назначения в зонах жилой и смешанной застройки и общественные центры населенных пунктов (рис. 2). Она выделяется в том случае, если общественные объекты (административные, деловые, научные, учебные учреждения и предприятия обслуживания, общественно-деловые организации и др.) занимают не менее 50 % всего земельного участка (фонда) на территории структурно-планировочного элемента.

¹ В категорию селитебных промышленных объектов входят такие, которые не выделяют вредные вещества, не связаны с пожаро- и взрывоопасными производственными процессами, не создают шумового загрязнения и не требуют железно-дорожной инфраструктуры. Их планировочная структура устроена так, что граница С33 находится на максимальном приближении к границе территории предприятия или полностью совпадает с ней.

Общественный центр – важная составляющая *общественной селитебной ЭГС* любого поселения. Он может быть многофункциональным, районным или специализированным. В жилых районах создаются местные центры с базовыми услугами. Крупные города часто имеют несколько общественных центров, а небольшие – один главный. Все они

обслуживают жителей прилегающих территорий. Специализированные центры (административные, торговые (супер- и гипермаркеты), медицинские и т. д.) обычно создаются в крупных городах, но в некоторых случаях могут быть и в малых. Обычно их размещают отдельно, вдоль главных уличных магистралей.



Рисунок 2 – Часть селитебной ЭГС на площади Независимости в Минске с расположенным в наземной части зданиями Дома правительства, Мингорисполкома, двух университетов (БГУ и БГПУ), гостиницы «Минск», Главпочтамта, Управления метрополитена, Красным костелом и памятником Ленину, а в подземной части – 3-этажным торговым центром «Столица» и 4-этажной автостоянкой на 500 мест [47]

Неотъемлемой частью всех городских поселений является система социально-гарантированного обслуживания населения, включающая в себя работу учреждений дошкольного и общего среднего образования, воспитания, высшего образования, социального и медицинского обслуживания, торговли и общественного питания, бытового и коммунального обслуживания, связи, а также спортивных сооружений и кредитно-финансовых учреждений всех форм собственности (рис. 3). Размещение этих объектов ориентировано на максимальную близость к местам проживания и работы большинства горожан с формированием общественных центров и интеграцией в систему общественного транспорта, обеспечивающей пешеходную и транспортную доступность.

В пределах *производственной ЭГС*, как правило, располагаются промышленные, коммунальные,

складские и иные производственные объекты, а также связанные с их эксплуатацией объекты инженерной и транспортной инфраструктуры.

Функционально-планировочная организация территорий *промышленной застройки* населенных пунктов формируется площадками предприятий, инженерно-техническими объектами, учреждениями и предприятиями обслуживания.

Производственно-деловая застройка включает экологически безопасные объекты: научно-исследовательские и опытно-конструкторские учреждения, научно-информационные центры, выставочно-торговые, обслуживающие и складские предприятия, не связанные со значительным объемом транспортных перевозок и движением транспорта с крупногабаритными грузами.

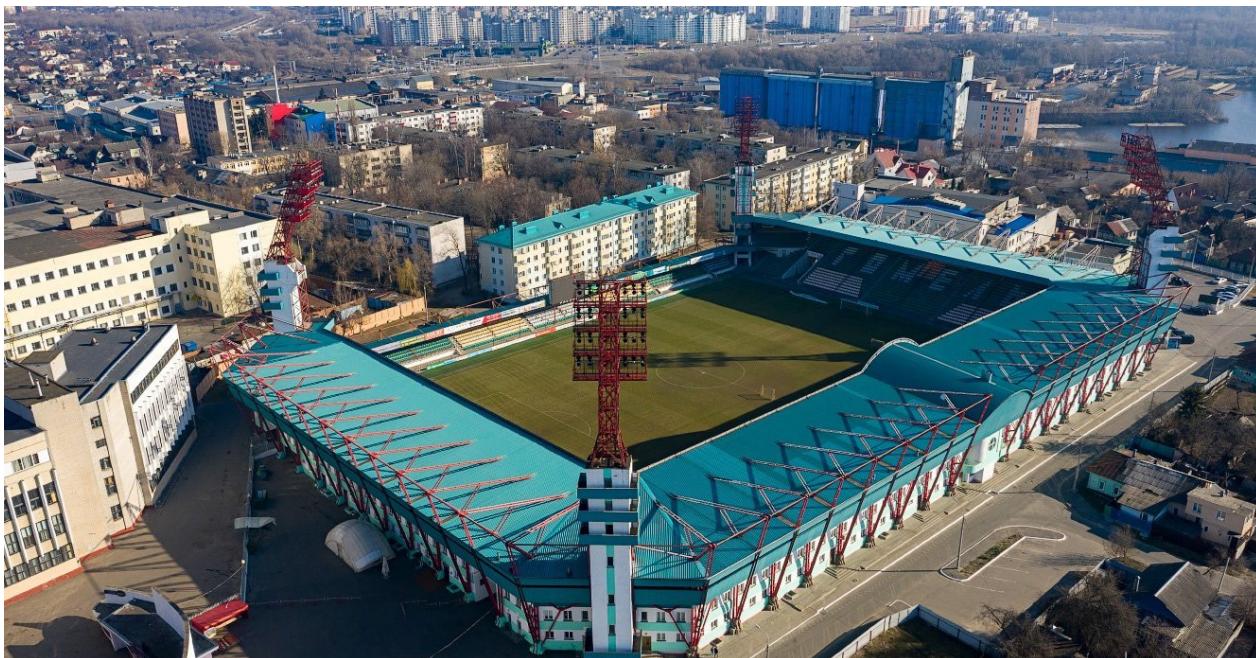


Рисунок 3 – Стадион «Центральный» в Гомеле [46]

Коммунально-складская застройка включает в себя склады общего назначения (продуктовые и непродуктовые), специализированные хранилища (холодильники, овощехранилища и т. п.), предприятия транспортного и коммунального обслуживания населения, в том числе очистные сооружения и полигоны для хранения твердых коммунальных отходов, а также гаражи и охраняемые стоянки автомобилей, предприятия оптовой и мелкооптовой торговли. Указанные предприятия и объекты должны занимать не менее 60 % территории коммунально-складской застройки.

ОСОБЕННОСТИ АБИОТИЧЕСКИХ И БИОКОСНЫХ КОМПОНЕНТОВ СЕЛИТЕБНЫХ ЭГС

Урболитотоп селитебных ЭГС представлен массивами грунтов различного состава и генезиса (осадочных глинистых, песчаных, песчано-глинистых, искусственных и др.), служащих либо вмещающей средой, либо техногенными грунтами, под которыми понимают измененные и перемещенные в результате производственной и хозяйственной деятельности человека естественные грунты и антропогенные образования, которые представляют собой твердые отходы жизнедеятельности населения, характеризующиеся коренными изменениями состава, структуры и текстуры природного минерального и органического сырья [48].

Среди глинистых грунтов, используемых в качестве оснований фундаментов различных зданий

и сооружений, наибольшим распространением в городах Беларуси пользуются *моренные супеси* и *суглинки*. На этих грунтах построен ряд крупных, иногда даже уникальных объектов. К их числу относятся такие сооружения, как Национальная библиотека в Минске, ледовые дворцы спорта в Минске и Витебске и др.

В качестве естественных оснований зданий и сооружений в ряде районов интенсивного строительства в городах и других населенных пунктах, расположенных в пределах Минской, Гродненской и Новогрудской возвышенностей, Оршанско-Могилевского плато, Мозырской гряды, частично используются *лессовидные супеси* и *суглинки*, а в некоторых городах Витебской области (Полоцк, Новополоцк, Дисна и др.) – *озерно-ледниковые ленточные глины*. Большой опыт накоплен по строительству на *водно-ледниковых и аллювиальных песках*. На этих отложениях во многих городах Беларуси (в Бресте, Бобруйске, Гомеле, Минске и др.) возведены различные гражданские здания и сооружения разной этажности на ленточных, свайных и других фундаментах.

Неуклонно возрастают темпы накопления техногенных грунтов. В практике отечественного градостроительства они используются на протяжении уже более полувека. Пойменные, заболоченные территории, овраги, балки и другие бросовые земли являются существенным градостроительным резервом. Их освоение во многих случаях позволяет получить более компактную структуру всей городской среды, улучшить

городской ландшафт и микроклимат. При освоении таких территорий часто возникают неблагоприятные инженерно-геологические условия, в частности, формируются обводненные или слабые грунты в основании зданий и сооружений. Глубина залегания этих грунтов не позволяет использовать свайный фундамент или удалить грунты и заменить на более прочные, так как это слишком дорого и требует больших затрат материалов и времени. В таких случаях эффективным способом является использование уплотненных насыпных грунтов, которые покрывают слабые грунты и служат основным несущим слоем под фундаментами. Примерами проектирования и строительства фундаментов с использованием уплотненных насыпных грунтов могут служить ледовые дворцы в городах Барановичи, Орша и Молодечно (рис. 4, табл. 1).

Нередко при инженерной подготовке строительных площадок, организованных на брововых землях, возникает необходимость перемещения большого количества земляных масс, и наиболее рациональным способом, утвердившимся в настоящее время, является гидронамыв грунтов. Так,

использование намывных грунтов на пойменных территориях в городах Белорусского Полесья (в Бресте, Гомеле, Добруше, Жлобине, Рогачеве и др.), отличающихся сложностью инженерно-геологических условий, позволило возводить здания и сооружения (при определенных нагрузках, в зависимости от геологического разреза) как на свайных, так и на ленточных фундаментах.

Говоря о создании искусственно созданных грунтовых оснований, следует отметить и использование искусственно улучшенных естественных оснований. Эти основания в настоящее время создаются многими конструктивными методами, среди которых можно назвать вытрамбовывание котлованов и устройство грунтовых подушек, армирование грунтовых массивов буронабивными сваями, упрочнение массивов высоконапорной струйной цементацией и др. Так, например, технология высоконапорной цементации грунтов нашла применение на ряде объектов в Минске, Гомеле, Жлобине и других городах при устройстве противофильтрационных ванн, подпорных стен, усилении основания фундаментов зданий при реконструкции, проектировке подземных коммуникаций и т. д. [8].



Рисунок 4 – Селітебная ЭГС в районе Ледового дворца с залом акробатики в г. Барановичи: а – подготовка площадки строительства дворца; б – этап строительства; в – современный вид [10]

Таблица 1 – Примеры проектирования и строительства фундаментов с использованием уплотненных насыпных грунтов [10]

Объект	Характеристика участка до начала строительства	Осложняющие факторы строительного освоения участка
Ледовый дворец в г. Барановичи (открылся в 2009 г.)	Затопленные отработанные поля фильтрации ТЭЦ и прилегающие к ним земли	Наличие слабых грунтов – отходов производства ТЭЦ (песок, зола, шлаки, торфокрошка, известь); слабозаторфованные глинистые грунты мощностью 3,9–0,5 м; слабозаторфованные мергели мощностью 3,5–0,7 м; заболачивание
Ледовый дворец в г. Орше (открылся в 2013 г.)	Бывший котлован, заполненный неуплотненными насыпными грунтами с остатками фундаментов, строительным мусором и другими отходами	Слабые техногенные грунты; полости и пустоты глубиной до 2,3 м
Ледовый дворец в г. Молодечно (открылся в 2011 г.)	Пересеченная холмисто-грядовая местность с заболоченными понижениями	Присутствие в несущем слое оснований на глубине 3,5–2,5 м от поверхности земли слабых суглинков мощностью до 3 м с модулем деформации $E = 8–4$ МПа

Рассматривая искусственные грунты, следует упомянуть и об отложениях культурного слоя. Образование этих грунтов является результатом стихийного накопления в разнообразных пропорциях различных отложений, в том числе и уже существенно измененных, технологических, строительных и бытовых отходов, а также их последующего преобразования во времени. Подобные накопления наиболее распространены в старых городах, где их мощность достигает значительных величин (в Витебске на отдельных участках она превышает 10 м (до 15 м), в Минске – 4–7 м, в Полоцке – 4–5 м). Культурный слой имеет своеобразный, весьма неоднородный состав. Минералого-петрографический состав основной минеральной массы чаще всего обусловлен геологическими условиями местности, а состав включений определяется характером хозяйственно-культурной деятельности населения. Кроме того, в культурном слое часто отмечается много органического вещества как в рассеянном состоянии, так и в виде концентрированных включений, количество которых убывает с увеличением возраста культурного слоя [8]. Следует заметить, что по уровню техногенного преобразования литотопа селитебные экологогеологические системы часто сопоставимы с промышленными и горнопромышленными ЭГС. Это выражается как в изменении строения, состава и

свойств грунтов, рельефа и гидрогеологических условий, так и в проявлении и активизации различных инженерно-геологических процессов. Например, распространенным видом воздействия в городах республики являются статические нагрузки на толщу грунтов основания от веса зданий и сооружений. С развитием массового строительства многоэтажных зданий, что особенно наблюдается в последние десятилетия в областных и районных центрах Беларуси, они значительно возрастают. Статические давления от многоэтажных зданий могут достигать 0,5 МПа. Это нередко приводит к уплотнению грунтов и уменьшению их влажности в зоне активного сжатия глубиной в десятки метров. В свою очередь, такие изменения способны вызывать неоднородные по величине деформации осадки сооружений [11].

Во многих городах страны в различной степени фиксируется нарушение естественного температурного режима грунтовых толщ. Так, например, проводимые авторами с коллегами на территории Гомеля исследования позволили установить в пределах города ряд устойчивых аномалий повышенных значений температуры грунтов на 2–5 °C выше фоновых значений [26].

Не менее важной проблемой в городах Беларуси является радионовая опасность грунтовых массивов, содержание газа в которых в значительной степени

влияет на его поступление в жилые и нежилые помещения. Исследования по оценке радионапасности территории населенных пунктов Гомельской, Могилевской и Витебской областей свидетельствуют о том, что наиболее неблагоприятная радионапасная обстановка наблюдается в Витебской области – в Шарковщинском и Глубокском районах; в Могилевской области – в Шкловском и Горецком районах [38; 51]. Для этих районов фиксируются значения комплексного радионапасного показателя более 0,01 отн. ед., среднерайонные значения объемной активности радона находятся в пределах 100–150 Бк/м³ и средние годовые эффективные дозы облучения населения от радона и его дочерних продуктов распада более 3,5 мЗв [51].

В пределах селитебных ЭГС формируются **урбогидропотопы** – подсистемы, характеризующиеся вследствие урбанизации измененными гидрогеологическими условиями: в эксплуатируемых горизонтах напоры снижаются, а уровень грунтовых вод, наоборот, повышается. Последнее часто приводит к подтоплению жилых и административных зданий и сооружений. В большинстве случаев подтопление в условиях города носит локальный характер и довольно быстро ликвидируется. Однако известно немало случаев, когда подтопление приводило к созданию постоянных или временных, с достаточно длительным сроком существования водоносных горизонтов. Такие инженерно-гидрогеологические горизонты наряду со спорадическим обводнением получили развитие во многих городах и поселках городского типа страны. Например, в Гомеле подтоплением охвачено около 3000 га территории города, в том числе значительная часть жилой застройки (до 50 %), а в Витебске подтопленной может считаться практически вся территории города, за исключением сильно расчлененных и хорошо дренированных участков [16]. Анализ различных ситуаций в городах Беларуси, связанных с процессами переувлажнения и подъема уровня грунтовых вод, позволил выделить категории состояния населенных пунктов республики, подверженных подтоплению. Так, к первой категории – населенные пункты, находящиеся в зоне локального воздействия и требующие проведения мероприятий профилактического характера – относятся Минск, Столбцы, Светлогорск, Бобруйск и др.; ко второй – населенные пункты, находящиеся в зоне вероятного площадного воздействия и требующие принятия конструктивных мер безопасности – Гомель, Брест, Давид-Городок, Туров, Могилев, Быхов, Жлобин и др., к третьей – населенные пункты, находящиеся в зоне активного площадного воздействия

и требующие инженерной защиты – Витебск, Полоцк, Верхнедвинск, Солигорск, Пинск и др. Довольно часто такие горизонты встречаются в аллювиальных толщах, покровных лессовидных образованиях, флювиогляциальных песках и выветрелых слоях морен [16].

Инженерно-геологические процессы, к которым относится подтопление, отличает разнообразие форм и масштабов проявления, характеристик режима и состава вод, их гидравлических связей, что объясняется и неоднородностью инженерно-геологических условий, и множественностью причин возникновения и развития этих процессов.

Техногенное обводнение массивов грунтов часто сопровождается изменением их состава и свойств. Согласно Е. С. Дзекцеру [14], сцепление в этом случае может уменьшиться в 2–2,5 раза, угол внутреннего трения – на 10–15 %, а модуль деформации – в 2–3,5 раза. Все это неизбежно может привести к различного рода деформациям зданий и сооружений. В качестве аварий, случившихся в последние десятилетия по этой причине, уместно привести несколько примеров [16]. Так, в Могилеве в здании ЗАО «Технопарк Могилев» из-за неравномерных деформаций основания вследствие подтопления по несущим стенам образовались наклонные и вертикальные трещины, подвальная часть здания заполнилась грунтовыми водами. Выполнено усиление наружных стен напряженными стальными тяжами, наложен систематический контроль поведения подземных и надземных конструкций здания.

В г. Быхове Могилевской области в здании отделения «Белагропромбанк» из-за замачивания грунтов основания и, как следствие, неравномерности осадок на внутренней несущей стене появились вертикальные трещины, превышающие 20 мм. Несмотря на частичный ремонт здания, трещинообразование не прекращается.

В Минске по завершении строительства здания жилищно-эксплуатационной службы в микрорайоне Сухарево-4 в начальный период его эксплуатации в грунтах песчаной подушки (пески от среднезернистых до гравелистых) сформировался техногенный горизонт грунтовых вод, что послужило причиной подтопления подвальных помещений. Устройство вертикального дренажа позволило в короткие сроки ликвидировать подтопление и вернуть объект в нормальный режим эксплуатации.

Подтопление территорий, вызванное фильтрацией и колебаниями уровня новообразованных водоносных горизонтов, создает благоприятные условия для супфозии, усиливает плоскостной смык грунтов, способствует развитию оврагов и возникновению оползней. В отличие от естественных

грунтовых вод, режим которых стабилен и зависит от климата, подтопление связано с человеческой деятельностью и часто подчиняется циклам работы городских систем. Подтопление развивается быстро и может привести к затоплению значительных площадей с городской застройкой всего за несколько дней [13]. Важной особенностью подтопления в городах является сопутствующее химическое и бактериальное загрязнение, повышение температуры и агрессивности подземных вод и грунтов в зоне аэрации.

Загрязнение подземных вод в населенных пунктах страны является одной из острых экологических проблем. Исследованиями [36] установлено, что наиболее высокие уровни загрязнения подземных вод формируются в пределах сельских населенных пунктов и в городских районах частной застройки. Наибольшей интенсивностью на этих участках отличается нитратное загрязнение. В водах колодцев и неглубоких скважин содержание нитратов часто возрастает до 300–600 мг/дм³, достигая в отдельных случаях 1200–2492 мг/дм³. Согласно А. В. Кудельскому и В. И. Пашкевичу [27], подавляющая часть (более 82 %) колодцев, составляющих основу водоснабжения многих сельских населенных пунктов и небольших городов, не удовлетворяет санитарным нормам по химическим (нитраты, хлориды и др.) и микробиологическим показателям.

Нельзя не отметить загрязнение подземных вод, наблюдаемое и в крупных городах, где в водах групповых водозаборов нередко в повышенных концентрациях содержатся хлориды, сульфаты, соединения азота и ряд других компонентов. Например, в застроенной части Гомеля на глубине 40–60 м в напорных водах эксплуатационного палеогенового водоносного горизонта зафиксировано возрастание содержания хлоридов (до 656 мг/дм³), нитратов (до 90 мг/дм³) и сульфатов (до 577 мг/дм³) [35].

Значительное влияние на загрязнение подземных вод оказывают объекты коммунальных служб – свалки твердых коммунальных отходов (ТКО), очистные сооружения и т. д. По состоянию на 2023 г. на территории Беларуси действует 160 объектов захоронения ТКО (155 полигонов и 5 мини-полигонов), занимающих площадь более 900 га [45]. Химический состав грунтовых вод на участках их размещения глубоко трансформирован. Характерными компонентами загрязнения здесь являются NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , K^+ , Na^+ . Концентрации нитратов достигают нередко 300–600 мг/дм³ и более (до 1000–1400 мг/дм³), содержание хлоридов возрастает до 2500 мг/дм³ и калия –

до 800 мг/дм³. Так, например, в районе свалки ТКО и очистных сооружений Гомеля в грунтовых водах отмечено высокое содержание щелочных металлов (Na^+ – 1500 мг/дм³, K^+ – 800 мг/дм³), хлоридов (2750 мг/дм³), железа (23,5 мг/дм³), а также присутствие нефтепродуктов (до 0,71 мг/дм³), аммония и тяжелых металлов в концентрациях во много раз превышающих ПДК [35]. На Слонимском полигоне ТКО в Гродненской области в 2019 г. в наблюдательных скважинах на грунтовые воды фиксировалось высокое содержание меди (0,026–0,030 мг/дм³) и цинка (4,91–6,68 мг/дм³) [37].

Часто воды неблагополучны и по содержанию органических соединений. Так, в окрестностях городских свалок ТКО в подземных водах фиксируются производные масляной кислоты (до 0,15 мг/дм³) и ди-*n*-бутилфталат (до 0,13 мг/дм³), при этом общее количество полулетучих веществ может достигать 0,18–0,30 мг/дм³. Как следствие дальнейшей миграции органических соединений, некоторые из них зафиксированы в отдельных скважинах городских водозаборов Минска: «Новинки» (трихлорэтилен и 1,2-дихлорэтилен), «Петровщина» (ксилолы) и «Зеленовка» (трихлорэтилен и 1,2-дихлорэтилен; 1,1-дихлорэтилен, 1,1-дихлорэтан, 1,1,1-трихлорэтан) [7].

Особенности урбанизации почв. Городская почва – это сложная система, включающая твердые частицы, воду, воздух и живые организмы, подвергнутые урбанизации. Она выполняет важные экологические функции городской среды. Как и обычные почвы, городские формируются под влиянием природных факторов, однако решающую роль здесь играет деятельность человека. В широком смысле, городская почва – это любая почва в городской среде. В более узком смысле это особые почвы, созданные и постоянно изменяемые человеком.

Впервые термин «городские почвы» был введен Дж. Бокгеймом [52], который определил его как «почвенный материал, содержащий антропогенный слой несельскохозяйственного происхождения толщиной более 50 см, образованный путем перемешивания, заполнения или загрязнения поверхности земли в городских и пригородных территориях». Согласно М. И. Герасимовой и др. [1], в настоящее время под городскими почвами понимают антропогенно-измененные почвы, имеющие созданный в результате человеческой деятельности поверхностный слой мощностью более 50 см, полученный перемешиванием, насыпанием, погребением или загрязнением материала урбанизированного происхождения в том числе строительно-бытовым мусором.

Городские почвы характеризуются рядом общих особенностей, включая формирование на насыпных, намывных или перемешанных грунтах или культурном слое; наличие строительного и бытового мусора в верхних слоях; нейтральную или щелочную реакцию даже в лесных зонах; загрязнение тяжелыми металлами и нефтепродуктами; специфические физико-механические и другие свойства (например, низкая влагоемкость, высокая плотность, уплотненность, каменистость), а также тенденцию к росту профиля вверх из-за постоянного добавления материалов и ветрового переноса [34]. Все эти особенности или свойства в отдельности можно обнаружить и во внегородских почвах, например, в аллювиальных, однако специфика городских почв состоит в том, что в них эти свойства сочетаются.

Городские почвы обладают характерным диагностическим горизонтом, называемым урбик. Это поверхностный органоминеральный насыпной, перемешанный горизонт с урбоантропогенными включениями (более 5 % строительно-бытового мусора, промышленных отходов) мощностью более 5 см.

Основными его характеристиками являются [1]:

- формирование и возраст: этот горизонт образуется в городах и других населенных пунктах на протяжении многих лет, но также может возникнуть при создании газонов, парков и аналогичных объектов;
- почвообразующие материалы: он состоит из культурного слоя, насыпных или смешанных грунтов и обломков естественных почв;
- цвет: может варьироваться от темно-бурого до различных его оттенков;
- структура: рыхлая, слоистая; верхний слой может быть уплотнен из-за высокой рекреационной нагрузки;
- гранулометрический состав: в основном легкий, облегченный благодаря включениям;
- структурные особенности: структура выражена слабо;
- каменистость: увеличивается за счет строительных и бытовых компонентов;
- повышение слоя: происходит за счет осадков пыли из атмосферы и антропогенного ввода новых материалов;
- вариабельность свойств: наблюдается значительное разнообразие свойств в этом горизонте, касающееся текстуры, плотности, количества включений и химических характеристик;
- pH: обычно выше 7;

– содержание гумуса: бывает разнообразным, однако чаще всего достаточно высоким (5–10 %); совокупность гумуса в основном гуматная, с преобладанием второй фракции гуминовых кислот.

Наличие горизонта урбик является ключевым признаком, который отличает городские почвы от естественно-исторических.

Как и при характеристике технозадокументов промышленных ЭГС, в зависимости от характера дневной поверхности территории городов и других крупных поселений подразделяются на 2 основных типа: 1) открытые (с частичным озеленением) и 2) закрытые (застроенные и заасфальтированные). На открытых территориях выделяют 4 группы поверхностных почвенно-грунтовых образований: естественные ненарушенные, естественно-антропогенные поверхностно-преобразованные, антропогенные глубоко преобразованные почвы, искусственно созданные почвоподобные образования – урботехноземы, а также непочвенные образования – насыпные, намывные и другие техногенные грунты. На заасфальтированных территориях второго типа под асфальтобетоном или иным дорожным покрытием образуется особая группа тел – экранированные почвы и запечатанные грунты [1].

Естественные ненарушенные почвы сохраняют естественное расположение природных почвенных горизонтов и приурочены к лесопарковым зонам, расположенным в городской черте. В основном такие почвы характерны для рекреационных ЭГС.

Естественно-антропогенные поверхностно-преобразованные почвы (урбопочвы) сочетают горизонт урбик мощностью менее 50 см и ненарушенную среднюю и нижнюю части профиля. Почвы сохраняют типовое название с добавлением урбо- (урбодерново-подзолистая, аллювиальная урбодерновая и т. д.).

Антропогенные глубоко-преобразованные почвы образуют группу собственно городских почв – урбоземов, в которых урбиковый горизонт имеет мощность более 50 см (рис. 5). Их профиль состоит из одного или нескольких подгоризонтов, образованных из своеобразного пылевато-гумусного субстрата разной мощности и качества с примесью строительного мусора. Формируются на грунтах разного происхождения и на культурном слое. Иногда верхний подгоризонт подстилается непроницаемым материалом (асфальтом, фундаментом, бетонными плитами, коммуникациями). Профиль урбозема характеризуется отсутствием природных генетических горизонтов до глубины 50 см и более.

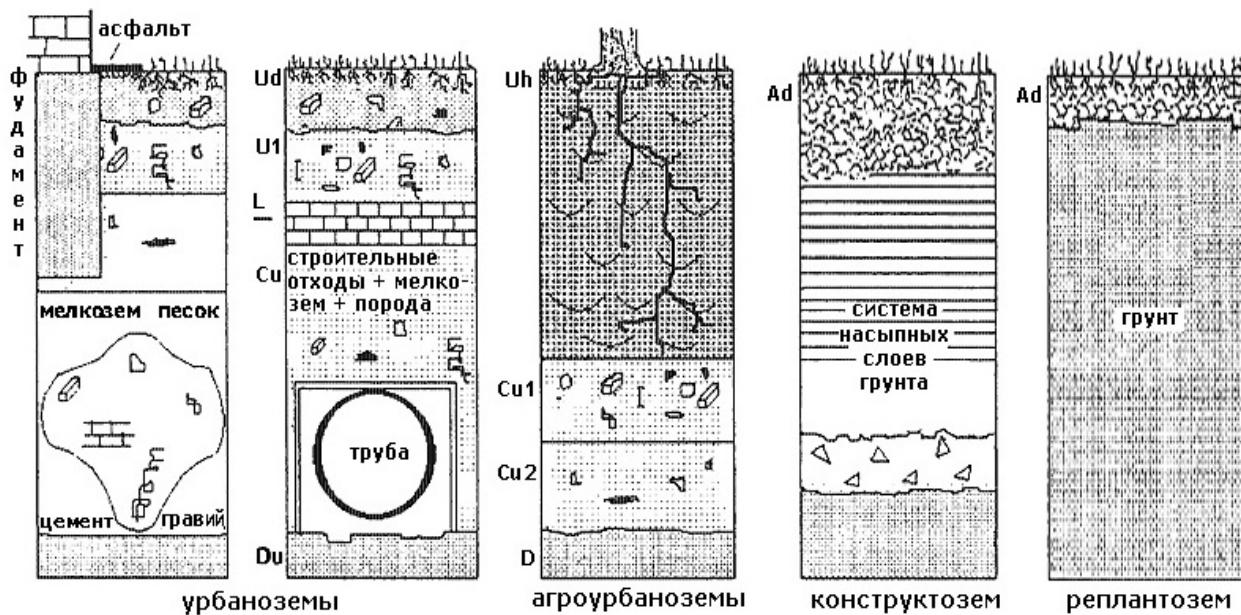


Рисунок 5 – Типы морфологических профилей городских почв [1]

Искусственно созданные почвенные горизонты: Ud – дерновый слой городской почвы, представленный уплотненной дерниной; Uh – гумусированный горизонт; U1 – перемешанный горизонт, который складывается из обломков и пятен природных горизонтов, которые входят в виде отдельностей в общую массу мелкозема; U2 – горизонт, который является искусственной преградой для развития почвы (например, асфальтовое покрытие, бетонная плита); L – слой, являющийся искусственным барьером, например, асфальтовое покрытие или бетонная плита, заключенные в почву; Си – почвообразующая порода, являющаяся одновременно верхней частью культурного слоя; Du – подстилающая порода (D), часто является культурным слоем; Ad – дернина

К этой же группе относятся *культуроземы* (агроурбаниземы) – городские почвы фруктовых и ботанических садов, старых огородов (рис. 5). Для них характерны большая мощность гумусового горизонта, наличие перегнойно-торфо-компостных слоев толщиной более 50 см, развивающихся на нижней иллювиальной части почвенного профиля, на культурном слое или на грунтах разного происхождения.

Урботехноземы – это искусственно созданные поверхностные образования, которые по своим свойствам близки к техноземам, но отличаются от них некоторыми признаками, сближающими их с почвами [34]. Различаются по мощности и свойствам гумусированного слоя, составу и свойствам грунтов. Они подразделяются на [1]:

реплантоземы – почвы, состоящие из маломощного гумусового слоя, слоя торфокомпостной смеси или слоя органоминерального вещества, нанесенных на поверхность рекультивируемой породы из смеси насыпных или других природных или техногенных грунтов (рис. 5). В основном формируются в районах городских новостроек, на новых газонах;

конструктоземы – искусственно целенаправленно создаваемые почвенно-грунтовые образования путем конструирования (создания) профиля по

образу природной почвы (рис. 5). Состоят из серии слоев грунта разного гранулометрического состава и происхождения и плодородного насыпного гумусированного слоя.

Техногенные грунты городского происхождения, не встречающиеся в природе, представлены отходами предприятий жилищно-коммунального хозяйства (иловые осадки со станций аэрации и т. д.) и твердыми бытовыми отходами городских свалок.

Неотъемлемой частью городских территорий являются запечатанные почвы и грунты [1; 34]. Выделяется особая категория почв, запечатанных под дорожными асфальтобетонным покрытием, – *экраноземы*, или экранированные почвы. Эти почвы существенно уплотнены, в них меняются водный, тепловой и газовый режимы; микробиота в таких почвах в большинстве случаев функционирует по анаэробному типу; отсутствует поступление веществ извне, а при укладке покрытия может быть повреждена верхняя часть профиля почвы.

При дорожном строительстве часто происходит срезание почвенного профиля до грунтов и (или) последующее наложение нового материала и дорожного покрытия. В этом случае выделяется группа «запечатанный грунт».

В городах, где повсюду царствует асфальт, бетон и другие искусственные материалы, а улицы заполнены автомобилями, состояние почвы испытывает особенно серьезные последствия. Интенсивное движение транспорта и высокая плотность застройки нарушают естественные процессы, которые обычно поддерживают баланс химических элементов в почве. В результате почвенный покров городов кардинально меняется и загрязняется. Последнее проявляется в накоплении тяжелых металлов, нефтепродуктов, солей и других токсичных веществ. Источниками данных загрязнителей служат автомобильный транспорт, коммунальное хозяйство и даже строительные площадки. Тяжелые металлы, такие как свинец, кадмий, цинк и медь, попадают в почву с выхлопными газами автомобилей, износом дорожного покрытия и коммунальными отходами. Нефтепродукты проникают в почву в результате утечек из автомобилей, аварий на нефтехранилищах и небрежного обращения с отходами. Соли, используемые для борьбы с гололедом, также оказывают негативное воздействие, повышая засоленность почвы и угнетая растительность.

Измененный химический состав почв в городах влияет на их физические свойства. Уплотнение, снижение пористости и водопроницаемости приводят к ухудшению аэрации и затрудняют развитие корневых систем растений. Это, в свою очередь, сказывается на способности почв к самоочищению и поддержанию биологического разнообразия. Городские почвы, лишенные естественной растительности и микроорганизмов, становятся менее устойчивыми к эрозии и более подверженными загрязнению.

По оценкам специалистов [36], площадь территории с опасным уровнем загрязнения почв в городах и зонах влияния полигонов ТКО составляет в Беларуси 78,6 и 1,44 тысячи га соответственно.

Вследствие урбанизации в селитебных ЭГС формируются специфические *урбоатмопоны* – состав атмосферного воздуха в них существенно изменен и отличается от окружающего природного. Особенно большие изменения фиксируются в составе приземного слоя воздуха на городских территориях, который загрязняется углекислым и другими газами. Источниками атмосферного загрязнения на городских территориях являются выбросы автомобильных газов, выбросы газов от котельных, горячих цехов, некоторых промышленных объектов – пищевых и химических предприятий. Городской смог стал обыденным явлением во многих городах. Источниками загрязнения воздуха также являются места складирования и переработки коммунальных отходов.

ОСОБЕННОСТИ БИОТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ СЕЛИТЕБНЫХ ЭГС

Особенности урбомикробоценоза. В состав микробоценоза селитебных ЭГС, как и в других эколого-геологических системах, входят различные группы микроорганизмов, включая простейших, низшие водоросли, низшие грибы, актиномицеты и бактерии. Большинство из них обитает в почве, где они играют ключевую роль в поддержании экосистемных процессов и биогеохимических циклов. Вместе с тем, несмотря на их важность, микробное разнообразие в исследуемых экосистемах мало изучено на территории Беларуси. Это создает определенные пробелы в понимании влияния антропогенных факторов, связанных с городской жизнью, на микробное разнообразие и функциональные возможности почвенных экосистем. Тем не менее исследования, проведенные Ю. М. Бачурой, И. М. Колесник, Л. В. Лысак, Э. М. Свеклой, Е. С. Соловьевой и другими [3; 29; 39; 44 и др.], предоставляют ценную информацию для характеристики микробных сообществ в контексте функционирования селитебных ЭГС на территории Беларуси.

Так, например, Ю. М. Бачурой в 2003–2012 гг. был изучен видовой и/или родовой состав почвенных водорослей на территории г. Гомеля [3]. Для отбора почвенных проб автором были выбраны придорожные газоны некоторых улиц города: Кирова, Советская и Старочерниговская, отличающихся между собой шириной, интенсивностью движения и присутствием разного вида транспорта, и городской полигон твердых коммунальных отходов.

Исследования показали, что на придорожных газонах в городе было обнаружено 26 видов зеленых водорослей, принадлежащих 20 родам, 17 семействам и 10 порядкам, разделенным на 4 класса (*Chlorophyceae* – 57,7 %, *Trebouxiophyceae* – 30,8 %, *Charophyceae* – 7,7 %, *Ulvophyceae* – 3,8 %). Наиболее разнообразными оказались порядки *Scenedesmales* (6 видов из родов *Bracteacoccus*, *Neochloris*, *Scotiellopsis*, *Keratococcus* и *Chlorolobion*) и *Chlorellales* (5 видов из родов *Chlorella* и *Stichococcus*). Также были обнаружены представители порядков *Volvocales* (виды рода *Chlamydomonas*), *Chlorococcales* (виды родов *Chlorococcum* и *Tetrasporangium*), *Protosiphonales* (виды родов *Chlorosarcinopsis*, *Desmotetra*, *Neospongioscillum*, *Geminella*), *Microthamniales* (виды родов *Leptosira* и *Microthamnion*), *Trebouxiiales* (виды рода *Myrmecia*), *Choricystidiales* (виды рода *Pseudococcotypha*), *Codiolales* (виды рода *Ulothrix*), *Klebsormidiales* (виды рода *Klebsormidium*). Все семейства зеленых водорослей имели невысокое количество видов.

Так, в почвах придорожных газонов на улице Кирова (узкая трехполосная дорога с интенсивным транспортным потоком, движением общественного транспорта и грузовых автомобилей) было обнаружено 20 видов водорослей. На долю хлорофициевых водорослей приходилось 50,0 % всех видов, требукиофициевых – 35,0 %, харофициевых – 10,0 %, ульвофициевых – 5,0 %. Среди них обнаружены одноклеточные представители родов *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Neospongiococcum*, *Scotiellopsis*, *Bracteacoccus*, *Neochloris*, *Keratococcus*, *Myrmecia*, *Chlorella*, *Pseudococcum* и *Thrix*; пакетообразующие *Tetracystis*, *Chlorosarcinopsis*; способные к формированию нитей *Leptosira*, *Microthamnion*, *Ulothrix*, *Klebsormidium*.

Почва придорожных газонов на улице Советской (широкая шестиполосная дорога с интенсивным движением легкового и общественного транспорта, проезд грузовиков запрещен) содержала 14 видов зеленых водорослей. Наибольшая доля (42,8 %) приходилась на представителей классов *Chlorophyceae* и *Trebouxiophyceae*. Классы *Charophyceae* и *Ulvophyceae* были представлены в значительно меньшем количестве (по 7,2 %). Водоросли, устойчивые к неблагоприятным условиям и относящиеся к родам *Neospongiococcum*, *Bracteacoccus*, *Neochloris*, *Keratococcus* и *Myrmecia*, в этих образцах не были обнаружены [3].

В почве придорожных газонов на улице Старочернитовской (узкая двухполосная дорога с немногочисленным движением легковых автомобилей и отсутствием общественного и грузового транспорта) было выявлено 17 видов зеленых водорослей. Доминировали *Chlorophyceae* (58,8 %), за ними следовали *Trebouxiophyceae* (29,4 %) и *Charophyceae* (11,8 %). Состав водорослей отличался от найденного на улице Советской: отсутствовали роды *Leptosira*, *Microthamnion* и *Ulothrix*, но были обнаружены *Desmotetra*, *Geminella* и *Chlorolobion*. Также наблюдались изменения в видовом составе других родов зеленых водорослей.

По градиенту транспортной нагрузки улиц Гомеля в структуре сообществ зеленых водорослей придорожных газонов имело место сокращение числа видов из класса *Trebouxiophyceae*.

Более богатым видовым составом почвенных водорослей отличается территория городского полигона ТКО. Здесь были обнаружены 36 видов зеленых водорослей, принадлежащих к 25 родам, 18 семействам и 12 порядкам, относящимся к классам *Chlorophyceae* (55,6 %), *Trebouxiophyceae* (25,0 %), *Ulvophyceae* (5,6 %) и *Charophyceae* (11,1 %). Также был найден один род (*Characium*) с неопределенным систематическим положением.

Среди хлорофициевых зеленых водорослей были зафиксированы виды из порядков *Volvocales* (среди родов *Chlamydomonas*), *Chlorococcales* (в родах *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Macrochloris*), *Protosiphonales* (в родах *Chlorosarcinopsis*, *Neochlorosarcina*, *Desmotetra*, *Neospongiococcum*, *Geminella*) и *Scenedesmales* (в родах *Bracteacoccus*, *Dictiochloris*, *Scotiellopsis*, *Scenedesmus*). Представители класса *Trebouxiophyceae* включали виды порядков *Microthamniales* (*Leptosira* sp.) и *Chlorellales* (в родах *Chlorella*, *Stichococcus*, *Gloeotila*). Ульвофициевые водоросли относились к порядкам *Chaetopeltidales* (*Fernandinella alpine*) и *Codiolales* (*Ulothrix* sp.), тогда как харофициевые – к порядкам *Klebsormidiales* (в родах *Klebsormidium*), *Zygnematales* (в родах *Mesotaenium*) и *Desmidiales* (в родах *Cosmarium*). Наиболее разнообразными оказались порядки *Chlorellales* и *Scenedesmales*, представленные 7 и 6 видами соответственно. Все семейства, кроме *Chlamydomonadaceae*, имели немного видов, а среди родов наибольшее количество составляли *Chlamydomonas* (5 видов) и *Chlorella* (4 вида) [3].

Заслуживают внимания результаты санитарно-микробиологических исследований урбанизированных районов г. Гродно, проводимых Э. М. Свеклой и И. М. Колесник в 2011–2012 гг. [39]. Пробы авторами отбирались в четырех жилых районах г. Гродно – Форты, Центральный, Девятовка, Вишневец.

Исследования показали, что почвы в разных зонах города имеют различные характеристики. В лесопарковой зоне почва была нейтральной, на выгульных площадках – слабощелочной, а в песочницах – щелочной. Общее количество микроорганизмов в почве было относительно низким (от 10^2 до 10^6 КОЕ / 1 г почвы), с заметными сезонными колебаниями: в 2011 г. пик приходился на лето, а в 2012 г. – на весну. В целом почвы характеризовались как имеющие очень низкую обеспеченность микроорганизмами и слабую биологическую активность. Наблюдалась тенденция к снижению численности микроорганизмов от центра города к северной его части.

Практически во всех пробах, за исключением одной (лесопарк «Пышки» летом 2012 г.), постоянно обнаруживались бактерии группы кишечной палочки (БГКП) в высоких титрах (10^{-5} – 10^{-6}). В 2011 г. доля проб, сильно загрязненных БГКП, увеличивалась к осени, достигая 33 %, что указывало на рост биологической нагрузки и накопление энтеробактерий. Было отмечено нарушение способности почвы к фильтрации в лесном массиве и на выгульной площадке в районе Вишневец. В 2012 г. ситуация

улучшилась, и доля сильно загрязненных проб снизилась до 17 %.

Анализ на наличие клостридий показал, что наибольшее фекальное загрязнение наблюдалось в почве детских и выгульных площадок. Доля проб, загрязненных клостридиями, колебалась от 50 до 100 % в течение всего периода исследования. Практически во всех образцах было обнаружено как свежее, так и давнее фекальное загрязнение, что указывает на неудовлетворительное санитарное состояние исследуемых территорий.

Как в 2011 г., так и в 2012 г. в течение года в почвах лесопарковой зоны можно было наблюдать рост численности мицелиальных грибов. В образцах, взятых на выгульных площадках и в песочницах, численность КОЕ грибов сильно варьировалась, без четких сезонных закономерностей в 2011 г. и со снижением летом в 2012 г. Особое внимание привлекло содержание мицелиальных грибов в грунтах детских площадок, в некоторых случаях более высокое, чем в лесных почвах [39].

В целом следует отметить, что городская среда оказывает значительное влияние на почвенную микробиоту, в первую очередь изменяя структуру микробного сообщества. Это связано с тем, что разные микроорганизмы обладают различной устойчивостью к неблагоприятным факторам. В городских почвах, характеризующихся нейтральной или слабощелочной реакцией, наличием загрязнителей и повышенной температурой, создаются условия, благоприятные для развития патогенных бактерий и грибов. Эти микроорганизмы быстро адаптируются к специфическим условиям и подавляют естественную микрофлору почвы [44].

Согласно исследованиям В. С. Артамоновой [2], в почвах жилых зон наблюдается активизация популяций *Azotobacter chroococcum* и агрессивных видов рода *Penicillium*, что является характерной реакцией микробиоты на урбанизацию. В сильно загрязненных городских почвах структура микробных сообществ претерпевает существенные изменения: снижается доля физиологически активных материальных клеток по сравнению с незагрязненными почвами, меняется соотношение различных таксонов и появляются новые доминирующие виды. Например, при загрязнении нефтью и полихлорбифенилами доминируют виды рода *Rhodococcus*, а при комплексном бытовом загрязнении – энтеробактерии (роды *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*) [29].

Нарушение баланса микробиоты, в свою очередь, влечет за собой целый каскад негативных последствий для почвенной экосистемы: снижается способность почвы к самоочищению от органических и неорганических загрязнителей; замедляется

процесс разложения растительных остатков, что приводит к накоплению органического вещества в неразложившемся виде и к ухудшению аэрации. Кроме того, подавление полезных микроорганизмов, участвующих в круговороте питательных веществ, таких как азотфикссирующие бактерии и фосфатомобилизующие микроорганизмы, приводит к снижению плодородия почвы и ухудшению условий для роста растений. В конечном итоге изменения в почвенной микробиоте оказывают влияние не только на саму почву, но и на здоровье растений, животных и даже человека. Увеличение концентрации патогенных микроорганизмов в почве повышает риск заражения различными заболеваниями, а ухудшение качества почвы негативно сказывается на росте и развитии растений.

Особенности урбобиоценоза селитебных территорий также обусловлены урбанизацией и представляют собой важный элемент любой городской среды, поскольку определяющим критерием организации городской среды является уровень озелененности территории города. Согласно нормативам озелененность населенных пунктов Беларуси должна быть не менее 30 %, а на территории жилых районов и микрорайонов не ниже 25 % [48]. По официальным данным [6], за последние 5 лет (с 2020 г.) средний процент озеленения городов и районных центров Беларуси достиг 40. Значительно увеличилось количество населенных пунктов, соответствующих этому нормативу, – более чем на 30 %. Среди областных центров лидирует Витебск с показателем 49,1 %, за ним следуют Брест (45,7 %) и Могилев (44,3 %).

В Витебске, располагающемся на северо-востоке страны в подзоне дубово-темнохвойных подтаежных лесов, растительность представлена как естественными и смешанными насаждениями, так и культурными посадками, где естественное возобновление заменено уходом и культивацией. В видовом составе преобладают липа мелколистная (*Tilia cordata*), клен остролистный (платановидный) (*Acer platanoides*), каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum*), вяз обыкновенный (*Ulmus laevis*), дуб скальный (*Quercus petraea*), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), бересклет повислый (*Betula pendula*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*), орех маньчжурский (*Juglans mandshurica*), бархат амурский (*Phellodendron amurense*), ель европейская (*Picea abies*) и ель канадская (*Picea glauca*), а также различные интродуцированные кустарники. Наиболее распространенными древесными породами на улицах и магистралях Витебска являются липа, клен и конский каштан. В основном это деревья среднего и старшего

возраста (20–50 лет). Эти виды были выбраны для озеленения из-за их декоративности и устойчивости к городским условиям. Однако в последние два десятилетия состояние уличных посадок ухудшилось, все чаще наблюдаются признаки ухудшения санитарного состояния деревьев, такие как преждевременное опадение листьев и изменение их окраски, что снижает их функциональность [33].

В отличие от улиц и жилых кварталов, зеленые насаждения в парках и скверах Витебска находятся в лучшем состоянии. Например, исследования в сквере по улице Кирова показали, что из 17 видов деревьев (преимущественно липы и конского каштана) и 3 видов кустарников 73 % деревьев здоровы, 18 % – ослаблены, 7 % – сильно ослаблены, 2 % – усыхают и 1 % – сухостой. Аналогичная ситуация наблюдается в сквере Привокзальной площади, где из 17 видов деревьев и 3 видов кустарников (с преобладанием туи западной и барбариса Тунберга) 69 % деревьев здоровы, 25 % – ослаблены, 5 % – сильно ослаблены и 1 % – усыхают [33].

За последние 10 лет в Витебске значительно улучшилось ландшафтное оформление скверов и других общественных мест. Это стало возможным благодаря созданию новых и реконструкции существующих зеленых зон. Обследование И. В. Гарановичем [12] 13 объектов общего пользования на территории города позволило выявить 108 таксонов древесно-кустарниковой растительности, из которых 53 являются редкими (аралия (*Aralia*), барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris*) и краснолистный (*Berberis thunbergii*), боярышник алма-атинский (*Crataegus almaatensis*), бук европейский краснолистный (*Fagus sylvatica atropurpurea*), вейгела гибридная (*Weigela hybrida*), дуб скальный *Mespilifolia*, ель обыкновенная *Nidiformis* и др.).

Заметно отличается от растительности Витебска зеленый покров Бреста – города, расположенного на юго-западе страны в подзоне широколиственно-сосновых лесов. Здесь произрастают более 200 видов деревьев, кустарников, полукустарников, лиан как местных, так и завезенных сюда из разных регионов мира (Северная Америка, Западная Европа, Восточная Азия, Центральная Азия, Кавказ и др.). Наиболее широко в посадках Бреста представлены местные виды деревьев и кустарников (сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), ель европейская (*abies*), пихта белая (*Abies alba*), дуб черешчатый (*Quercus robur*), вяз гладкий (*Ulmus laevis*), граб обыкновенный (*Carpinus betulus*), ива белая (*Salix alba*), ива ломкая (*S. fragilis*), береза бородавчатая (*B. pendula*), береза пушистая (*B. pubescens*), ольха черная (*Alnus glutinosa*), осина (*Populus tremula*), тополь черный (*Populus nigra*), тополь белый (*P. alba*),

липа мелколистная (*T. cordata*), клен остролистный (*A. platanoides*), черемуха обыкновенная (*Padus avium*), бересклет европейский (*Euonymus europaeus*), бересклет бородавчатый (*E. verrucosus*), бузина черная (*Sambucus nigra*), бузина красная (*S. racemosa*), калина обыкновенная (*Viburnum opulus*), лещина обыкновенная (*Corylus avellana*) и др.). Украшением площадей, скверов и бульваров являются редкие экзотические породы (ель колючая (*P. pungens*), кальпа бигнониевидная (*Catalpa bignonioides*), птелея трехлистная (*Ptelea trifoliata*), можжевельник казацкий (*Juniperus sabina*), сосна черная (*P. nigra*), гребенщик ветвистый (*Tamarix ramosissima*), бархат амурский (*Phellodendron amurense*), лох серебристый (*Elaeagnus commutata*), павлония (*Paulownia*), магнолия (*Magnolia*), илекс (*Ilex*), шелковница (*Morus*), лавровицня (*Laurocerasus*), гледичия (*Gleditsia triacanthos*), кампсис (*Campsis*), бук краснолистный (*Fagus sylvatica atropurpurea*), юкка (*Yucca*), орех черный (*Juglans nigra*), айлант высочайший (*Ailanthus altissima*), рябина ария (*Sorbus aria*), робиния псевдоакация (*Robinia pseudoacacia*) *Tortuosa*, дереза (*Lycium*), софора (*Sophora*), сосна Муррея (*P. contorta murrayana*), можжевельник виргинский (*Juniperus virginiana*), биота восточная (*Platycladus orientalis*). Произрастают также змеевидные ели (*P. abies Virgata*) и старинный дуб черешчатый пирамидальной формы (*Quercus Robur f. fastigiata*) – объявлены памятниками природы [12]. Распределены таксоны по объектам неравномерно, наиболее богат ассортимент в центре города.

В целом состояние зеленых насаждений в Бресте, как и в большинстве крупных и средних городов Беларуси, нестабильно и сильно отличается в зависимости от принадлежности к определенным архитектурно-планировочным зонам города. На их здоровье могут негативно влиять как природные катаклизмы (засухи, наводнения, сильные ветры, резкие перепады температур), так и антропогенные факторы (загрязнение воздуха, подтопление и др.). Любое из этих воздействий ослабляет растения, приводя к повреждениям, а длительное воздействие может даже вызвать гибель части зеленых зон.

Особенности урбозооценоза. Селитебная ЭГС – это сложный конгломерат созданных и измененных человеком пространств, перемежающихся с небольшими участками естественных ландшафтов. Это создает неоднозначную ситуацию для формирования животного мира – урбозооценозов. С одной стороны, преобразование территорий приводит к сокращению разнообразия видов животных. С другой – развитая транспортная инфраструктура способствует проникновению новых видов в городские экосистемы. Многие из этих «пришельцев»

успешно адаптируются к городским условиям, обогащая местную фауну.

Состав урбозооценоза изучаемых ЭГС представлен как беспозвоночными, так и позвоночными животными и во многом обусловлен особенностями литотопа, эдафотопа и фитоценоза, рассмотренными выше.

Как и у большинства природных, природно-техногенных и техногенных эколого-геологических систем, в селитебных ЭГС территории Беларуси наиболее representative является группа беспозвоночных, представленная насекомыми (*Insecta*), червями (*Vermes*), брюхоногими моллюсками (*Gastropoda*), пауками (*Araneae*), клещами (*Acari*), многие из которых являются паразитами.

Насекомые занимают особенно большое положение в городских экосистемах. Среди них большим распространением пользуются жуки (жуки-цы, божьи коровки, листоеды, долгоносики и др.), чешуекрылые, стрекозы, перепончатокрылые (пилильщики, наездники, муравьи, шмели), двукрылые (мухи, комары) и др. Выполняя основные функции опыления, снабжение питательными веществами и прочее, насекомые поддерживают стабильность в городах. Но несмотря на полезные функции многих насекомых, среди них выделяют и насекомых-паразитов.

Тараканы (*Blattodea*) – это одно из самых стойких и выносливых насекомых, которое может обходиться без пищи на протяжении месяца и питаться всем, что попадет в их поле зрения. В качестве местообитания в городах они предпочитают верхние этажи зданий, чердаки, мусоропроводы, вентиляционные шахты. Тараканы, портят продукты питания и перенося различные заболевания (туберкулез, холера, тиф), наносят огромный ущерб человеку [15].

Из отряда полужестокрылых или клопов (*Hemiptera*) типичными городскими жителями являются постельные клопы (*Cimex lectularius*), колонии которых встречаются в жилых домах, гостиницах, постельных принадлежностях, старых вещах, мебели, а также в гнездах птиц, норах животных, птичниках.

Среди двукрылых (*Diptera*), встречающихся в городах, особенно многочисленны мухи (*Muscidae* – настоящие мухи, особенно комнатная муха (*Musca domestica*)), *Calliphoridae* – синие или зеленые мясные мухи, *Sarcophagidae* – серые мясные мухи, *Piophilidae* – сырные мухи, *Drosophilidae* – дрозофилы, плодовые мушки, *Hippoboscidae* – кровососки) и комары (*Aedes* – кусаки или лесные, *Culex* – подвальные или комары-пискуньи, *Anopheles* – малярийные) – паразитирующее насекомые, которые являются

переносчиками опасных инфекций. Комары в городах предпочитают сырье места, очистные сооружения, подвалы, чердаки, загрязненные водоемы и пруды. Теплые и влажные подвалы позволяют комарам размножаться круглый год, не обращая внимания на зиму [15].

В отряде чешуекрылых (*Lepidoptera*) на урбанизированных территориях отмечается снижение видового биоразнообразия: редкие бабочки встречаются лишь в городских скверах и пустырях, по долинам рек. Среди них преобладают самые обычные виды булавоусых (*Rhopalocera*), в основном белянки (*Pieridae*), более разнообразны разноусые (*Heterocera*), в основном моли (*Tineidae* и др.).

Настоящей проблемой в городах страны стали клещи (*Acari*). Если раньше о них вспоминали, собираясь в лес, то теперь встреча с этими неприятными насекомыми вполне вероятна и в городской черте. В парках, скверах, на газонах возле домов – клещи подстерегают человека повсюду. И это не просто неприятное соседство, а реальная угроза здоровью, поскольку клещи являются переносчиками опасных заболеваний, таких как клещевой энцефалит и болезнь Лайма.

В городах, помимо прочих проблем, связанных с насекомыми и другими беспозвоночными, существует еще одна, часто недооцененная угроза – гельминты. Эти паразитические черви представляют серьезную опасность для здоровья людей и домашних животных, особенно в условиях плотной городской застройки. Так, проведенное Ю. Ю. Масалковой санитарно-паразитологическое обследование почв Витебска позволило выявить в них яйца 11 четко определяемых видов гельминтов домашних плотоядных [31]: *Toxocara canis*, *Toxascaris leonina*, *Dipylidium caninum*, *Ancylostoma caninum*, *Uncinaria*, *Strongyloides vulpis*, *Trichocephalus vulpis*, *Mesocestoides lineatus*, *Echinococcus granulosus*, *Alaria alata*, *Capillaria plica*, относящихся к трем классам: *Trematoda*, *Cestoda*, *Nematoda*. Кроме того, в анализируемых почвенных пробах были обнаружены виды семейства *Taeniidae* – *Taenia* sp., видовое определение которых невозможно на стадии яйца. При этом доминирующее положение, согласно исследованиям, занимает *Toxocara canis* с частотой встречаемости около 54 % инвазированных проб [31]. Из 234 опробованных образцов почв в 36 из них содержались яйца гельминтов собак (15,4 %). Причем была установлена очевидная неоднородность загрязнения почв в различных районах города (табл. 2). Распространению гельминтов на урбанизированных территориях способствует и выгул собак на придомовых участках и скверах, а также разведение голубей.

Таблица 2 – Загрязнение почв яйцами гельминтов в различных районах Витебска [31]

Район	Количество проб		Экстенсивность загрязнения, %
	исследовано	положительных	
Центр города с многоквартирной жилой и общественной застройкой	32	0	-
Многоквартирная жилая застройка	75	13	17,3
Одноэтажная (индивидуальная) жилая застройка	62	6	9,7
Парковая зона	65	17	26,2
Всего	234	36	15,4

Среди позвоночных, экологически связанных с селитебными ЭГС, на территории Беларуси выделяют многих представителей основных групп животных. Здесь находят себе место земноводные, рептилии, птицы и млекопитающие. Например, из земноводных здесь можно встретить все 13 видов, официально зарегистрированных в стране. В ночное время под уличными фонарями и балконами можно встретить обычную зеленую жабу (*Bufo viridis*), на огородах и садах – чесночницу обыкновенную (*Pelobates fuscus*). Отдельного внимания заслуживают древесные лягушки – квакши (*Hylidae*) – постоянные гости на кустах малины и смородины. В небольших канавах и мелких водоемах встречаются жерлянки краснобрюхие (*Bombina bombina*). В водоемах городов встречаются обыкновенный (*Lissotriton vulgaris*) и краснокнижный гребенчатый (*Triturus cristatus*) тритоны. Из пресмыкающихся на пустырях, в местах рядом со стройками, где проводятся либо ранее проводились строительные работы, встречается прыткая ящерица (*Lacerta agilis*), в сырых местах и поймах рек – веретеница (*Anguis fragilis*), уж (*Natrix natrix*) [5].

Наиболее разнообразен в городах видовой состав птиц. Согласно В. В. Сахвону [38], на урбанизированных территориях Беларуси отмечено пребывание 205 видов птиц (62,1 % всей орнитофауны республики), относящихся к 19 отрядам (86,3 % всех отрядов) и 51 семейству (79,6 % всех семейств). За все время проведения орнитологических исследований было установлено или предположено гнездование 140 видов птиц (68,2 %), относящихся к 16 отрядам и 41 семейству. Однако некоторые виды, такие как сизоворонка (*Coracias garrulus*), перестали гнездиться в городах, а гнездование других, например, некоторых чаек, таких как клуша (*Larus fuscus*), стало нерегулярным. В то же время список видов может пополняться за счет случайных залетов. Около 20 % всех видов, зарегистрированных в городах, наблюдались лишь однажды или несколько раз вне периода гнездования. Это в основном птицы, связанные с водоемами.

По числу особей первое место в городах принадлежит воробьям (полевой – *Passer montanus*, домовой – *Passer domesticus*), часто встречаются сизый голубь (*Columba livia*), грач (*Corvus frugilegus*), галка (*Coloeus monedula*), серая ворона (*Corvus cornix*), ворон (*Corvus corax*), черный стриж (*Apus apus*), обыкновенный скворец (*Sturnus vulgaris*), большая синица (*Parus major*), городская ласточка (*Delichon urbicum*). В парках и скверах обитают хохлатая синица (*Parus cristatus*), черноголовая гаичка (*Poecile palustris*), пичуха (*Certhia familiaris*), поползень (*Sitta europaea*), кольчатая горлица (*Streptopelia decausta*), зяблик (*Fringilla coelebs*), дрозд-рябинник (*Turdus pilaris*), черный (*Turdus merula*) и певчий (*Turdus philomelos*) дрозд, большой пестрый дятел (*Dendrocopos major*), мухоловка-пеструшка (*Ficedula hypoleuca*), певчая-весничка (*Phylloscopus trochilus*), зеленушка (*Chloris chloris*), обыкновенная иволга (*Oriolus oriolus*), щегол (*Carduelis carduelis*), из хищных – ястреб-тетеревятник (*Accipiter gentilis*), воробиный сыч (*Glaucidium passerinum*) и др.; в поймах рек – чайка сизая (*Larus canus*), трясогузка белая (*Motacilla alba*), чибис (*Vanellus vanellus*) и др.; на водоемах – кряква (*Anas platyrhynchos*), чирок-трескунок (*Spatula querquedula*), озерная чайка (*Larus ridibundus*), лебедь-шипун (*Cygnus olor*). На окраинах городов можно встретить полевого (*Alauda arvensis*) и хохлатого (*Galerida cristata*) жаворонка, кукушку (*Cuculus canorus*), вертишнейку (*Jynx torquilla*), серую куропатку (*Perdix perdix*), перепела (*Coturnix coturnix*), белого аиста (*Ciconia ciconia*) и др. Зимой в города прилетают сойка (*Garrulus glandarius*), снегирь (*Pyrrhula pyrrhula*), свиристель (*Bombycilla garrulus*), обыкновенная чечетка (*Acanthis flammea*) [5].

10. Из млекопитающих на урбанизированных территориях наиболее многочисленны грызуны: мыши (домовая – *Mus musculus*, полевая – *Apodemus agrarius*, лесная – *Apodemus uralensis*), крысы (черная – *Rattus rattus*, серая – *Rattus norvegicus*), полевки (рыжая – *Myodes glareolus*, обыкновенная –

Microtus arvalis). Вблизи жилых кварталов в ночное время можно увидеть летучих мышей (*Microchiroptera*). На усадебных участках и в парковых зонах часто встречаются европейский крот (*Talpa europea*), бурозубка (*Sorex*), обыкновенная белка (*Sciurus vulgaris*), из хищных млекопитающих здесь обитают черный хорек (*Mustela putorius*), ласка (*Mustela nivalis*) и еж (*Erinaceus europaeus*). В заводях рек, протекающих через некоторые города, можно встретить бобра (*Castor fiber*), ондатру (*Ondatra zibethicus*) и водяную кутору (*Neomys fodiens*), а на окраинных территориях городов – зайца (*Lepus europaeus*) и лису (*Vulpes vulpes*). Известны случаи, когда в населенные пункты забредали более крупные животные, такие как лоси, олени, косули, кабаны, волки и енотовидные собаки [5].

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы.

1. Все компоненты селитебных ЭГС, как абиотические, так и биотические, обладают комплексом специфических характеристик, обусловленных влиянием антропогенеза, что необходимо

учитывать при их систематике, описании и анализе экологических функций литосферы на территориях жилой застройки.

2. Важнейшим фактором формирования характерных особенностей селитебных ЭГС является своеобразие ее урболовитотопа, представленного массивами искусственных и техногенно измененных грунтов, а также влияние урбанизации.

3. Выявленные закономерности и особенности селитебных ЭГС Беларуси можно рассматривать как общие для аналогичных ЭГС в России, которые необходимо учитывать при инженерно-экологических исследованиях и изысканиях.

Работа выполнена в рамках научного направления «Изучение закономерностей функционирования природно-технических систем Беларуси, мониторинг и управление их состоянием» Витебского государственного университета имени П. М. Машерова, утвержденного приказом ректора № 8-н от 05.02.2024, а также в рамках государственного задания МГУ имени М. В. Ломоносова с использованием оборудования, приобретенного за счет средств Программы развития Московского университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Антропогенные** почвы: генезис, география, рекультивация : учеб. пособие / М. И. Герасимова [и др.] / под ред. Г. В. Добровольского. – Смоленск : Ойкумена, 2003. – 268 с.
2. **Артамонова, В. С.** Микробиологические особенности антропогенно преобразованных почв Западной Сибири / В. С. Артамонова. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2002. – 225 с.
3. **Бачура, Ю. М.** Зеленые водоросли антропогенно-преобразованных почв (на примере Гомельского региона) / Ю. М. Бачура // Весн. Грод. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 5. Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2016. – Т. 6, № 1. – С. 118–129.
4. **Белковская, Н. Г.** Влияние системы расселения населения на формирование территориальной структуры хозяйства Республики Беларусь / Н. Г. Белковская, Н. Л. Борисова, Н. В. Ястrebова // Социально-экономическая география в XXI веке: новые реалии и практические возможности : материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19–20 нояб. 2021 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Е. А. Антипова (гл. ред.), А. П. Безрученок, А. В. Дыдышко. – Минск : БГУ, 2022. – С. 35–37.
5. **Бурко, Л. Д.** Позвоночные животные Беларуси : учеб. пособие / Л. Д. Бурко, В. В. Гричик. – Минск : БГУ, 2003. – 373 с.
6. **В Беларуси** продолжается озеленение: Витебск лидирует среди областных центров // Новости Беларуси. – 2024. – URL: <https://novosti-belorussi.com/posts/id7838-minprirody-nazvalo-samye-ozelenennye-goroda-belorussi-v-2024-godu> (дата обращения: 26.04.2025).
7. **Вещественный** состав и экотоксикологическая опасность свалок городских отходов / А. В. Кудельский [и др.] // Доклады НАН Беларуси. – 2001. – Т. 45, № 6. – С. 91–97.
8. **Галкин, А. Н.** Инженерная геология Беларуси : в 3 ч. / А. Н. Галкин. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2016. – Ч. 1 : Грунты Беларуси / под науч. ред. В. А. Королева. – 367 с.
9. **Галкин, А. Н.** Классификация эколого-геологических систем Беларуси на основе учета особенностей литотопов и инженерно-хозяйственных объектов / А. Н. Галкин, В. А. Королев // Літасфера. – 2023. – № 1 (58). – С. 98–109.
10. **Галкин, А. Н.** Опыт создания и использования техногенных грунтов в качестве оснований и сре-ды для различных инженерных сооружений в условиях Белоруссии / А. Н. Галкин, И. А. Красовская,

А. И. Павловский // Сергеевские чтения. Массивы грунтов как жизнеобеспечивающий ресурс общества : материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, Псков, 27–28 марта 2025 г. – М. : Изд-во «Геоинфо», 2025. – Вып. 26. – С. 25–29.

11. Галкін, А. Н. Особенности функционирования литотехнических систем территории Белоруссии / А. Н. Галкін, В. А. Королев // Инженерная геология. – 2014. – № 4. – С. 28–44.

12. Гаранович, И. В. Особенности озеленения областных центров Беларуси / И. В. Гаранович // Наука и инновации. – 2015. – № 3 (145). – С. 4–8.

13. Голодковская, Г. А. Геологическая среда промышленных регионов / Г. А. Голодковская, Ю. Б. Елисеев. – М. : Недра, 1989. – 220 с.

14. Дзекцер, Е. С. Закономерности формирования процесса подтопления застраиваемых территорий грунтовыми водами / Е. С. Дзекцер // Процессы подтопления застроенных территорий грунтовыми водами (прогноз и защита) : тез. докл. Всесоюзн. совещ., Новосибирск, 9–11 окт. 1984 г. – Новосибирск, 1984. – Ч. 1. – С. 5–9.

15. Званцов, Я. И. Животный мир городов / Я. И. Званцов // Творчество молодых, 2018 : сб. науч. работ студентов, магистрантов и аспирантов : в 4 ч. – Гомель : ГГУ имени Ф. Скорины, 2018. – Ч. 1. – С. 226–229.

16. Инженерная геология Беларуси : в 3 ч. / А. Н. Галкін [и др.]. – Вітебск : ВГУ імени П. М. Машерова, 2017. – Ч. 2 : Инженерная геодинамика Беларуси / под науч. ред. В. А. Королева. – 452 с.

17. Кодекс Республики Беларусь об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности от 17.07.2023 № 289-3. – URL: https://rcuk.bsc.by/sites/rcuk.bsc.by/files/stroitelnyy_kodeks_respubliki_belarus.pdf?ysclid=macn78zkyz807627058 (дата обращения: 26.04.2025).

18. Королев, В. А. К разработке систематики эколого-геологических систем Белоруссии / В. А. Королев, А. Н. Галкін // Инженерная геология. – 2023. – Т. XVIII, № 2. – С. 12–28. DOI: <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2023-18-2-12-28>.

19. Королев, В. А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем : учеб. пособие / В. А. Королев / под ред. В. Т. Трофимова. – М. : КДУ, 2007. – 416 с.

20. Королев, В. А. Особенности лесохозяйственных эколого-геологических систем Белоруссии / В. А. Королев, А. Н. Галкін // ГеоИнфо. – 2024. – Т. 6, № 12. – С. 6–19. DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-12-6-19.

21. Королев, В. А. Особенности природных эколого-геологических систем массивов глинистых грунтов Белоруссии / В. А. Королев, А. Н. Галкін // ГеоИнфо. – 2023. – Т. 5, № 9/10. – С. 12–21. DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-9/10-12-21.

22. Королев, В. А. Особенности сельскохозяйственных эколого-геологических систем Белоруссии / В. А. Королев, А. Н. Галкін // Вестн. МГТУ. – 2025. – Т. 28, № 1. – С. 49–61.

23. Королев, В. А. Особенности эколого-геологических систем массивов лёссовых грунтов Белоруссии / В. А. Королев, А. Н. Галкін // ГеоИнфо. – 2024. – Т. 6, № 1/2. – С. 48–62. DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-1/2-48-62

24. Королев, В. А. Особенности эколого-геологических систем массивов торфяных грунтов Белоруссии / В. А. Королев, А. Н. Галкін // Инженерная геология. – 2024. – Т. XIX, № 1. – С. 20–40. DOI: <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2024-19-1-20-40>.

25. Королев, В. А. Природные эколого-геологические системы массивов песчаных грунтов Белоруссии / В. А. Королев, А. Н. Галкін // Инженерная геология. – 2023. – Т. XVIII, № 4. – С. 38–49. DOI: <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2023-18-4-38-49>.

26. Красовская, И. А. Оценка состояния эколого-геологических условий урбанизированных территорий / И. А. Красовская, А. Н. Галкін. – Вітебск : ВГУ імени П. М. Машерова, 2007. – 165 с.

27. Кудельский, А. В. Региональная гидрогеология и геохимия подземных вод Беларуси / А. В. Кудельский, В. И. Пашкевич. – Минск : Беларус. наука, 2014. – 271 с.

28. Кучиц, Т. Г. Административно-территориальное устройство // Белорусская энциклопедия. – Минск, 2025. – URL: <https://belarusenc.by/belarus/detail-article.php?ID=405> (дата обращения: 16.04.2025).

29. Лысак, Л. В. Бактериальные сообщества городских почв : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.02.03 / Л. В. Лысак ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М., 2010. – 46 с.

30. Малые города Беларуси // Белорусский институт стратегических исследований (БИСИ). – 2025. – URL: <https://socio.bisr.by/malye-goroda-belarusi/> (дата обращения: 16.04.2025).

31. Масалкова, Ю. Ю. Гельминтологическая оценка внешней среды Витебского региона / Ю. Ю. Масалкова // Весн. Віцебск. дзярж. ун-та. – 2012. – № 5. – С. 50–54.

32. **Молокович, Г. Е.** Типология зданий и сооружений. Раздел 1. Типология жилых зданий : Электронный учебно-методический комплекс. – Минск : БНТУ, 2021. – 111 с. – URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/88569/Tipologiya_zdanij_i_sooruzhenij.pdf?sequence=1&isAllowed=y&ysclid=m9qpf4rwk1918607002 (дата обращения: 21.04.2025).
33. **Оценка** экологического состояния древесной растительности в условиях городской среды (на примере г. Витебска) / И. А. Литвенкова [и др.] // Весн. Віцебск. дзярж. ун-та. – 2023. – № 1 (118). – С. 52–59.
34. **Почва**, город, экология / под общ. ред. Г. В. Добровольского. – М. : Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – 320 с.
35. **Пресные** подземные воды Гомельской области: динамика и экология / В. Г. Жогло [и др.]. – Минск : Беларус. наука, 2018. – 176 с.
36. **Прогноз** изменения окружающей среды Беларуси на 2010–2020 гг. / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Минсктиппроект, 2004. – 180 с.
37. **Прогноз** состояния природной среды Беларуси на период до 2035 года / под общ. ред. В. С. Хомича. – Минск : Беларус. наука, 2022. – 331 с.
38. **Радон** в воздухе зданий населенных пунктов Витебской области / А. К. Карабанов [и др.] // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Серыя хімічных навук. – 2017. – № 4. – С. 81–89.
39. **Сахвон, В. В.** Видовое богатство и экологическая структура орнитофауны урбанизированных территорий в условиях Беларуси / В. В. Сахвон // Журнал Белорус. гос. ун-та. Биология. – 2018. – № 1. – С. 95–102.
40. **Свекла, Э. М.** Санитарная оценка территорий жилых районов г. Гродно по микробиологическим показателям урбаноземов / Э. М. Свекла, И. М. Колесник // Актуальные проблемы экологии : материалы IX междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 23–25 окт. 2013 г. : в 2 ч. / Гродн. гос. ун-т ; ред. кол.: И. Б. Заводник [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2013. – Ч. 2. – С. 144–146.
41. **Селитебная** территория // Большая Российская энциклопедия. – 2022. – URL: <https://bigenc.ru/c/selitebnaia-territoriia-c892de> (дата обращения: 24.04.2025).
42. **Селитебный** // Большой толковый словарь русского языка / С. А. Кузнецов (гл. ред.). – СПб. : Но-ринт, 1998. – С. 1172.
43. **СН 3.01.03-2020.** Планировка и застройка населенных пунктов. – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – 62 с.
44. **Соловьева, Е. С.** Экологические особенности актиномицетных комплексов городских почв : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Е. С. Соловьева ; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015. – 22 с.
45. **Состояние** природной среды Беларуси: экологический бюллетень / под общ. ред. Е. И. Громадской. – Минск : РУП «ЦНИИКИВР», 2024. – 196 с.
46. **Стадион** Центральный в Гомеле // Planetabelarus.by. – 2024. – URL: <https://planetabelarus.by/sights/stadion-tsentralnyy-v-gomele/> (дата обращения: 22.04.2025).
47. **Суслова Н.** 20 декабря. Площадь Независимости // Planetabelarus.by. – 2024. – URL: <https://planetabelarus.by/publications/20-dekabrya-ploshchad-nezavisimosti/> (дата обращения: 22.04.2025).
48. **Техногенные** грунты : учеб. пособие / А. Н. Галкин [и др.]. – Минск : Вышэйш. школа, 2020. – 192 с.
49. **ТКП 45-3.01-116-2008.** Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки. – Минск : Минстройархитектуры, 2008. – 102 с.
50. **Трофимов, В. Т.** Эколо-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы / В. Т. Трофимов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 2009. – № 2. – С. 48–52.
51. **Чеховский, А. Л.** Оценка радионовой опасности по косвенным показателям радона (на примере восточных областей Беларуси) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.01.01 / А. Л. Чеховский ; Бел. гос. ун-т. – Минск, 2017 – 16 с.
52. **Bockheim, J. G.** Nature and properties of highly disturbed urban soils / J. G. Bockheim // Philadelphia. Pennsylvania. – 1974.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 12.06.2025

Рэцэнзент М. А. Багдасараў

СЕЛІЦЕБНЫЯ ЭКОЛАГА-ГЕАЛАГІЧНЫЯ СІСТЭМЫ БЕЛАРУСІ: АСАБЛІВАСЦІ СТРУКТУРЫ І СКЛАДНІКІ IX КАМПАНЕНТАЎ

А. М. Галкін¹, В. А. Карапеў²

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

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

Упершыню выяўлены і прааналізаваны структура і харктэрныя асаблівасці селіцебных эколага-гелагічных сістэм тэрыторыі Беларусі. Асноўным абіятычным кампанентам гэтых сістэм з'яўляецца ўрбалітатоп, які фарміруе літагенную аснову экасістэмы. Ён уключае ў сябе ўрбанізаваны рэльеф, тэхнагенна змененая і штучныя ґрунтавыя масівы, а таксама звязаныя з імі інжынерна-гелагічныя працэсы і тэхнагенныя змяненні геахімічных і геафізічных палёў. Найважнейшымі абіятычнымі кампанентамі селітэбных ЭГС таксама з'яўляюцца ўрбагідратоп, які характарызуецца тэхнагенна змененымі гідрагелагічнымі ўмовамі, урбаэдафатоп, які складаецца з розных тыпаў урбаземаў, урбаатматоп, які адлюстроўвае тэхнагеннае змяненне і забруджванне атмасферы. Акрамя таго, да абіятычных кампанентаў разглядаемых ЭГС адносяцца ўсе элементы гарадской інфраструктуры: жылыя і грамадскія будынкі, розныя аб'екты камунальнай гаспадаркі, гарадскі грамадскі і асавісты аўтатранспарт, дарожныя камунікацыі і г. д. Устаноўлена, што асноўнымі крыніцамі тэхнагеннага пераўтварэння прыродных кампанентаў з'яўляюцца гарадскія інжынерныя аб'екты рознага прызначэння, звязаныя з жылой забудовай тэрыторый. Паказана ўзаемасувязь усіх абіятычных і біятычных кампанентаў селітэбных ЭГС, якія маюць спецыфічныя характарыстыкі сферміраваных пад уплывам урбанізацыі і антрапагенных фактараў. Гэтыя аспекты варта ўлічваць пры сістэматызацыі, апісанні і аналізе экалагічных функцый літасфэры. Выяўленыя заканамернасці і асаблівасці селітэбных ЭГС тэрыторыі Беларусі можна разглядаць як агульныя для аналагічных ЭГС і ў Расіі, якія неабходна ўлічваць пры інжынерна-экалагічных даследаваннях і інжынерна-экалагічных пошуках.

Ключавыя слова: эколага-гелагічная сістэма (ЭГС), антрапагенная селіцебная ЭГС, урбалітатоп, урбаэдафатоп, урбамікра бацэноз, урбафітацэноз, урбазацацэноз, Беларусь.

RESIDENTIAL ECOLOGICAL AND GEOLOGICAL SYSTEMS OF BELARUS: FEATURES OF THE STRUCTURE AND COMPOSITION OF THEIR COMPONENTS

А. Galkin¹, V. Korolev²

¹Vitebsk State University named after P. Masherov
33 Moscovski Avenue, 210038, Vitebsk, Belarus
E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

²Lomonosov Moscow State University
1 Leninskie Gory, 119991, Moscow, Russia
E-mail: va-korolev@bk.ru

The structure and characteristic features of residential ecological-geological systems of the territory of Belarus have been identified and analyzed for the first time. The main abiotic component of these systems is the urbolitotope, which forms the lithogenic basis of the ecosystem. It includes urbanized relief, technogenically altered and artificial soil massifs, as well as related engineering-geological processes and technogenic changes in geochemical and geophysical fields. The most important abiotic components of residential EGS are also the urbohydrotope, characterized by technogenically altered hydrogeological conditions, the urboedaphotope, consisting of various types of urbozems, and the urboatmotope, reflecting technogenic changes and pollution of the atmospheric air of cities. In addition, the abiotic components of the considered EGS include all elements of the urban infrastructure: residential and public buildings, various public utilities, urban public and private vehicles, road communications, etc. It has been established that the main sources of technogenic transformation of natural components are urban engineering facilities of various purposes

associated with residential development of territories. The relationship between all abiotic and biotic components of residential EGS, which have specific characteristics formed under the influence of urbanization and anthropogenic factors, is shown. These aspects should be considered when systematizing, describing and analyzing the ecological functions of the lithosphere. The identified patterns and features of residential EGS of the territory of Belarus can be considered as common for similar EGS in Russia, which must be considered in engineering and environmental studies and engineering and environmental surveys.

Keywords: ecological-geological system (EGS), anthropogenic residential EGS, urbolitotop, urboedaphotope, urbomicrobocenosis, urbophytocenosis, urbozoocenosis, Belarus.

УДК 528.88:004.9

<https://doi.org/10.65207/1680-2373-2025-2-95-102>

ПРИНЦИП РАБОТЫ С WEB-ПОРТАЛОМ ДИСТАНЦИОННОЙ ОСНОВЫ ЦИФРОВЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

А. М. Бубнова, О. В. Васнёва, И. С. Віцен

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

Филиал «Институт геологии»

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

E-mail: us_ig@geologiya.by

В статье приводятся основные подходы к созданию информационных геологических ресурсов, описана концепция, функциональные возможности и принципы работы пользователей с базами данных и картографическими материалами, доступными на Web-портале дистанционной основы цифровых геологических карт территории Республики Беларусь (<https://gisproject.geologiya.by>).

Ключевые слова: геологическая информация, информационные ресурсы, геологические карты, базы данных, Web-портал, данные ДЗЗ.

ВВЕДЕНИЕ

Информационные геологические ресурсы, такие как архивы, базы данных, информационно-поисковые системы, геоинформационные системы, создаются в настоящее время в разных странах мира. Основной их целью является решение вопроса обмена данными и обеспечение массового доступа к разного рода материалам, полученным в том числе с помощью новейших технологий – дистанционного зондирования Земли. С учетом современных требований к объемам и видам информации меняются методы ее представления, доступа, отображения, обработки и визуализации, а благодаря новым методам сбора данных повышается оперативность их получения, обработки, распространения и использования [1–3; 7; 8].

Одним из крупнейших источников обмена информацией в настоящее время является интернет, большая часть производителей геологической информации создает информационные ресурсы в виде отдельных интернет-сайтов или крупных веб-порталов. При работе с такими ресурсами пользователь имеет возможность получить как картографические материалы с уточненными пространственными характеристиками, так и сведения из открытых баз данных с актуальной информацией.

Существенное отличие геологических веб-порталов от сайтов с базами данных или сайтов с информационными геологическими ресурсами заключается в том, что они являются инструментом для просмотра метаданных,

поиска пространственной информации, ее визуализации, загрузки, использования в профессиональной деятельности [1; 3; 6]. Как правило, такие ресурсы помогают пользователю осуществлять сбор, анализ, хранение, визуализацию пространственно привязанной информации и, что важнее, расширяют возможности выполнения комплексной интерпретации результатов исследований: позволяют обновлять базы данных, систематизировать и визуализировать полученные результаты в виде разнообразных тематических карт или схем [3; 7]. Несмотря на это, геологические карты в их первоначальном виде не теряют своего значения и могут продолжать применяться геологами как основа для моделирования, временного анализа, построения актуализированных карт, а в геоэкологии – для определения влияния природных и антропогенных факторов на окружающую среду. Тем не менее в последние годы важнейшим источником пространственных данных для информационных ресурсов является дистанционное зондирование земной поверхности, что позволяет уточнять пространственные характеристики объектов и предоставлять сведения об изменении их местоположения и характеристик [4].

Информационным ресурсом, облегчающим работу специалистов-геологов и объединившим картографический материал и данные дистанционного зондирования Земли, является разработанный в 2022 г. Web-портал дистанционной основы цифровых геологических карт территории Республики Беларусь (<https://gisproject.geologiya.by>) [1].

КОНЦЕПЦИЯ WEB-ПОРТАЛА

Поскольку особенностью наук о Земле и геологии в целом является пространственная детерминированность географических и геологических объектов различного масштаба, то основными требованиями пользователей, предъявляемыми к геологическим Web-порталам, как правило, становятся легкость нахождения специализированных данных и их визуализация. Это возможно при использовании достижений современных геоинформационных технологий и создании на геологических порталах собственной инфраструктуры пространственных данных [6].

Основная концепция разработанного Web-портала дистанционной основы цифровых геологических карт территории Республики Беларусь (Web-портал), как и большинства подобных продуктов, заключалась в аккумулировании максимального количества геологической информации на единой платформе для привлечения наибольшего числа пользователей. Задачей, поставленной при его разработке, явилось обеспечение выполнения следующих функций:

ввод и накопление геологических данных и информации о геологических объектах;

проведение анализа информации о геологических объектах на основе накопленных и обработанных данных, а также данных, полученных из других доступных внешних источников;

хранение, предоставление информации по заданным критериям;

поиск, просмотр, редактирование пространственных объектов на карте;

предоставление выборочных или полных геологических данных по объектам в картографическом и (или) табличном виде;

расчет геометрических характеристик (площади, длины) геологических объектов;

выгрузка области карты в виде файлов растровых форматов;

визуализация информации о состоянии и использовании геологических объектов различной тематической направленности;

предоставление пользователю инструментария для работы с картами и решения различных задач.

СТРУКТУРА WEB-ПОРТАЛА

Первым шагом при создании Web-портала стала разработка его дизайн-макета, направленного на оптимальное расположение геологической информации на сайте. Дизайн-макетом ресурса предложено графическое решение, наиболее близко отображающее его внешний вид, а именно количество и особенности расположения тематических разделов и ряд условий по их наполнению. Так как к дизайн-макету предъявляются определенные требования, которые должны соответствовать основным правилам пользования Web-сайтами и отвечать ожиданиям пользователя от работы с ним [5; 10], это также учитывалось при разработке дизайн-макета будущего ресурса.

Для удобства пользователей имеющаяся в филиале «Институт геологии» информация была сгруппирована по тематическим разделам: геологическая изученность Беларуси; геофизическая изученность Беларуси; гидрогеологическая изученность Беларуси; стратиграфическая изученность Беларуси; базы данных; дистанционная основа; топографическая основа.

Для выполнения функций поиска, просмотра, редактирования пространственных объектов на карте, расчета геометрических характеристик (площади, длины) геологических объектов и предоставления пользователю инструментария для работы с картами и решения различных задач был разработан раздел «Рабочий кабинет».

В обязательном порядке дизайн-макетом предусматривались следующие пользовательские возможности: скроллинг (сдвиг) карты по всем направлениям, увеличение и уменьшение масштаба объектов с помощью мыши, управление порядком отображения слоев, отображение информации для выбранных объектов, совмещение слоев пространственных данных из нескольких различных источников. Кроме того, были разграничены права доступа к информации Web-портала для обычных и авторизованных пользователей, администратора Web-портала.

Так как созданный информационный ресурс размещается в сети Интернет в виде отдельного сайта с доступом с любого браузера, то его основные элементы вынесены на главную страницу, где предусмотрено главное меню и основные разделы Web-портала (рис. 1).

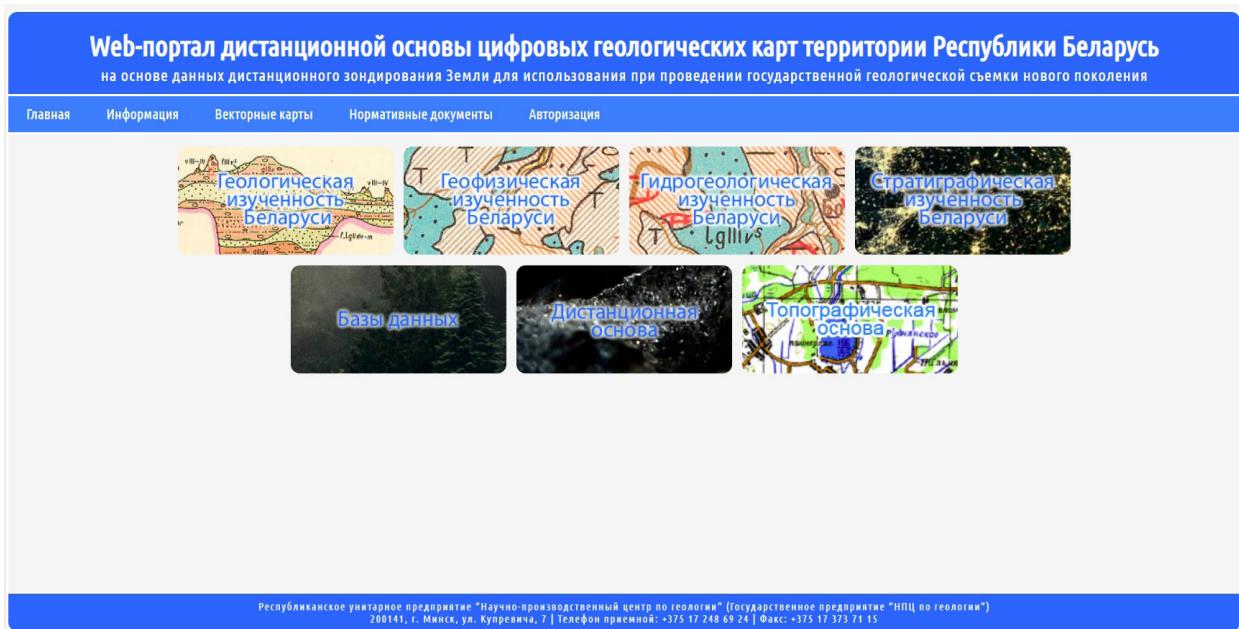


Рисунок 1 – Главная страница Web-портала дистанционной основы цифровых геологических карт территории Республики Беларусь

Как было упомянуто выше, для удобства пользователей вся информация, размещенная на Web-портале, разделена на 7 тематических разделов, содержащих различную геологическую информацию, которую при необходимости можно сохранить на любой информационный носитель [1].

Раздел «Геологическая изученность Беларусь» содержит 7 растровых разномасштабных карт четвертичных отложений по Беларуси в целом и отдельно по областям, карту дочетвертичных отложений и геохимического районирования Беларуси, 2 карты-схемы изученности дочетвертичных и четвертичных отложений, а также карты элементарных ландшафтов и особо охраняемых природных территорий Беларуси. Все карты раздела доступны для скачивания изображения в формате *.jpg на любой информационный носитель при помощи встроенной функции используемого браузера.

В разделе «Геофизическая изученность Беларусь» расположен векторный слой OpenStreetMap с информацией по буровой изученности территории, нумерацией скважин и краткой информацией о строении разреза. Поверх слоя карты нанесен отключаемый по желанию пользователя слой сетки, которая разбивает эту цифровую информацию на квадраты масштаба 1 : 200 000.

В раздел «Гидрогеологическая изученность Беларусь» загружены растровые разномасштабные карты дочетвертичных и четвертичных водоносных отложений. А также карты, представляющие интерес не только для геологов и гидрогеологов, но и для экологов и гидрологов, так как в них содержится

информация об основных водоносных горизонтах (комплексах) для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и о водоохраных зонах рек территории Беларуси.

Раздел «Стратиграфическая изученность Беларусь» содержит информацию об отложениях Беларуси различного возраста в виде стратиграфических схем докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси. К схемам прилагается объяснительная записка [9], которая, как и схемы, доступна к скачиванию на информационный носитель пользователя в формате *.pdf.

Разделы «Дистанционная основа» и «Топографическая основа» содержат мозаику разновременных снимков с космического семейства аппаратов Sentinel и мозаику топографических карт территории Беларусь соответственно, а также векторную сетку, которая разбивает их на квадраты масштаба 1 : 200 000.

Раздел «Базы данных» и пункты меню носят скорее информативный характер, знакомя пользователя с другими информационными ресурсами государственного предприятия «НПЦ по геологии».

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ WEB-ПОРТАЛА

На наш взгляд, основной вспомогательный инструментарий, позволяющий использовать большую часть функций Web-портала при проведении геологических исследований и геолого-съемочных работ, объединен в разделе «Рабочий кабинет»

(рис. 2). Работа в данном разделе доступна только авторизованным пользователям Web-портала,

наличие авторизации также открывает доступ к разделу векторных карт главного меню.

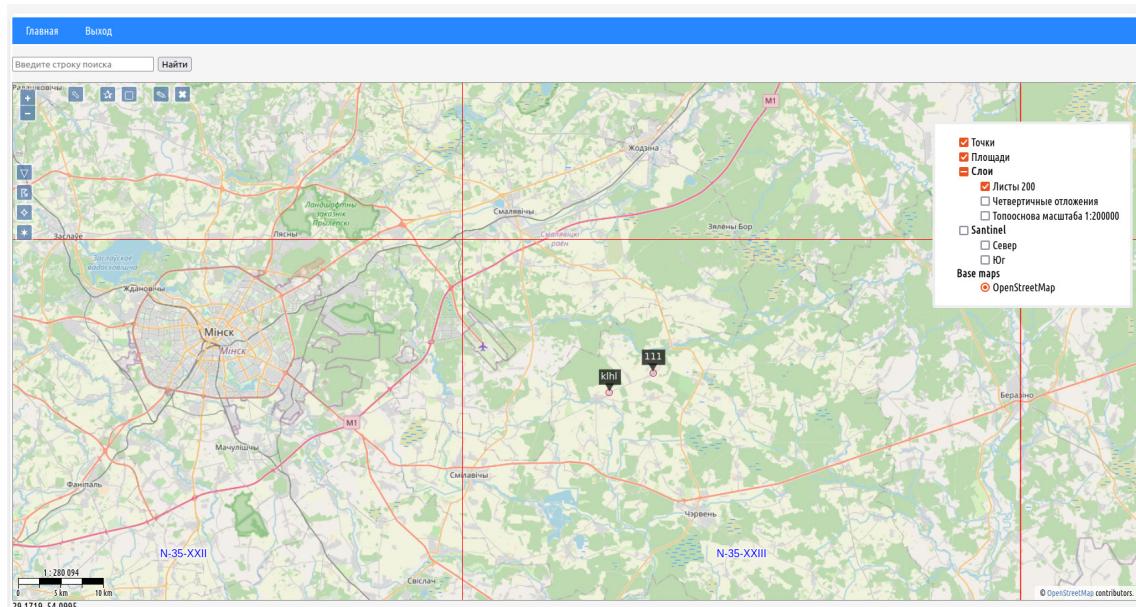


Рисунок 2 – Внешний вид раздела «Рабочий кабинет» при входе пользователя

Интуитивно понятный интерфейс помогает авторизованному пользователю раздела осуществлять поиск объектов, управлять масштабом отображения карты, определять координаты объектов, выводить информацию о них, а также выполнять измерения на карте, отображать карты с возможностью их переключения, добавлять объекты, используя привязку к координатному пространству.

При входе в раздел авторизованного пользователя с правой стороны страницы открывается

интерактивное окно (рис. 3), в котором в зависимости от задачи можно включить или отключить векторную карту буровой изученности, слой четвертичных отложений и топоосновы, а также слои мозаики разновременных снимков дистанционного зондирования Земли, произведенных с помощью космических спутников семейства Sentinel. Векторный слой сетки разбивает эту цифровую информацию на пронумерованные квадраты масштаба 1 : 200 000.

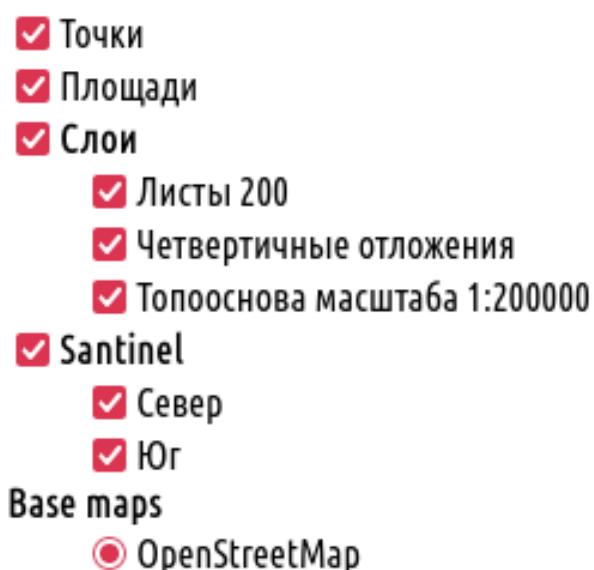


Рисунок 3 – Виды слоев, предлагаемых к использованию в разделе «Рабочий кабинет»

Еще одна предоставляемая «Рабочим кабинетом» полезная функция – это возможность создания и сохранения под уникальным именем геологического маршрута и района исследования.

При этом район исследований наносится на карту в виде замкнутого полигона и позволяет провести измерение его периметра, площади и длин сторон контура. Маршрутный ход предполагает

незамкнутую кривую с расположенными на ней точками, всем точкам можно присвоить уникальные имена и при необходимости внести сведения о них в электронный полевой дневник. Построение пользовательских маршрутов осуществляется с помощью контекстного меню, расположенного в верхнем левом углу карты (рис. 4). Там же можно воспользоваться функцией геолокации.

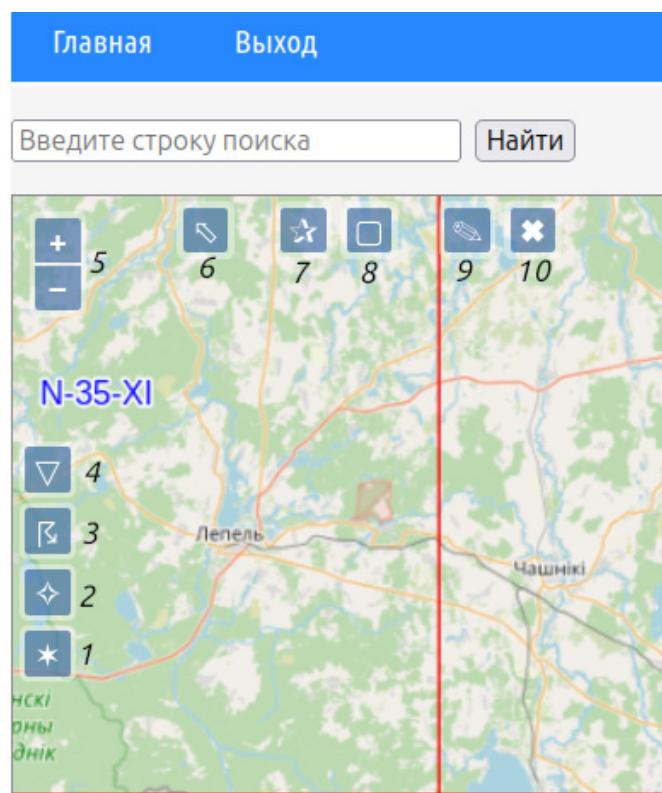


Рисунок 4 – Внешний вид меню для создания точек и полигонов

- 1 – добавить геолоцированную точку; 2 – включить/выключить геолокацию; 3 – измерить расстояние;
 4 – показать/скрыть длину сегментов; 5 – увеличить/уменьшить масштаб; 6 – сбросить инструменты;
 7 – создать точку; 8 – создать полигон; 9 – редактирование; 10 – удаление объекта

Контуры района исследования наносятся пользователем после выбора инструмента «Редактирование» контекстного меню. При использовании инструментов «Создать полигон» и «Создать точку» одновременно можно нанести разные участки исследований с учетом их геологических характеристик, представленных на слое четвертичных отложений, или привязки на местности по слою топоосновы, а также установить маршрутные точки, в которых предполагается провести отбор образцов.

Для отображения длины сегмента от одной поворотной точки до другой используется инструмент «Показать/скрыть длину сегмента», а если необходимо изменить границы полигона – инструмент «Редактирование». Измерение расстояния

между объектами производится в километрах при помощи инструмента «Измерить расстояние», который позволяет измерить расстояние как между двумя соседними, так и между несколькими точками сразу.

В процессе работы в разделе «Рабочий кабинет» все нанесенные полигоны и точки можно редактировать: передвигать по карте, изменять сведения, границы полигонов, расстояния между точками и др. Нанесенные объекты сохраняются на карте и сервере под уникальным именем и отображаются при последующей работе с картами или удаляются пользователем по необходимости.

Упомянутый выше электронный полевой дневник становится доступен после присвоения любой

точке на карте персонального имени. В него на усмотрение пользователя вносятся записи о названии маршрута, дате и времени отбора проб или образцов, погодных условиях, описание местности и геологических условий, описание шурфа и радиационной обстановки. При формировании записи

в электронном полевом дневнике наименование точки и ее географические координаты определяются автоматически. Сохраненную запись, внесенную в полевой дневник, можно просмотреть на главной странице в сплывающем окне при наведении курсора на точку (рис. 5).

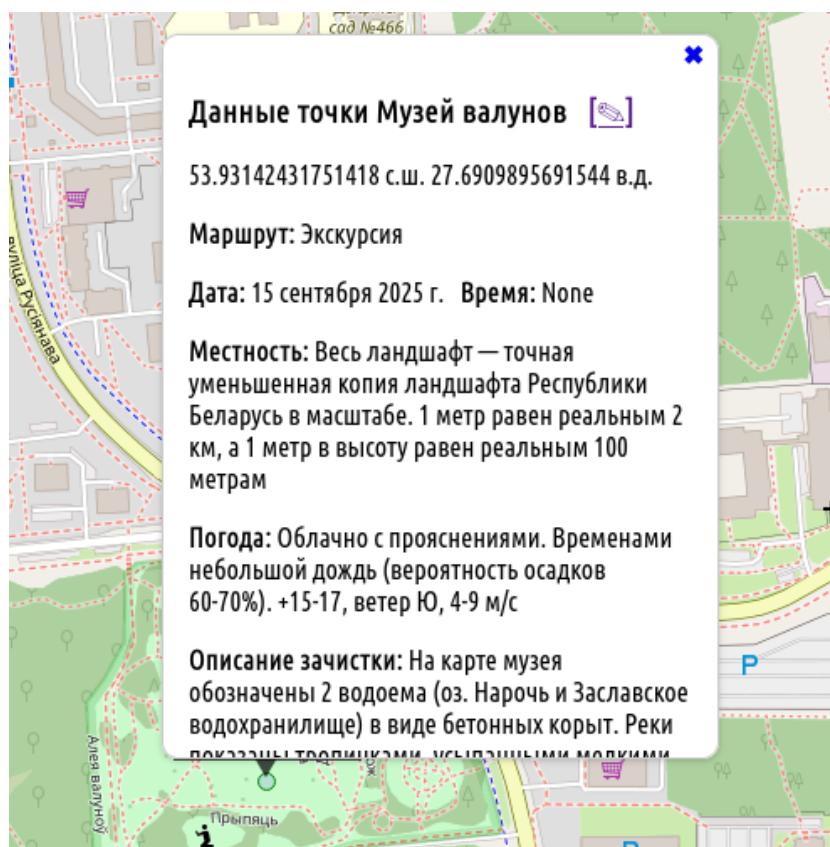


Рисунок 5 – Описание точки маршрута на главной странице раздела «Рабочий кабинет»

Рассмотренные возможности Web-портала разрабатывались с целью подбора в камеральный период рабочих участков, нанесения необходимых ориентиров, составления плана геологического маршрута и точек отбора проб, выбора территорий проведения геологических работ с использованием картографического наполнения Web-портала.

ВЫВОДЫ

Таким образом, разработанный в филиале «Институт геологии» информационный геологический ресурс обеспечивает ввод, накопление, хранение и обработку картографической информации, включая данные дистанционного зондирования Земли, и формируется на основе различных

данных: карт, схем, материалов дистанционных съемок.

Web-портал дистанционной основы цифровых геологических карт территории Республики Беларусь, благодаря интуитивно понятному интерфейсу, может применяться для решения разнородных задач: при выполнении научных исследований, полевых или камеральных работ, при организации мероприятий по поиску и разведке полезных ископаемых, а также в образовательном процессе при проведении полевых практик студентов геологических специальностей.

Исследования выполнены в 2021–2022 гг. в рамках мероприятия 26 подпрограммы 6 «Исследование и использование космического пространства в мирных целях» Государственной программы «Наукомические технологии и техника» на 2021–2025 годы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бубнова, А. М.** О возможностях Web-портала дистанционной основы цифровых геологических карт / А. М. Бубнова, И. С. Віцен, О. В. Васнёва // Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 26–28 окт. 2023 г. : в 2 ч. – Брест : БрГУ, 2023. – Ч. 1. – С. 44–48.
2. **Михиленко, А. А.** Развитие информационной системы для устойчивого экомониторинга региона: разработка и перспективы применения геопортала в секторе недропользования / А. А. Михиленко // Геонауки – 2024. Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований : материалы XIX Всерос. науч.-техн. конф., Иркутск, 15–18 апр. 2024 г. – Иркутск, 2024. – С. 231–235.
3. **Наумова, В. В.** ГИС-портал «Геология и геофизика Дальнего Востока России»: интеграция пространственных данных и сервисов / В. В. Наумова, И. Н. Горячев // Геоинформатика. – 2013. – № 2. – С. 12–19.
4. **Плякин, А. В.** Инфраструктура пространственных данных для оценки геоэкологического состояния территории региона / А. В. Плякин, В. Н. Бодрова // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 11. Естественные науки. – 2016. – № 12 – С. 8–5.
5. **Путькина, Л. В.** К вопросу о разработке дизайна макета сайта / Л. В. Путькина // Nauka-rastudent. ru. – 2016. – № 12 – С. 8–5.
6. **Ряховский, В. М.** Принципы работы и архитектура Интернет-портала «Геология» / В. М. Ряховский, Н. Ю. Щульга // Мониторинг. Наука и технологии. – 2009. – № 1 (1) – С. 43–49.
7. **Системные** аспекты анализа геопространственной информации в цифровых инфраструктурах пространственных данных для оценки потенциала минерально-сырьевой ресурсной базы / А. А. Ямашкин [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 1. – С. 56–63. DOI: 10.17513/use.37770.
8. **Составление карт** распространения основных водоносных комплексов на примере белорусской части бассейна реки Западный Буг с применением ГИС-технологий / О. А. Березко [и др.] // Материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики БГУ и 70-летию Белорусского географического общества, Минск, 8–13 апр. 2024 г. – Минск : БГУ, 2024. – Ч. 3 : Цифровая реальность в геодезии, картографии и дистанционном зондировании земли. Проблемы геологии. Научное электронное издание. – С. 249–253.
9. **Стратиграфические** схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объясн. зап. / под ред. С. А. Кручека [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 282 с.
10. **Хлопова, Е. Н.** Основные этапы проектирования дизайн-макета веб-сайта / Е. Н. Хлопова // Дизайн-образование: проблемы и перспективы : сб. науч. тр. / отв. ред. М. Н. Марченко. – 2016. – С. 361–366.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 23.09.2025

Рэцэнзент А. П. Гусеў

ПРЫНЦЫП РАБОТЫ З WEB-ПАРТАЛАМ ДЫСТАНЦЫЙНАЙ АСНОВЫ ЛІЧБАВЫХ ГЕАЛАГІЧНЫХ КАРТ

Г. М. Бубнова, В. У. Васнёва, І. С. Віцен

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
Філіял «Інстытут геалогіі»
вул. Акадэміка Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь
E-mail: us_ig@geologiya.by

У артыкуле прыводзяцца асноўныя падыходы да стварэння інфармацыйных геалагічных рэсурсаў, апісана канцепцыя, функцыянальныя маўчымасці і прынцыпы работы карыстальнікаў з базамі даных і картаграфічнымі матэрыяламі, даступнымі на Web-партале дыстанцыйнай асновы лічбавых геалагічных карт тэрыторыі Рэспублікі Беларусь (<https://gisproject.geologiya.by>).

Ключавыя слова: геалагічна інфармацыя, інфармацыйныя рэсурсы, геалагічныя карты, базы даных, Web-партал, даныя ДЗЗ.

OPERATING PRINCIPLE OF THE WEB PORTAL OF THE REMOTE BASE FOR DIGITAL GEOLOGIC MAPS

A. Bubnova, O. Vasneva, I. Vitsen

State Enterprise “Research and Production Center for Geology”
Branch “Institute of Geology”
7 Akademika Kuprevicha St, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: us_ig@geologiya.by

The article presents the main approaches to the creation of geologic information resources, describes the concept, functionality and principles of user work with databases and cartographic materials available on the Web-portal of the remote base for digital geologic maps of the territory of the Republic of Belarus (<https://gisproject.geologiya.by>).

Keywords: geologic information, information resources, geologic maps, databases, Web-portal, Earth remote sensing data.

ГЕАФІЗІКА · ГЕОФІЗИКА · GEOPHYSICS

УДК 550.8 (476)

<https://doi.org/10.65207/1680-2373-2025-2-103-115>

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА СТРОЕНИЕ БОБРУЙСКОЙ И КРАСНОПОЛЬСКОЙ ГРАБЕН-СИНКЛИНАЛЕЙ. ВОЗМОЖНОСТИ КАРТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОЙ ТЕРРИТОРИИ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ И БУРОВЫМ ДАННЫМ

О. Ф. Кузьменкова, Е. И. Моисеев, Г. Д. Стрельцова, В. Г. Ашурко, А. Г. Лапцэвіч

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

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

E-mail: kuzmenkovaof@mail.ru

В статье рассмотрено строение Бобруйско-Климовичской геофизической мегааномалии. Показана природа отрицательных значений поля Бобруйской и Краснопольской структур на западе и востоке мегааномалии не только как обезличенных законтурных областей магнитных объектов на периферии пояса, но и особенностей их геологического строения. Отрицательное поле Бобруйской структуры связано с гранитоидами житковичского комплекса, в меньшей степени с немагнитными образованиями бобруйской серии и песчаными отложениями рифея. Предполагается наличие крупного Бобруйско-Борецкого батолита гранитоидов – аналога Коростенского плутона. Бобруйская грабен-синклиналь имеет несколько иные очертания, чем предполагалось ранее. Отрицательное поле Краснопольской структуры в некоторой степени связано с грабен-синклиналью на поверхности кристаллического фундамента, выполненной песчаниками шеровичской серии рифея.

Ключевые слова: магнитное и гравитационное поле, Бобруйско-Климовичская мегааномалия, житковичский и коростенский комплекс, лучковский комплекс, рифей, физические свойства горных пород.

ВВЕДЕНИЕ

В магнитном поле востока Беларуси довольно отчетливо выделяется субширотная область эллипсовидной формы закономерного сочетания локальных аномалий, длина которой по большой оси составляет 300 км, по малой – 130 км. Ее можно рассматривать как единую Бобруйско-Климовичскую мегааномалию (БКА). Внешний контур этой области слагают положительные локальные аномалии магнитного поля значительных размеров (до 30 км) и интенсивности (до 1400 нТл). В центральной части БКА наблюдается поперечная полоса слабомагнитного поля с вкраплениями высокоинтенсивных положительных локальных аномалий, по обе стороны от которой, в областях ее восточного и западного замыкания, находятся две довольно крупные

области отрицательных значений магнитного поля диаметром порядка 35 км – Бобруйская и Краснопольская (рис. 1).

В тектоническом отношении Бобруйско-Климовичская мегааномалия охватывает север Припятского прогиба, Бобруйский погребенный выступ Белорусской антеклизы, Жлобинскую седловину, юг Оршанской впадины и западные склоны Воронежской антеклизы. Кристаллическое основание территории сложено гранитами, гранодиоритами и диоритами Осницко-Микашевичского вулкано-плутонического пояса (Осницко-Кричевского орогенного пояса¹) возрастом около 2 млрд лет [1; 2] (рис. 2). Западная область отрицательных значений магнитного поля БКА – Бобруйская структура заверена бурением. Здесь вскрыты гранитоиды житковичского комплекса,

¹ Осницко-Кричевский орогенный (складчатый) пояс – аккреционно-складчатое сооружение, возникшее около 2,0–1,93 миллиарда лет тому назад на северо-западной периферии протоконтинента Сарматия в ходе закрытия палеоокеана, разделявшего Сарматию и Фенноскандию. На завершающей стадии формирования орогена произошло внедрение гранитоидов микашевичского комплекса постколлизионной природы. Термин предлагается взамен введенного Н. В. Аксаментовой «Осницко-Микашевичский вулкано-плутонический пояс» как более обширный для понимания геологического строения и истории развития этой территории и охватывающий не только слагающие его магматические комплексы, но и метаморфическое основание. Обоснованному выделению данной структурно-вещественной зоны в составе кристаллического раннедокембрийского фундамента Беларуси запада Восточно-Европейской платформы будет посвящена отдельная публикация.

прорванные малыми интрузиями бимодального лучковского комплекса. Породы перекрыты слабо метаморфизованными терригенными породами мышковичской свиты, предположительно выполняющими Бобруйскую грабен-синклиналь [2; 3; 4; 7; 10; 13; 16; 18]. Восточная область отрицательных значений за отсутствием данных по скважинам была истолкована аналогичным образом

и названа Краснопольской [2]. Однако в результате бурения параметрической скв. 4П, проведенного в 2022 г. в рамках геологического картирования листа N-36-ХХ (Климовичи) масштаба 1: 200 000, пород, подобных встреченным в Бобруйской структуре, не было выявлено, но установлена значительная мощность рифейских песчаников [8; 17].

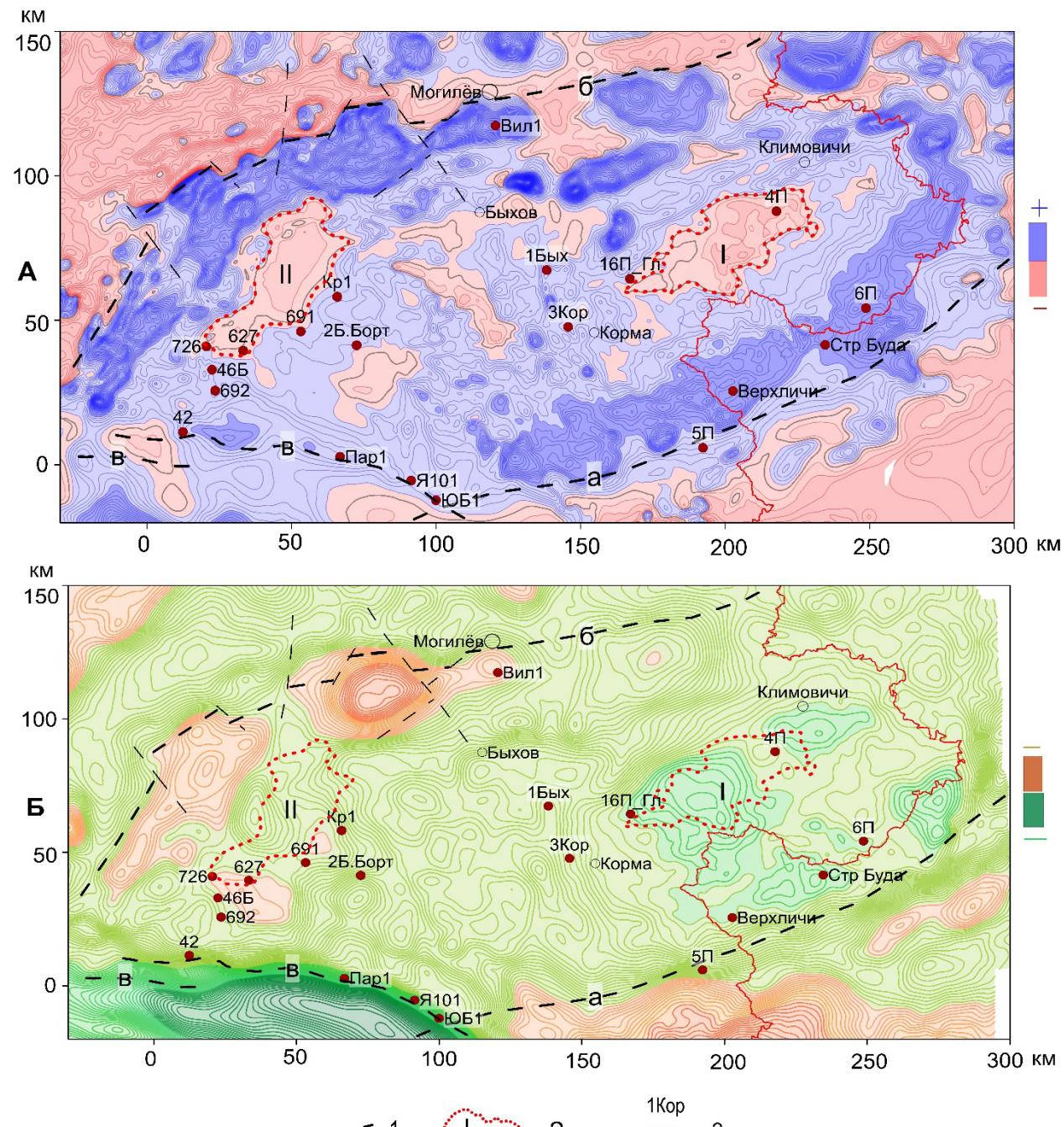


Рисунок 1 – Карты: А – магнитного поля (ΔT)а сечением 50 нТл и Б – гравиметрического поля восточных районов Беларуси

1 – суперрегиональные разломы: а – Пержанско-Суражский, б – Стоходско-Могилевский, в – Северо-Припятский;
2 – контур отрицательных значений магнитного поля: I – Краснопольская аномалия, II – Бобруйская аномалия;
3 – скважина и ее номер



Рисунок 2 – Фрагмент геологической карты кристаллического фундамента Белоруссии и прилегающих территорий [2]
 I – Бобруйская структура, II – Краснопольская структура

БОБРУЙСКАЯ ГРАБЕН-СИНКЛИНАЛЬ

Бобруйская грабен-синклиналь выделена Н. В. Аксаментовой в 1990 г. по данным интерпретации магнитного поля как наложенная на Осницко-Микашевичский вулкано-плутонический (Осницко-Кричевский орогенный) пояс раннепротерозойская отрицательная структура, выполненная метаосадками и метавулканитами бобруйской

серии. Она имеет неправильную форму размером около 90 x 40 км и состоит из нескольких сегментов (рис. 2) [2].

В магнитном поле Бобруйской структуры можно выделить две основные области: первая представлена однородной полосой отрицательных значений магнитного поля ($-50 - -70$ нТл), простирающейся в северо-восточном направлении на 40 км при средней ширине 20 км. К ней

с юго-востока примыкает область слабоинтенсивного менее однородного, чем в первом случае, преимущественно положительного магнитного поля (50–150 нТл) протяженностью 70 км. Она имеет

ширина 20 км, резко увеличивающуюся на восток до 40 км в районе скв. 691. Скважины, вскрывшие образования бобруйской серии, расположены в ее пределах (рис. 3).

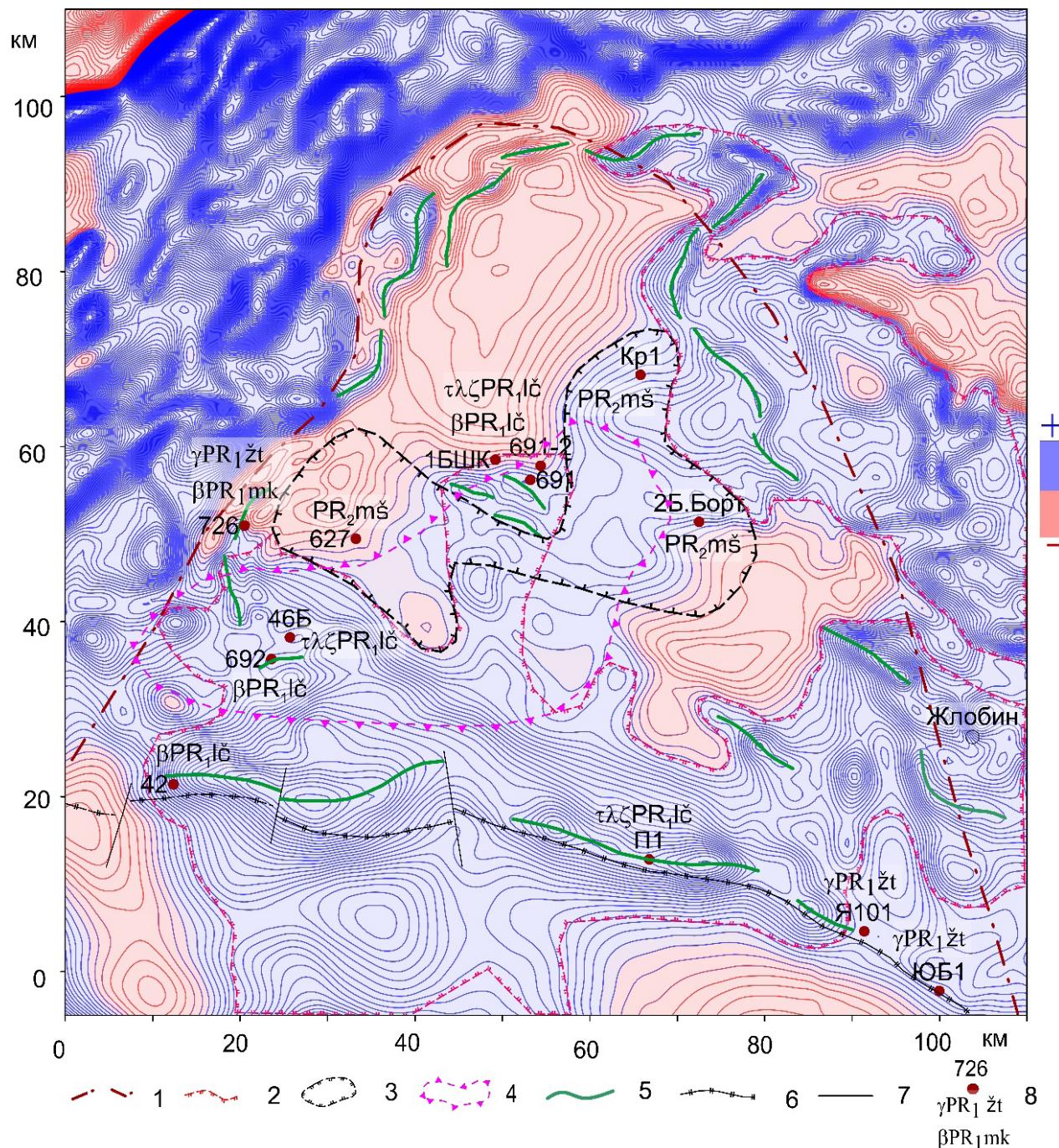


Рисунок 3 – Карта магнитного поля (ΔT)_a сечением 10 нТл Бобруйской структуры

1–4 – предполагаемые геологические границы: 1 – гранитоидов житковичского комплекса ($\gamma PR_1 \text{žt}$),
 2 – кислых вулканитов лучковского комплекса ($\tau \lambda \zeta PR_1 \text{lc}$), 3 – метаосадков мышковичской свиты ($PR_1 \text{mš}$),
 4 – рифейских отложений; 5 – предполагаемые оси даек основного состава ($\nu \beta PR_1 \text{lc}$); 6–7 – разломы;
 6 – Северо-Припятский суперрегиональный, 7 – прочие; 8 – скважина, ее номер и стратиграфический индекс вскрытых пород фундамента

Большую роль в строении магнитного поля играют аномалии даечного типа протяженностью от 5 до 30 км и интенсивностью от десятков до первых сотен нТл. Подобные аномалии обрамляют Бобруйскую структуру, а также участвуют в строении южной области преимущественно положительного поля. Северное и северо-восточное простирание аномалий в северной части структуры к югу сменяется на северо-западное и близширотное. По всей вероятности, положение аномалеобразующих магматических тел контролируется разломной тектоникой. Примечательно близкое расположение южной цепочки даек и Северо-Припятского разлома (рис. 3).

По данным бурения, аномалеобразующие породы залегают под платформенным чехлом мощностью порядка 300 м, около 2/3 объема которого слагают тиллиты вильчанской серии нижнего венда; верхние 100 м чехла сложены терригенными породами четвертичного, неоген-палеогенового возраста, мелами верхнего мела и песчаниками среднего девона [4]. Песчаные отложения рифея в центральной части Бобруйской структуры отсутствуют; на востоке их мощность составляет 40–50 м (скв. Паричи 1, Большие Бортники 2, Кировск 1), а на северо-западе резко увеличивается до 100–150 м (скв. 726, 627, 1БШК). Представлены они рогачевской и пинской свитами белорусской серии, в основании которой фрагментарно развиты отложения бортниковской свиты шеровичской серии мощностью 24–36 м (скв. Паричи 1, Большие Бортники 1, 2БШК) [10].

Скважины, пробуренные преимущественно в южной периферийной части предполагаемой Бобруйской впадины, вскрыли гипабиссальные и суббулканические образования лучковского комплекса основного (габбро, габбро-долериты, долериты) (скв. 691, 692, 726) и кислого (трахириолиты, трахириодакиты) состава (скв. 1БШК, 42 Лучки, 46Б, 691) (рис. 3) [2; 4; 7; 11; 13; 16]. Аналогичные трахириодакиты известны в 60 км на юго-востоке от выделенной структуры в разрезе пробуренной в 1993 г. скв. Паричи 1 на глубине порядка 1 км [13]. Взаимоотношения кислых и основных пород лучковского комплекса остаются не выясненными. Возраст кислых пород комплекса определяется по их аналогам из овручской серии Украины около 1,76 млрд лет (U-Pb датирование по цирконам) [6, с. 29; 15].

Лучковский комплекс прорывает порфирировидные амфибол-биотитовые лейкограниты (скв. 46Б) [4], граниты и кварцевые сиениты (скв. 726) (неопубликованные данные Н. В. Аксаментовой), аналогичные гранитам житковичского комплекса, описанным в расположенных в 70–80 км к югу скв. Южно-Борецкая 1 и Ящицкая 101, где они предположительно формируют Южно-Борецкий массив [13]. Гранитоиды житковичского комплекса возрастом около 1,85–1,76 млрд лет [13] являются аналогами биотитовых рапакивиподобных гранитов коростенского комплекса Украины возрастом около 1,76 млрд лет [6, с. 30; 15] (рис. 4).

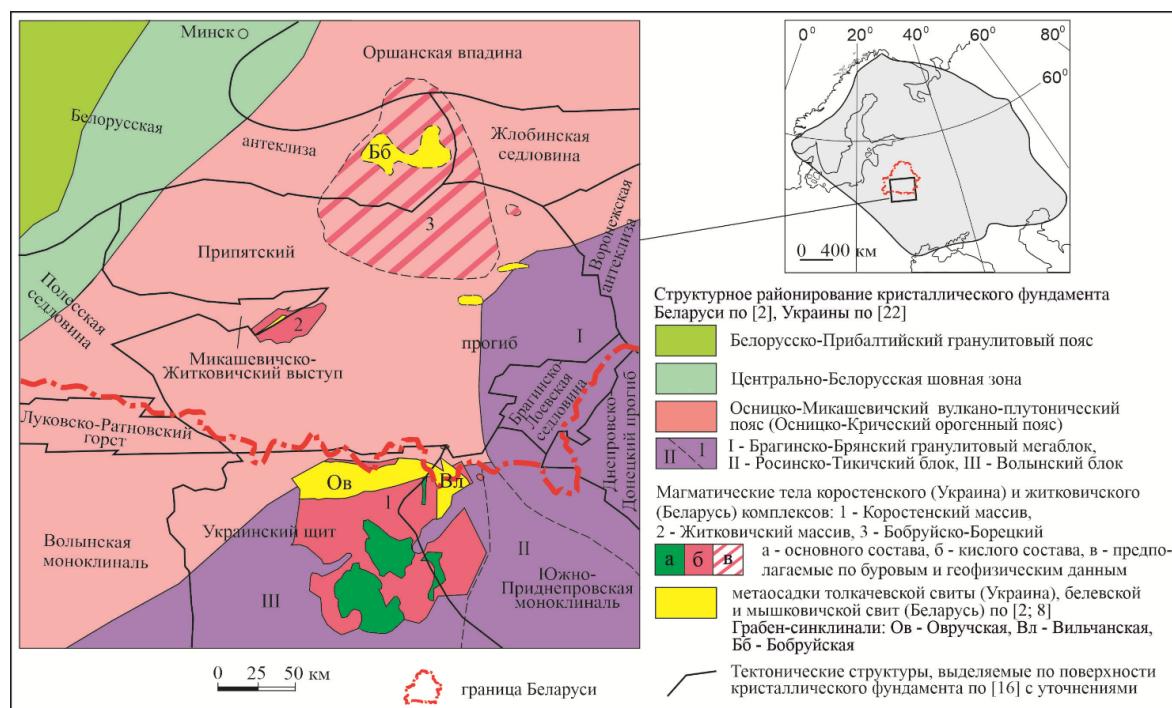


Рисунок 4 – Магматические тела коростенского и житковичских комплексов и метаосадки толкачевской, белевской и мышковичских свит на схеме структурного и тектонического районирования кристаллического фундамента

Кварцитовидные песчаники с прослойями филлитовидных глинисто-серийтовых сланцев мышковичской свиты имеют вскрытую мощность на периферии предполагаемой Бобруйской впадины порядка 20 м (скв. Кировск 1 и Большие Бортники 2) и 161 м вблизи ее центральной части (скв. 627). Аналогичные породы мощностью до 23 м известны южнее в пределах Припятского прогиба на глубине порядка 1,9–4,8 км (скв. В-Первомайская 11, Никулинская 1, Решетниковская 1, Руднинская 1 и др.) [10] и Микашевичско-Житковичского горста, где они отнесены к белевской свите [2]. Возраст метаморфизма пород составляет около 1,4–1,3 млрд лет (определен K-Ar методом по серийту, ИГГД РАН, 1984 г.) [10]. Породы являются аналогами толкачевской свиты овручской серии Украины, которые выполняют Овручскую и Вильчансскую грабен-синклинали, наложенные на северную окраину Коростенского plutона диаметром около 120 км

в виде полосы размером около 100 x 20 км широтного, а на северо-востоке – меридионального простириания [21] (рис. 4).

По данным изучения физических свойств, наибольшей плотностью ($\sigma = 2,9\text{--}2,94 \text{ г/см}^3$) и магнитной восприимчивостью ($\chi = 1100\text{--}1500 \times 10^{-6} \text{ СГС}$) обладают долериты лучковского комплекса. Гранитоиды житковичского комплекса на их фоне характеризуются контрастно меньшими значениями плотности ($\sigma = 2,65 \text{ г/см}^3$) и магнитной восприимчивости (χ порядка $150 \times 10^{-6} \text{ СГС}$). Кварцитопесчаники и сланцы мышковичской свиты и трахириолиты лучковского комплекса по плотностным характеристикам практически не отличаются от гранитоидов ($\sigma = 2,66 \text{ г/см}^3$ и $2,63\text{--}2,65 \text{ г/см}^3$ соответственно) и при этом обладают минимальной магнитной восприимчивостью ($\chi = 30\text{--}50 \times 10^{-6} \text{ СГС}$ и $\chi = 15 \times 10^{-6} \text{ СГС}$ соответственно) (табл. 1).

Таблица 1 – Физические свойства раннепротерозойских пород Бобруйской структуры

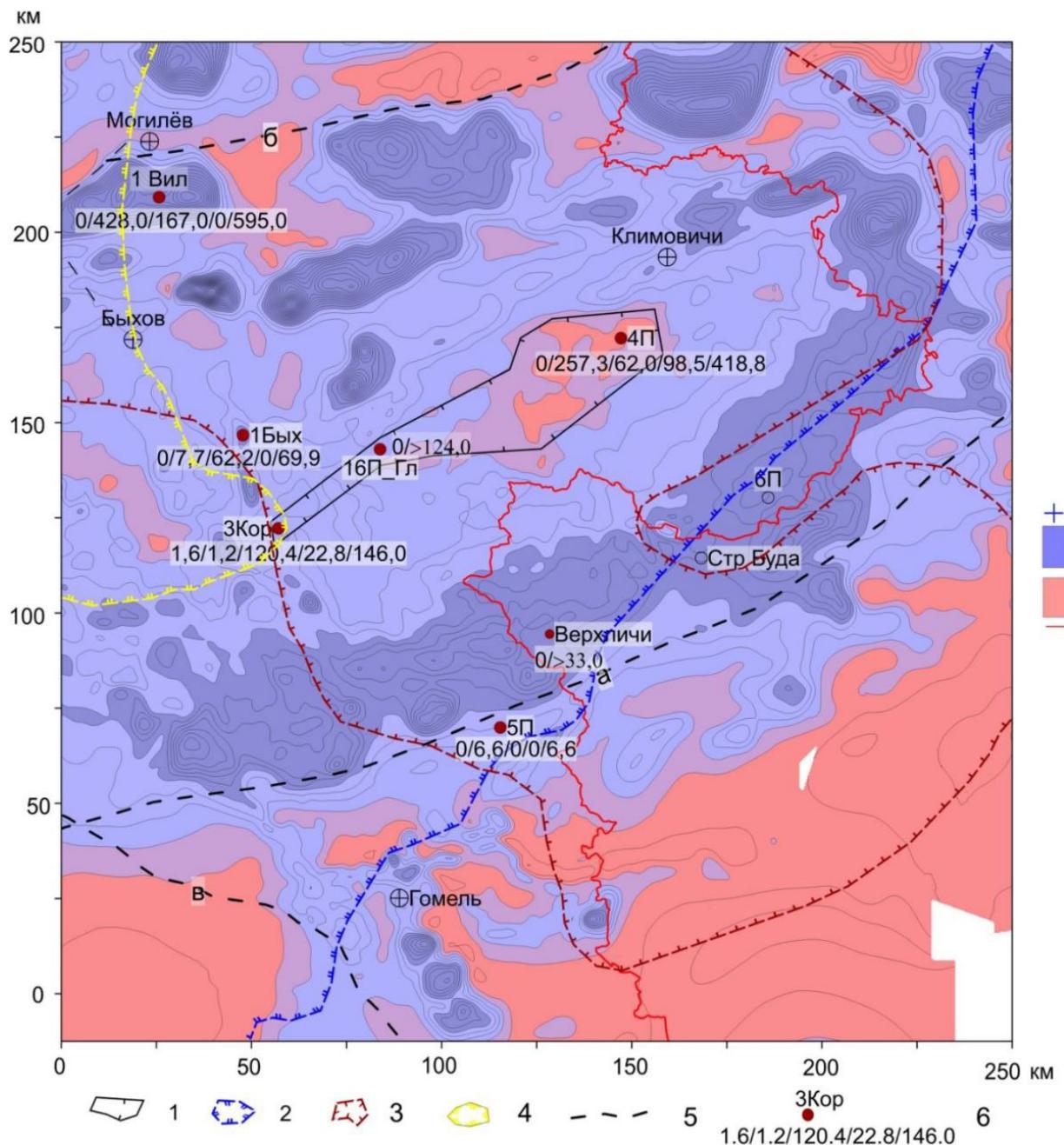
Порода	Стратиграфический индекс	Глубина отбора проб, м	Количество образцов	Плотность σ , г/см^3	Магнитная восприимчивость χ , 10^{-6} СГС
Скважина 691					
Трахириолиты	$\tau\lambda\check{\text{P}}\text{R}_1\check{\text{c}}$	367–535	3	2,66	15
Долериты	$\beta\text{P}\text{R}_1\check{\text{c}}$	536–701	12	2,94	1500
Скважина 627					
Кварцитопесчаники	$\text{P}\text{R}_1\text{m}\check{\text{s}}$	389–490	26	2,65	30
Глинисто-серийтовые сланцы	$\text{P}\text{R}_1\text{m}\check{\text{s}}$	491–548	19	2,63	50
Скважина 726					
Гранитоиды	$\gamma\text{P}\text{R}_1\check{\text{t}}$	550–629	25	2,65	150
Долериты	$\beta\text{P}\text{R}_1\check{\text{c}}$	630–650	10	2,91	1100

КРАСНОПОЛЬСКАЯ ГРАБЕН-СІНКЛІНАЛЬ

Краснопольская грабен-синклиналь также выделена по данным интерпретации магнитного поля Н. В. Аксаментовой в 1990 г. как раннепротерозойская отрицательная структура в пределах Осницко-Микашевичского вулкано-плунонического (Осницко-Кричевского орогенного) пояса. Граница впадины проведена по контуру области

отрицательных значений магнитного поля (рис. 1, 2, 5) [2].

В магнитном поле Краснопольская структура представляет собой однородную область отрицательных значений овальной формы интенсивностью 30–70 нТл, вытянутую в северо-восточном направлении на 70 км при средней ширине 23 км. В отличие от Бобруйской структуры, она не имеет резких границ и постепенно сменяется положительными значениями (рис. 5).

Рисунок 5 – Карта магнитного поля (ΔT)_a сечением 50 нТл Краснопольской структуры

1–4 – геологические границы: 1 – шеровичской серии ($RF_3 shr$), 2 – рогачевской и руднянской свит ($RF_3 rg-rn$), 3 – оршанской свиты ($RF_3 or$), 4 – лапичской свиты ($RF_3 lp$); 5 – суперрегиональные разломы: а – Пержанско-Суражский, б – Стоходско-Могилевский, в – Северо-Приятский; 6 – скважина, в подстрочном индексе мощность отложений (от молодых к древним), м: лапичской свиты / оршанской свиты / суммарная рогачевской и руднянской свиты / шеровичской серии / суммарная рифея.

Пробуренная в северо-восточной части аномалии параметрическая скв. 4П на глубине 639,0–1057,1 м вскрыла терригенную толщу верхнего рифея мощностью 418,8 м и вошла в граниты микашевичского комплекса. Перекрывающий рифей осадочный чехол на 1/4 объема сложен тиллитами вильчанской серии и незначительно туфопесчаниками волынской серии нижнего венда,

на 2/4 – карбонатно-терригенными породами нижнего и среднего девона и на 1/4 – терригенными породами юрского, нижнемелового и четвертичного возраста и мелами верхнего мела [8; 17].

Мощность кварцевых песчаников оршанской свиты рифея в пределах Климовичской структуры составляет не менее 258,3 м (в скв. 4П), резко уменьшается на ее западном замыкании

(1,2–7,7 м в скв. Кормянская и Быховская) и увеличивается в северном направлении до 428,0 м (скв. Вильчицы 1) за ее пределами (рис. 5). Рогачевская и руднянская свиты рифея, представленные олиго- и мезомиктовыми песчаниками с прослойями алевро-глинистых пород, в пределах структуры находятся на выклинивании; мощность их постепенно увеличивается от 62,0 м (в скв. 4П) в северо-западном направлении до 167 м в скв. Вильчицы 1 [10; 15; 18; 20]. Шеровичская серия рифея представлена толщиной кварцевых песчаников с редкими тонкими алевро-глинистыми прослойями, в основании которой залегают

конгломераты и аркозы с глинисто-доломитовым цементом. Серия распространена локально и вскрыта в скв. 4П (98,5 м) [8; 17] и Кормянская (22,8 м) [20].

По данным изучения физических свойств, породы верхнепротерозойской толщи, как и подстилающие их микашевичские гранитоиды, слабо магниты ($\chi = 2-4 \times 10^{-6}$ СГС и 9×10^{-6} СГС соответственно). Терригенные породы рифея и венда по сравнению с гранитами ($\sigma = 2,66 \text{ г/см}^3$) характеризуются значительно меньшей плотностью ($\sigma = 1,97-2,27 \text{ г/см}^3$), при этом наибольшие значения установлены для песчаников оршанской свиты (табл. 2).

Таблица 2 – Физические свойства протерозойских пород разреза скважины 4П

Порода	Стратиграфический индекс	Глубина отбора проб, м	Количество образцов	Плотность σ , г/см^3	Магнитная восприимчивость χ , 10^{-6} СГС
Скважина 4П					
Песчаники	V ₁ vlč	518–639	5	1,97	4
Песчаники	RF ₃ or	639–896	4	2,27	2
Песчаники	RF ₃ shr ± RF ₃ rg-rn	896–1040	21	2,17	3
Граниты	γPR ₁ mk	1041–1102	26	2,66	9

ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что магнитное поле Земли в северном полушарии индуцирует в горных породах, содержащих минералы с высокой магнитной восприимчивостью, положительную намагниченность, это значит, что положительный полюс всегда расположен на верхней кромке геологических объектов, а отрицательный – на нижней [9]. Очевидно, что расположенный близко к поверхности земли верхний положительный полюс определяет структуру наблюдаемого магнитного поля, отражающую особенности строения намагниченного тела, влияние нижнего, отрицательного, полюса на его строение намного меньше. Слабоинтенсивные законтурные отрицательные поля на отдалении суммируются, формируя обезличенные области магнитного поля отрицательного знака.

Магнитные образования, отмечающиеся положительными аномалиями на северо-восточном и юго-западном замыканиях Бобруйско-Климовичской меганомалии, формируют области отрицательного магнитного поля, которые были интерпретированы непосредственно как отрицательные структуры кристаллического фундамента – Бобруйская и Краснопольская грабен-синклинали соответственно [2] (рис. 1, 2). Границы грабен-синклиналей проведены по законтурному полю окружавших их высокомагнитных геологических тел. Однако

вполне определенно здесь можно утверждать только то, что в их пределах должны находиться слабомагнитные породы. Геологическое истолкование природы подобных структур предполагает привлечение широкого круга априорных геологических знаний. Разберем это более подробно.

Бобруйская грабен-синклиналь является общепризнанным элементом структуры кристаллического фундамента. Тем не менее изучение фактических материалов вызывает вопросы по поводу ее границ. На геологической карте [2] предполагается наличие состоящей из нескольких сегментов грабен-синклинали, выполненной метавулканитами лучковского комплекса и перекрывающими их метаосадками мышковичской свиты. Основанием для грабен-синклинали предполагается поле гранодиоритов микашевичского комплекса, сменяющихся на юге гранитами (рис. 2).

Такая интерпретация в целом согласуется с характером магнитного поля этой территории (рис. 3). Наиболее обширной северной части предполагаемой впадины соответствует область исключительно отрицательных значений магнитного поля. Однако бурением заверена только ее южная периферийная часть, где вскрыты практически немагнитные кварцитопесчаники мышковичской свиты мощностью более 161 м (скв. 627) и трахириолиты лучковского комплекса мощностью более 160 м (скв. 691) (табл. 1); основное же отрицательное

магнитное поле остается *Terra Incognita*. Значительно меньшая южная часть предполагаемой впадины более сложно построена, ей соответствует область знакопеременного магнитного поля с преобладанием положительных значений. Это связано с развитием здесь даек долеритов, также относимых к лучковскому комплексу (вскрытая мощность достигает 145 м в скв. 691). Они обладают высокой плотностью и магнитностью (табл. 1) и при благоприятных условиях могут создавать локальные положительные аномалии как магнитного, так и гравитационного полей, что объясняет знакопеременный характер магнитного поля. Буровыми скважинами кварцитопесчаники в южной части предполагаемой впадины не встречены, но установлены слабо магнитные трахириолиты лучковского комплекса (вскрытая мощность достигает 179 м в скв. 46Б), прорывающие житковичские гранитоиды, также обладающие низкой магнитной восприимчивостью.

Однако тот факт, что пробуренная в 60 км на юго-восток за пределами Бобруйской впадины скв. Паричи 1 также вскрыла трахириодазиты лучковского комплекса значительной мощности (более 400 м) [13], предполагает гораздо более широкое распространение этих пород по площади и возможное наличие, помимо субвуликанических тел, куполов и покровов (рис. 3). Следовательно, область отрицательного магнитного поля, с которой связывают положение Бобруйской грабен-синклинали (а точнее, ее большей северной части), может быть вызвана развитием слабомагнитных кислых вулканитов лучковского комплекса лишь отчасти.

Соизмеримыми с лучковскими кислыми породами по плотности и магнитной восприимчивости являются гранитоиды житковичского комплекса (скв. 46Б, 726) (табл. 1). Аналогичные породы установлены в разрезе скв. Ящицкая 101 и Южно-Борецкая 1 в 80 км на юго-восток [13] (рис. 3). В пределах площади между этими скважинами глубина залегания кровли раннепротерозойского фундамента увеличивается от 300 м на севере и до 1 километра и более на юге. В северной малоглубинной части магнитное поле мозаичной структуры в целом слабо интенсивное, нарушаемое по периферии локальными аномалиями даечного типа. Ранее для этой обширной территории (около 100 км в диаметре) по геофизическим данным предполагалось развитие гранитов микашевичского комплекса [2]. В южной более глубинной прибрежной зоне Припятского прогиба высокий градиент поля нивелирует эффект от слабомагнитных образований.

С учетом новых результатов бурения можно говорить о наличии здесь крупного полифазного гранитного Бобруйско-Борецкого батолита (либо

нескольких массивов) житковичского комплекса, с которым пространственно и генетически связаны покровы и субвуликанические тела трахириолитов лучковского комплекса. Последние могут быть распространены на значительной площади в кровле гранитного массива не только в предполагаемой Бобруйской грабен-синклинали, но и далеко на юге за ее пределами (рис. 3, 4).

Такая интерпретация геолого-геофизических материалов согласуется с тем фактом, что в 130 км к югу от предполагаемого массива на Украинском щите известно аналогичное образование – крупный одновозрастный Коростенский анортозит-рапакивогранитный pluton диаметром порядка 120 км, для которого показана генетическая связь гранитоидов и прорывающих их вулканитов овручской серии как членов единого петрохимического цикла [6, с. 30; 22; 18 и др.]. На северной окраине Коростенского plutона развиты наложенные субширотная Овручская и субмеридиональная Вильчанская грабен-синклинали, выполненные, помимо овручских вулканитов, метаосадками толкачевской свиты [5].

Более широкое площадное развитие эфузивных фаций в кровле Бобруйско-Борецкого массива может быть обусловлено тем, что начиная с позднего протерозоя он был погребен под толщей осадков платформенного чехла в отличие от Коростенского plutона, который подвержен денудации на протяжении более 1,7 млрд лет. Также значительный эрозионный срез, видимо, имеет одновозрастный Житковичский массив, известный на территории одноименного горста в 40–50 км к юго-западу от предполагаемого Бобруйско-Борецкого plutона. Житковичский массив меньше по размеру (около 20 x 40 км) и прорван кислыми породами березинского комплекса [2; 13]. Эти три массива приурочены к широкой полосе, контролируемой меридиональными разломами, что требует дополнительных как геофизических, так и петролого-геохимических исследований, выходящих за рамки данной статьи (рис. 4).

Истинное положение Бобруйской грабен-синклинали, выполненной метаосадочными породами мышковичской свиты, видимо, имеет несколько иную конфигурацию, чем предполагалось ранее [2], и приурочено к узлам пересечения разломных зон субширотного, субмеридионального и северо-восточного простирания. В целом можно говорить о первоначально более широком распространении пород мышковичской свиты, заполнивших палеограбены не позднее чем 1,4 млрд лет назад. Эти породы фрагментарно вскрыты глубокими скважинами в Припятском прогибе [10] и часто присутствуют в обломках в терригенных базальтных

горизонтах платформенного чехла территории (рис. 3, 4).

Таким образом, довольно однородное слабоположительное магнитное поле Бобруйской структуры связано с широким развитием низкомагнитных житковичских гранитоидов и лучковских кислых вулканитов, а локальные возмущения положительного знака объясняются телами лучковских долеритов. Обширная область отрицательных значений на севере этой структуры, которая ранее интерпретировалась как Бобруйская грабен-синклиналь, может быть обусловлена суммарным эффектом от законтурного отрицательного поля расположенных на северо-западе магнитных пород (микашевичских долеритов, комплекса основных пород) (рис. 2) и магнитного поля развитой здесь толщи немагнитных образований большой мощности, которыми могут быть магматические породы кислого состава либо терригенные отложения существенно кварцевого состава. Исходя из имеющихся геологических данных, наиболее вероятно развитие здесь гранитоидов житковичского комплекса, такого же мнения придерживался Н. В. Веретенников [4]. В то же время дополнительный эффект могут привносить практически немагнитные низкоплотные метаосадки мышковичской свиты и песчаные отложения рифея (рис. 3, 4).

Для решения принципиального вопроса о наличии образований мышковичской свиты в области отрицательного магнитного поля Бобруйской грабен-синклинали рекомендуется пробурить скважину глубиной 400 м и выполнить определение абсолютного возраста отложений, перекрывающих кристаллический фундамент. Практический интерес могут иметь проявления пирофильтитовых сланцев мышковичской свиты [10], месторождения которых известны в Овручской грабен-синклинали [12, с. 132–134].

Краснопольская грабен-синклиналь. Результаты параметрического бурения 2017–2024 гг. подтвердили развитие на обширной территории восточной части Бобруйско-Климовичской мегааномалии в составе раннепротерозойского кристаллического фундамента слабо магнитных (табл. 2) гранитов и гранодиоритов микашевичского комплекса (скв. 4П, 5П, 6П, Кормянская) и показали отсутствие в пределах предполагаемой Краснопольской грабен-синклинали аналогов пород бобруйской серии (рис. 5). Это согласуется с тезисом о природе этого отрицательного магнитного поля как обезличенной законтурной области расположенных на юго-востоке магнитных пород (например, долеритов микашевичского комплекса) (рис. 2).

Однако при относительно однородном составе раннепротерозойского фундамента территории отождествление отрицательного поля с Краснопольской отрицательной структурой на поверхности кристаллического фундамента все же имеет смысл, поскольку скв. 4П вскрыла неожиданно большую мощность рифея (418,8 м), увеличенную за счет присутствия в его основании практически не магнитных кварцевых песчаников и конгломератов (98,5 м) шеровичской серии [8; 17]. Значительное увеличение мощности осадочного чехла за счет наличия впадины на поверхности протерозойского фундамента подтверждается глубоким гравитационным минимумом (рис. 1Б). Осадки шеровичской серии не имеют широкого площадного распространения, а локализованы в отрицательных структурах фундамента, где их мощность может достигать 255 м (скв. Рудня 1, север Волыно-Оршанского авлакогена) [10; 15]. Приразломные грабен-синклинали формировались в позднем рифея не ранее 1 млрд лет назад [22] на инициальном этапе растяжения земной коры при заложении Волыно-Оршанского авлакогена в узлах пересечения разломных зон северо-восточного и субширотного простириания. Резкое увеличение мощности этих отложений в Краснопольской грабен-синклинали в сумме с законтурным эффектом от магнитных объектов, по всей видимости, и определяют отрицательное поле этой структуры.

ВЫВОДЫ

Бобруйско-Климовичская мегааномалия магнитного поля, представляющая собой закономерное сочетание положительных локальных аномалий магнитного и частично гравитационного полей, отображает положение Осницко-Микашевичского вулкано-плутонического (Осницко-Кричевского орогенного) пояса раннепротерозойского кристаллического фундамента территории. Периферийные области мегааномалии характеризуются положительными значениями, а в центральных частях, нередко сложенных слабомагнитными породами, формируются области отрицательного магнитного поля, представляющие законтурные поля магнитных тел.

Бобруйская и Краснопольская отрицательные магнитные аномалии на западе и востоке БКМ обусловлены суммой законтурных полей окружающих их высокомагнитных тел, слабых полей практически немагнитных гранитоидов и наличия грабенообразных структур на поверхности раннепротерозойского кристаллического фундамента, заполненных слабо магнитными протерозойскими осадками, формирующими квазиплатформенный чехол территории.

Бобруйская грабен-синклиналь заложилась на севере Бобруйско-Борецкого полифазного гранитного массива житковичского комплекса не ранее 1,76 млрд лет назад (возраст житковичских гранитоидов и кислых эфузивов лучковского комплекса) и не позднее 1,3 млрд лет назад (возраст метаморфизма осадков мышковичской свиты). Грабен-синклиналь приурочена к узлу пересечения разломов субмеридионального и субширотного простирания и заполнена обладающими низкими значениями плотности и магнитной восприимчивости кварцитопесчаниками мышковичской свиты мощностью не менее 161 м.

Краснопольская грабен-синклиналь заложилась в южной прибрежной части Волыно-Оршанского авлакогена на инициальном этапе его формирования в позднем рифе (возраст наиболее молодых дегритовых цирконов из песчаников

шеровической серии около 1 млрд лет). Она приурочена к узлу пересечения разломных зон северо-восточного и субширотного простирания и выполнена слабомагнитными и низкоплотными кварцевыми песчаниками и конгломератами шеровической серии верхнего рифея мощностью не менее 98,5 м.

В центральной части Бобруйской аномалии цеплесообразно пробурить скважину глубиной около 400 м для уточнения геологического строения этой структуры и выявления возможного нахождения пирофильтитовых сланцев в отложениях мышковичской свиты, месторождения которых известны в одновозрастных породах Овручской грабен-синклинали.

Более полные сведения о границах и морфологии обеих впадин можно получить, комплексируя данные бурения и сейсморазведки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксаментова, Н. В. Магматизм и палеогеодинамика раннепротерозойского Осницко-Микашевичского вулканоплутонического пояса / Н. В. Аксаментова. – Минск : ИГН НАНБ, 2002. – 176 с.
2. Аксаментова, Н. В. Геологическая карта кристаллического фундамента Белоруссии и прилегающих территорий. / Н. В. Аксаментова, И. В. Найденков. – Минск, 1990.
3. Беляшов, А. В. Проявление средне-верхнерифейской тектономагматической активизации в пределах Бобруйского поднятия / А. В. Беляшов, В. А. Шитц, А. Н. Шуравин // Вопросы минерагении платформенного чехла и кристаллического фундамента территории Беларуси. – Минск, 2000. – С. 104–115.
4. Веретенников, Н. В. Петрографическая принадлежность, фациальная природа и структурно-тектоническая локализация магматических пород района г. п. Глуши (Беларусь) / Н. В. Веретенников, А. В. Беляшов, А. Г. Лапцэвіч // Літасфера. – 2003. – № 2 (19). – С. 30–36.
5. Геохронологическая шкала докембрия Украинского щита / Н. П. Щербак [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1989. – 144 с.
6. Геохронология раннего докембрия Украинского щита / Отв. ред. Н. П. Щербак. – Киев : Наукова думка, 2008. – 239 с.
7. Гипчик, В. И. Основные магматические породы Бобруйской кольцевой структуры и перспективы их рудоносности / В. И. Гипчик, А. В. Беляшов // Инновационное развитие геологической науки – путь к эффективному и комплексному освоению недр : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Минск : БелНИГРИ, 2007. – С. 75–79.
8. Литобиостратиграфическое расчленение разрезов параметрических, картировочных и поисковых скважин, пробуренных в восточной части Беларуси в 2016–2024 годах. Сообщение 1. Параметрическая скважина 4П Климовичская / Г. Д. Стрельцова [и др.] // Літасфера. – 2025. – № 1 (62). – С. 4–26.
9. Логачев, А. А. Магниторазведка / А. А. Логачев, В. П. Захаров. – Л. : Недра, 1979. – 351 с.
10. Махнач, А. С. Нижний рифей / А. С. Махнач, Н. В. Веретенников, В. И. Шкуратов // Геология Беларуси / под ред. А. С. Махнача. – Минск : Ин-т геологических наук НАН Беларуси, 2001. – С. 82–86.
11. Махнач, А. С. Окварцевых порфирах, вскрытых в районе Глуска Минской области БССР / А. С. Махнач, З. М. Невмержицкая // Уч. зап. БГУ. Сер. геол. – 1958. – Вып. 43. – С. 81–87.
12. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини / науч. ред. М. П. Щербак, С. В. Гошовський. – Київ – Львів : Центр Європи, 2006. – 522 с.
13. Петрографический атлас метаморфических и магматических пород кристаллического фундамента Беларуси. / А. А. Толкачикова [и др.]. – Минск : Нац. библиотека Беларуси, 2018. – 189 с.
14. Петрология даек субщелочных долеритов Коростенского комплекса, Северо-Западный район Украинского щита / Л. В. Шумлянский [и др.] // Минералогический журнал. – 2018. – № 40 (1). – С. 32–52.
15. Рифей и венд Белоруссии / А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1976. – 360 с.

16. Солодилова, В. В. Вещественный состав и металлогенический потенциал бимодальной магматической ассоциации Бобруйской кольцевой структуры. / В. В. Солодилова, В. И. Гипчик, Н. С. Завадич // Літасфера. – 2012. – № 1 (36). – С. 47–57.
17. Стрельцова, Г. Д. О рифейских отложениях восточной части Беларуси / Г. Д. Стрельцова, О. Ф. Лапцевич, О. Ф. Кузьменкова // Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов : тезисы VI Междунар. науч.-практ. конф. – Брест, 2023. – С. 200–203.
18. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объясн. записка / под. ред. С. А. Кручека [и др.]. – Минск : ГП «БелНИГРИ», 2010. – 282 с.
19. Тектоника запада Восточно-Европейской платформы. / под ред. Р. Г. Гарецкого. – Минск : Навука і тэхніка, 1990. – 168 с.
20. Riphean and Vendian of the conjugation zone of the Orshansky Depth and the Zlobin Saddle (Bykhovskaya parametric borehole) / O. Kuzmenkova [et al.] // Проблемы геологии Беларуси и смежных территорий : материалы междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения академика НАН Беларуси А. С. Махнacha. – Минск, 2018. – С. 101–105.
21. The origin of the Palaeoproterozoic AMCG complexes in the Ukrainian Shield: new U-Pb ages and Hf isotopes in zircon / L. Shumlyanskyy [et al.] // Precambrian Research. – 2017. – Vol. 292. – P. 216–239. DOI: 10.1016/j.precamres.2017.02.009.
22. The U-Th-Pb Age of Detrital Zircon from the Riphean Sandstones of the Volyn-Orsha Paleotrough, Belarus / T. Zaitseva [et al.] // Stratigraphy and Geological Correlation. – 2023. – Vol. 31, № 5. – P. 42–62. DOI:10.1134/s0869593823050106.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 04.08.2025

Рэцэнзент Р. Э. Гірын

НОВЫ ПОГЛЯД НА БУДОВУ БАБРУЙСКАЙ І ЧЫРВАНАПОЛЬСКАЙ ГРАБЕН-СІНКЛІНАЛЕЙ. МАГЧЫМАСЦІ КАРТАВАННЯ ВА ЎМОВАХ ЗАКРЫТАЙ ТЭРЫТОРЫИ ПА ГЕАФІЗІЧНЫХ І БУРАВЫХ ДАНЫХ

А. Ф. Кузьмянкова, Я. И. Маісеев, Г. Д. Стрельцова, У. Р. Ашурка, А. Г. Лапцэвіч

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
вул. Акадэміка Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь
E-mail: kuzmenkovaof@mail.ru

У артыкуле разгледжана будова Бабруйска-Клімавіцкай геафізічнай мегаанамаліі. Паказана прырода адмоўных значэнняў поля Бабруйскай і Краснапольскай структур на заходзе і ўсходзе мегаанамаліі не толькі як абязлічаных закончурных абласцей магнітных аб'ектаў на перыферыі паяса, але і асаблівасцей іх геалагічнай будовы. Адмоўнае поле Бабруйскай структуры звязана з гранітоідамі жыткавіцкага комплексу, у меншай ступені з немагнітнымі ўтварэннямі бабруйскай серыі і пясчанымі адкладамі рыфея. Мяркуеца наяўнасць буйнога Бабруйска-Барэцкага баталіта гранітоідаў – аналага Карасценскага плутона. Бабруйская грабен-сінкліналь мае некалькі іншыя абрывы, чым меркавалася раней. Адмоўнае поле Краснапольскай структуры ў некаторай ступені звязана з грабен-сінклінальлю на паверхні крышталічнага фундамента, выкананай пясчанікамі шаровіцкай серыі рыфея.

Ключавыя слова: магнітнае і гравітацыйнае поле, Бабруйска-Клімавіцкая мегаанамалія, жыткавіцкі і карасценскі комплекс, лучкоўскі комплекс, рыфей, фізічныя ўласцівасці горных парод.

A NEW LOOK AT THE STRUCTURE OF THE BOBRUISK AND KRASNOPOLSK GRABEN-SYNCLINES. MAPPING POSSIBILITIES IN CLOSED TERRITORIES BASED ON THE GEOPHYSICAL AND DRILLING DATA

O. Kuzmenkova, E. Moiseev, G. Streletsova, V. Ashurko, A. Laptsevich

State Enterprise "Research and Production Center for Geology"
7 Akademika Kuprevicha St, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: kuzmenkovaof@mail.ru

The article considers the structure of the Bobruisk-Klimovichy geophysical megaanomaly. The nature of the negative field values of the Bobruisk and Krasnapolle structures in west and east of the megaanomaly is shown not only as impersonal contour areas of magnetic objects on the periphery of the belt, but also as features of their geological structure. The negative field of the Bobruisk Structure is associated with granitoids of the Zhitkovichy Complex, to a lesser extent with non-magnetic formations of the Bobruisk Series and sandy deposits of the Riphean. The presence of a large Bobruisk-Boretsk Batholith of granitoids – an analogue of the Korosten Pluton is assumed. The Bobruisk Graben-Syncline has slightly different outlines than previously assumed. The negative field of the Krasnapolle Structure is to some extent associated with the graben-syncline on the surface of the crystalline basement, filled with sandstones of the Sherovichy Series of the Riphean.

Keywords: magnetic and gravitational field, Bobruisk-Klimovichy Megaanomaly, Zhitkovichy and Korosten Complex, Luchkovsky Complex, Riphean, physical properties of rocks.

УДК 504.5+550.83
<https://doi.org/10.65207/1680-2373-2025-2-116-125>

АНОМАЛЬНАЯ ДИНАМИКА ЛОКАЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ КАК ИНДИКАТОР ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

А. П. Гусев

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины
ул. Советская, 104, 246028, Гомель, Беларусь
E-mail: andi_gusev@mail.ru

Цель работы – изучение аномальных пространственно-временных вариаций локальных геофизических полей в геодинамически активных зонах. Решаемые задачи: анализ опыта исследований аномальной динамики геофизических полей; разработка методики изучения аномальных вариаций локальных геофизических полей; выявление пространственно-временных аномалий геофизических полей, обусловленных экзогеодинамическими процессами; выявление пространственно-временных аномалий геофизических полей, обусловленных современной геодинамической активностью в зонах разломов. Используемые методы: электрическое профилирование и вертикальное электрическое зондирование методом сопротивлений, метод естественного электрического поля, гравиметрия. Зона развития оползня характеризуется аномальной динамикой естественного электрического поля (амплитуда колебания 10–30 мВ) и кажущегося электрического сопротивления (амплитуда колебания до 90 Ом·м), выявляемой в течение нескольких суток. Зона активной субфазии в техногенных грунтах диагностируется аномальной динамикой естественного электрического поля (амплитуда колебания 5–15 мВ), проявляющейся во временном интервале от нескольких недель до первых месяцев. Активные разломы проявляются в аномальных вариациях гравитационного поля (амплитуда колебаний 0,1–0,3 мГал).

Ключевые слова: геофизические поля, аномальная динамика, экзогенная геодинамика, оползень, субфазия, естественное электрическое поле, гравиметрия, зоны разломов.

ВВЕДЕНИЕ

Аномальная динамика локальных геофизических полей – изменения геофизических полей во времени, приуроченные к ограниченным в пространстве геологическим объектам, обладающим высокой чувствительностью к внешним воздействиям различной природы (энергоактивным [2; 3] или чувствительным зонам [12; 13], геодинамически активным зонам [18]).

Известно, что геофизические поля непостоянны по времени, испытывают изменения разной периодичности и амплитуды. Например, гравитационное поле, геоэлектрические параметры, напряженно-деформированное состояние пород, потоки глубинных газов, уровни подземных вод изменяются под влиянием Луны и Солнца. Геомагнитное поле – под влиянием изменений солнечной активности. Изменения атмосферного давления влияют на уровни подземных вод и связанные с ними геофизические поля. Мощное воздействие на геофизические поля оказывают современные тектонические движения. Постоянно растет влияние техногенных факторов. Однако вариабельность геофизических полей в пространстве крайне неоднородна по амплитуде.

Так, было замечено, что на определенных локальных участках амплитуда колебаний существенно выше среднестатистических или фоновых величин.

Такие участки С. Ю. Баласанян определил как энергоактивные зоны, характеризующиеся аномальной полидисперсностью, многофазностью, гетерогенностью и расположенные в наиболее ослабленных зонах литосферы. С. Ю. Баласанян предложил геоэлектрическую модель геологической среды этих зон, объясняющую суточную динамику геоэлектрических и геомагнитных показателей [2]. Аномальная суточная динамика геоэлектрического и геомагнитного полей наблюдается над рудными образованиями, над тектоническими нарушениями, на участках формирования оползней и обвалов, над линзами льда [2; 10; 11].

Понятие чувствительной зоны введено для участков земной коры, где аномальные высокоамплитудные колебания геофизических полей являются реакцией на сейсмические события. В чувствительных зонах, например, наблюдаются высокоамплитудные и отдаленные предвестники землетрясений и постсейсмические эффекты [12]. Такие зоны приурочены к подвижным контактам между блоками земной коры, они отличаются

неустойчивостью и нелинейными характеристиками, высокой тензочувствительностью. Реакция на слабые возмущения здесь проявляются в виде интенсивных и высокогradientных изменений показателей геофизических полей [12; 13].

Понятие чувствительных или энергоактивных зон в определенной мере близко к понятию геодинамически активных зон. Однако последние, как правило, относятся к эндогенным проявлениям – тектоническим движениям, изменениям напряженно-деформированного состояния, газофлюидопереносу, приуроченным к разломам земной коры. Для геодинамически активных зон, как в зонах столкновения литосферных плит и высокой сейсмической активности, так для платформенных структур, характерна аномальная пространственно-временная динамика геофизических полей [3; 14].

Над активными разломами в разных регионах (Припятский прогиб, Терско-Каспийский прогиб, Предгорный Дагестан, Притбилисский район, Пермское Приуралье и др.) фиксируются аномальные вариации геомагнитного, гравитационного и газогеохимических полей, локализованные в узкой полосе (ширина 1–3 км) периодичностью от первых месяцев до нескольких лет, сопряженные с высокогradientными вертикальными движениями земной поверхности [1; 14; 15; 18]. Отмечается, что эффект влияния колебаний атмосферного давления на геофизические поля (эмиссии радона, микросейсмический фон) значительно сильнее проявляется в разломных зонах [20]. Аномальная динамика геофизических полей (гравитационного, теплового, геомагнитного, геоэлектрического) обнаружена в разных нефтегазоносных областях над залежами углеводородов [6; 17]. Аномальные вариации гравитационного поля наблюдались над техногенными объектами: зоны разуплотнения на калийных месторождениях, затопленные шахтные поля, подземные хранилища газа [4; 5; 16].

Таким образом, аномальная динамика локальных геофизических полей связана с энергоактивными (чувствительными) зонами, характеризующимися нелинейным откликом на внешние воздействия. Такие зоны представлены: 1) тектоническими нарушениями разного ранга; 2) местами проявления экзогенных геологических процессов (оползни, карст, супфозия); 3) рудными телами; 4) некоторыми техногенными отходами; 5) залежами углеводородов. В предлагаемой работе будут рассматриваться только аномальные эффекты, связанные с опасными экзогенными процессами и современной геодинамической активностью в зонах разломов.

Цель работы – изучение аномальных пространственно-временных вариаций локальных геофизических полей в геодинамически активных зонах. Решаемые задачи: анализ опыта исследований аномальной динамики геофизических полей; разработка методики изучения аномальных вариаций локальных геофизических полей; выявление пространственно-временных аномалий геофизических полей, обусловленных экзогеодинамическими процессами; выявление пространственно-временных аномалий геофизических полей, обусловленных современной геодинамической активностью в зонах разломов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Тестовые объекты для изучения аномальных геофизических эффектов, связанных опасными экзогенными процессами.

1. Активный оползень-обвал на берегу реки Днепр (д. Переделки, Лоевский район Гомельской области). Площадь тела оползня свыше 500 м². Геологические условия – четвертичные и неогеновые отложения (пески, супеси, суглинки). Высота над урезом воды – до 20 м.

2. Супфозионный процесс на участке вблизи здания по улице Советская, 108 (г. Гомель). Супфозионный вынос грунта вызвал неравномерную осадку фундамента здания (4 этажа, постройка 1960-х гг.) и образование трещин в стенах.

Изучение аномальной динамики локальных геофизических полей, вызванной современной геодинамической активностью в зонах разломов, выполнялось на участке «Костюковка» (7 км севернее г. Гомеля). Участок находится в зоне соплении Гомельской структурной перемычки с Клинцовским грабеном Воронежской антеклизы (с востока) и Северо-Припятским плечом (с севера) на пересечении субрегионального Гомельского разлома, локального Костюковского разлома и регионального Жлобинского разлома [21]. Глубина залегания кристаллического фундамента на прилегающих участках в Клинцовском грабене составляет 0,6–0,7 км, в Гомельской структурной перемычке – 0,8–0,9 км, на Северо-Припятском плече – 0,8–0,9 км. Амплитуда сброса на Гомельскому разлому – около 200 м. Западнее деревни Зеленые Луки проходит субрегиональный Западно-Ченковский разлом, делящий Гомельскую структурную перемычку на блоки. Локальный Костюковский разлом прослеживается от деревни Острова (на западе) до деревни Новоселки (на востоке). Его протяженность около 20 км. Почти на всем

протяжении совпадает с тополинеаментом, выделяемым по цифровой модели рельефа STRM, и цепочкой заболоченных участков. Современная геодинамическая активность участка «Костюковка» проявляется в газогеохимических (гелий, водород, метан) аномалиях, рассмотренных в работах [7; 8; 9]. Для сравнения был выбран участок «ГГУ» (центральный район г. Гомеля), находящийся вне зон разломов и с фоновыми газогеохимическими полями (рис. 1).

Методический подход к изучению аномальной динамики геофизических полей предполагает сравнение их параметров, измеренных в одинаковых и тех же точках в разное время (отдельные пункты наблюдения и профили). Точки, в которых производятся повторные измерения, должны иметь точное позиционирование, расположены вне влияния возможных техногенных помех. Повторные или непрерывные измерения проводятся в специально оборудованных пунктах.

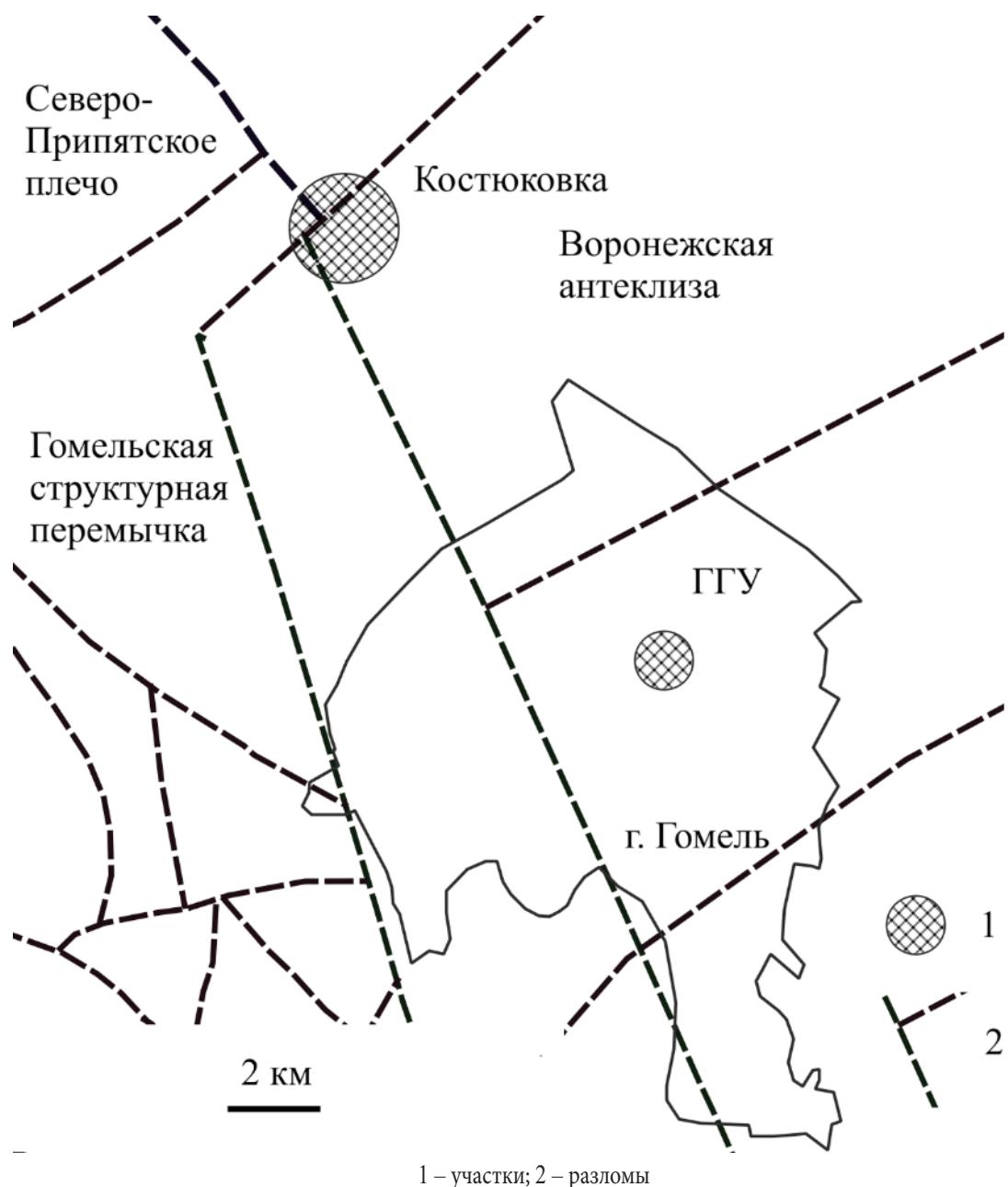


Рисунок 1 – Район исследований аномальной динамики локальных геофизических полей, обусловленной современной геодинамической активностью в зонах разломов

Для изучения динамики геофизических полей на оползне-обвале были использованы метод естественного электрического поля (ЕП) и электрическое профилирование (ЭП) методом сопротивлений. ЭП проводилось установкой Веннера ($MN = 10$, $AB = 30$; шаг 50 м) по 3 профилям с целью локализации оползневого тела. Повторные измерения проводились в 2 пунктах наблюдений: пункт А – 200 м от обрыва; пункт Б – на участке оползневого тела (трещинная зона). В каждом пункте оборудованы: азимутальная установка неполяризующихся электродов системы ВИРГ с приемной линией $MN = 5$ м для измерения градиента потенциала естественного электрического поля (в 2 позициях – перпендикулярно и параллельно берегу реки); стационарная установка Веннера для измерения кажущегося электрического сопротивления $AB = 30$ и $MN = 10$ м. Наблюдения проводились 27–29 июня (в 8.00, 14.00 и 20.00). Выполнено 9 замеров.

Для изучения суффозионного процесса использованы метод естественного электрического поля и вертикальное электрическое зондирование методом сопротивлений (ВЭЗ). Съемка методом потенциала ЕП проводилась по 3 профилям (по 19 пикетов в каждом): шаг измерений по профилю 5 м, расстояние между профилями 10 м. 1-й и 2-й профили располагались в пределах лесопосадки, 3-й профиль – на клумбе перед корпусом. Использованы неполяризующиеся электроды системы ВИРГ. ВЭЗ выполнялись по стандартной методике по 2 крестообразно расположенным профилям. Расстояние между точками ВЭЗ 15 м. Изучение динамики ЕП проводилось с помощью повторных измерений потенциала на 3-м профиле. Замеры по профилю выполнялись с интервалом в 2 месяца в летний период. Для построения карты потенциала ЕП в изолиниях использована программа Surfer, для интерпретации кривых ВЭЗ – программа IPI2Win.

Для изучения аномальных вариаций геофизических полей, обусловленных процессами в зонах разломов, были проложены гравиметрические профили через участки «Костюковка» и «ГГУ». Гравиметрический профиль на участке «Костюковка» проходил по линии поселок Костюковка – поселок Вишенский – деревня Зеленые Луки (длина профиля 4,1 км); на участке «ГГУ» – по линии улица Песина – улица Тимофеенко (длина профиля 1,5 км). Шаг измерений – 100 м. Учет остаточного дрейфа нуля

производился на основе повторных наблюдений на локальных опорных пунктах. Длительность звеньев одного рейса не превышала 1 час. Для измерений использован гравиметр ГНУ-КВ. Погрешность измерений составляет $\pm 0,03$ мГал. Локальные аномалии силы тяжести определялись по формуле: $\Delta g = g_{\text{набл}} + 0,3086 \times H - 0,0419 \times \sigma \times H - g_0$, $g_{\text{набл}}$ – измеренное значение силы тяжести, H – высота пункта наблюдения, σ – плотность пород промежуточного слоя ($\text{г}/\text{см}^3$), g_0 – значение силы тяжести на локальном опорном пункте.

Для интерпретации данных гравиметрии использована программа ZondGM2D.

Повторная гравиметрическая съемка выполнялась на отдельных пунктах вышеуказанных профилей: 10 пунктов на профиле участка «Костюковка» и 8 пунктов на профиле участка «ГГУ». Интервал повторных измерений – 2 месяца.

Для построения картосхем использована геоинформационная система QGIS.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Места проявления экзогенной геодинамики (энергоактивные зоны электрокинетической природы) представляют собой первый от земной поверхности капиллярный слой пород (до 5 м). Нестабильность геоэлектрического поля здесь обусловлена вариациями столба жидкости в капиллярах горных пород под действием различных факторов [2]. По С. Ю. Баласаняну, суточная динамика геоэлектрических полей над активными оползнями обусловлена электротермокапиллярным (изменение температуры) и электробарокапиллярным (колебания капиллярных и трещинных вод под воздействием лунно-солнечных приливов) эффектами. Активизация оползневых процессов сопровождается интенсивным трещинообразованием, способствующим повышению интенсивности электробарокапиллярных потенциалов [2].

На тестовом участке, расположеннном в районе деревни Переделки, на основе электрического профилирования методом сопротивлений выделено оползневое тело. Участок оползня локализуется аномалией пониженного электрического сопротивления до 60–80 Ом·м (при фоне 100–150 Ом·м). В ходе наблюдений в течение трех суток было установлено, что в пункте А (200 м от обрыва, вне оползня) амплитуда колебаний ΔU_{EP} за весь период наблюдений не превышала 8,0 мВ. Отличий в колебаниях ΔU_{EP} в зависимости от ориентации линии MN не зафиксировано (рис. 2).

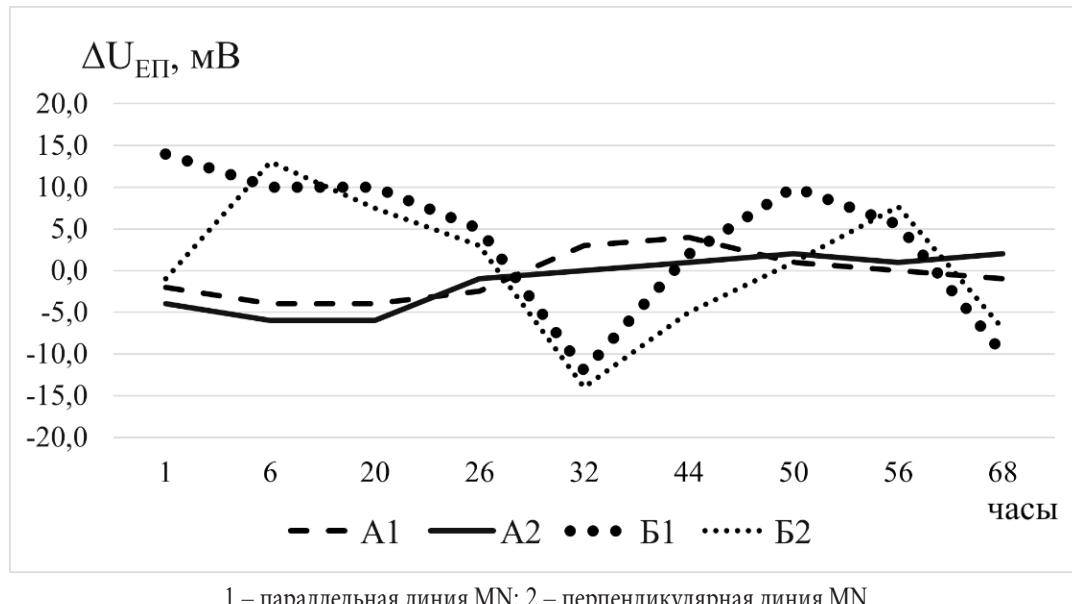


Рисунок 2 – Динамика градиента потенциала ЕП: А – фон; Б – активный оползень

В оползнеактивной зоне (пункт Б) наблюдались более значительные колебания, амплитуда которых составила 26–27 мВ. Отмеченный эффект существенно превышает погрешность изменений (1–2 мВ). Отрицательный знак ΔU_{EP} указывает на нисходящее движение инфильтрующейся воды в массиве грунтов.

Амплитуда колебаний кажущегося сопротивления (КЭС) в пункте А составила до 10 Ом·м. В пункте Б

в течение 2 дней наблюдался рост кажущегося сопротивления с 50–60 Ом·м до 140 Ом·м, затем резкое снижение до 95 Ом·м и новый быстрый рост до 115 Ом·м. Амплитуда изменений составила 90 Ом·м, то есть амплитуды колебаний сопротивления между пунктами наблюдений различаются в 9 раз (рис. 3). Исходя из величины питающей линии АВ, наблюдаемые эффекты обусловлены процессами, происходящими в интервале глубин 3–7,5 м.

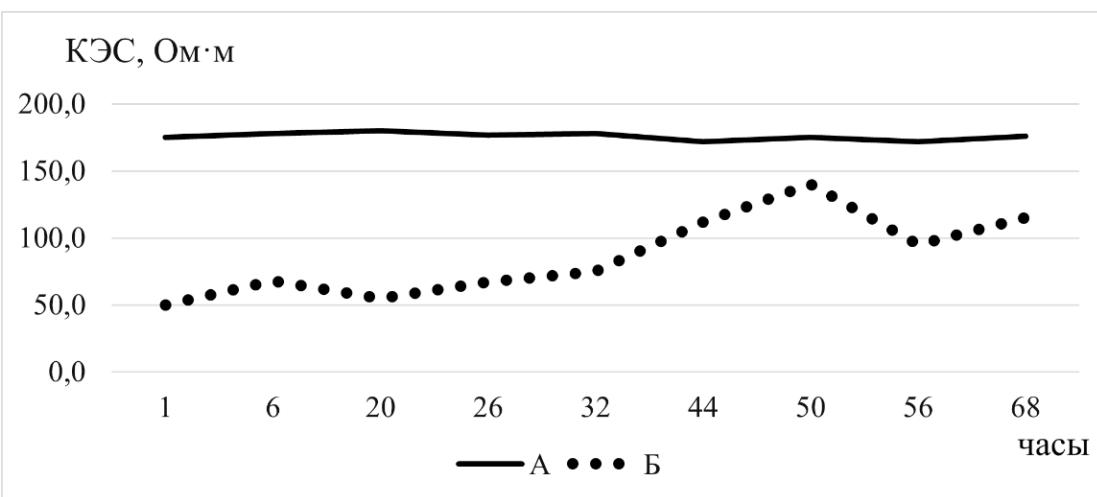


Рисунок 3 – Динамика кажущегося сопротивления зоны аэрации: А – фон; Б – активный оползень

Аномальная динамика ΔU_{EP} , вероятно, обусловлена электробарокапиллярным эффектом, то есть колебаниями капиллярных и трещинных вод в оползневом массиве под воздействием лунно-солнечных гравитационных сил. Активизация оползневых процессов сопровождается интенсивным

трещинообразованием, которое индицируется повышением интенсивности электробарокапиллярного потенциала и, соответственно, ростом амплитуды колебаний ΔU_{EP} . Трещинообразование также влияет на инфильтрацию воды в грунтовом массиве, что, в свою очередь, может отражаться в колебаниях

значений электрокинетического потенциала. Колебания водонасыщенности обусловливают изменения кажущегося сопротивления массива грунтов. Снижение кажущегося сопротивления указывает на подъем капиллярных и поровых вод (грунтовые воды в данном случае находятся на глубине более 10 м) при деформации сжатия и наоборот. Таким образом, нестабильность напряженно-деформированного состояния оползня отражается в нестабильности геоэлектрических параметров.

В стенах корпуса № 1 были обнаружены трещины, возникновение которых вызвано неравномерной осадкой фундамента здания. Для выяснения причин неравномерной осадки были проведены следующие исследования: 1) на основе топографических карт (1980–1981 гг.) и аэрофотоснимков (1941 г.) изучен рельеф участка до современной застройки; 2) проведена съемка методом потенциала ЕП участка; 3) выполнены ВЭЗ (7 точек); 4) проведено изучение динамики ЕП по профилю, пересекающему зону вероятного развития супфозии.

По результатам изучения топографических карт и аэрофотоснимков установлено, что до застройки территории имела густую эрозионную сеть, так как находится в нижней части моренного холма (перепад высот около 5 м). При строительстве эрозионные формы были засыпаны. По наблюдениям, в траншеях мощность техногенных насыпных грунтов в среднем составляет 0,5–1 м. На основе съемки ЕП выявлена пространственная структура ЕП, характеризующаяся отрицательной

аномалией (амплитуда около 10 мВ), приуроченной к центральной части здания, где развивается супфозионный процесс. Отрицательные значения потенциала ЕП указывают на нисходящее движение вод (инфилtrация с поверхности в грунтовые воды).

По данным ВЭЗ построен геоэлектрический разрез, анализ которого показал, что верхний относительно хорошо водопроводящий слой (техногенный грунт – песок с включениями гравия и обломков строительных материалов) подстилается слоем с более низкой водопроводимостью (моренные суглинки). Движение инфильтрующихся осадков в слое техногенных грунтов зависит от поверхности рельефа водоупорного слоя моренных суглинков. Засыпанные техногенными грунтами промоины служат местами концентрации потока инфильтрующихся вод и развития супфозионных явлений вблизи и под зданием корпуса. Развитие супфозии, в свою очередь, является причиной неправомерной осадки фундамента и образования трещин в стенах здания.

Динамика ЕП были изучена путем повторной съемки по профилю, пересекающему место наиболее активной супфозии. На рис. 4 показаны графики потенциала ЕП, полученные с разницей в 2 месяца. Форма графиков в целом схожа. Ошибка наблюдений оценивается как $\pm 3,5$ мВ. Видно, что на участке 4–9 пикетов отклонения имеют наибольшую амплитуду – 5–15 мВ. На остальной части профиля величина отклонения не превышает 5 мВ.

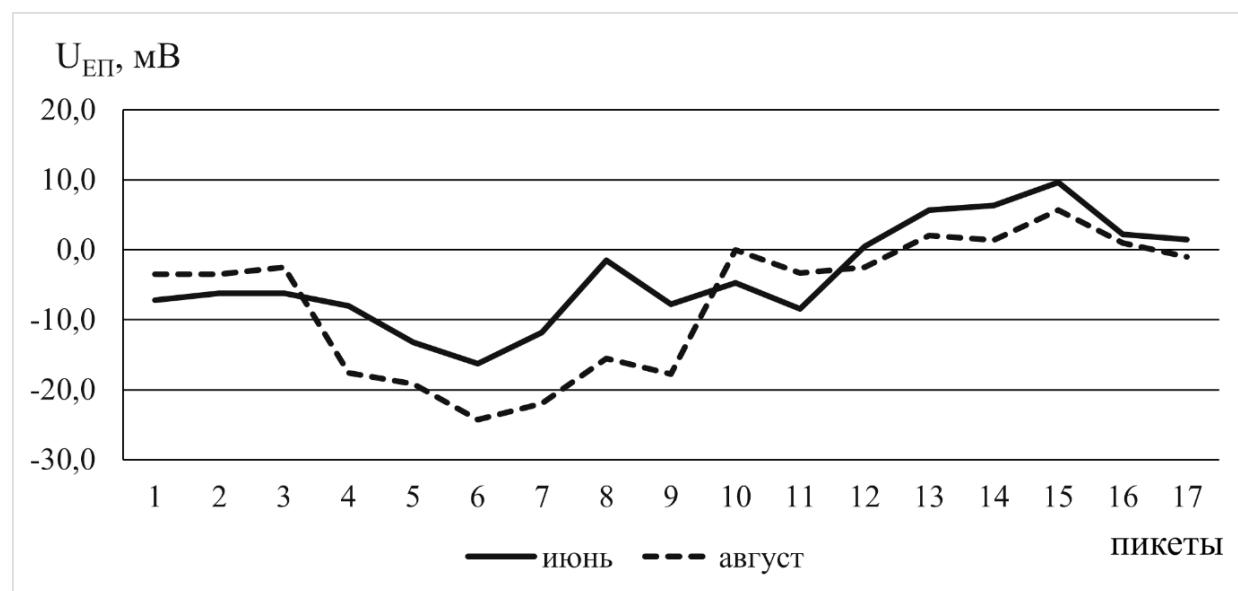


Рисунок 4 – Аномальная динамика потенциала ЕП над супфозионно активным участком

Если в предыдущих случаях рассмотрены геоэлектрические эффекты, обусловленные электрокинетическими явлениями в приповерхностных

водонасыщенных породах, то индикатором более глубинных процессов в зонах разломов выступают временные аномалии гравитационного поля.

Для изучения изменений гравитационного поля на двух участках, различающихся по тектоническому строению и современной геодинамической активности, были проведены повторные гравиметрические съемки. Гравиметрический профиль Костюковка – поселок Вишенский – деревня Зеленые Луки пересекает геодинамически активную зону сочленения трех разломов. Разломной зоне соответствует отрицательная аномалия приращения силы тяжести с амплитудой 2,5–4 мГал. Интерпретация в программе ZondGM2D установила наличие дефицита плотности ($\Delta\sigma_m$) на участке «Костюковка», который относительно соседних участков этого профиля составляет от –0,05 до –0,02 г/см³ и прослеживается до глубины 500 м. В верхней части разреза (до 200 м) в узкой полосе (около 100 м) выявлен дефицит плотности от –0,25 до –0,15 г/см³. Участок «Вишенский», напротив, характеризуется избыточной плотностью от +0,10 до +0,25 г/см³. Гравиметрический профиль по линии улица Песина – улица Тимофеенко (участок «ГГУ») характеризуется гравитационным полем, плавно уменьшающимся в северном направлении (2 мГал на 1,5 км профиля), что, вероятно, обусловлено соответствующим изменением глубины залегания кристаллического фундамента.

Временные изменения приращения силы тяжести ($\Delta\Delta g$) в пунктах повторных наблюдений

с интервалом 2 месяца показаны на рис. 5. На участке Зеленые Луки – Вишенский величина $\Delta\Delta g$ составляет от –0,05 до 0,06 мГал. На участке Вишенский – Костюковка величина $\Delta\Delta g$ резко увеличивается – от –0,09 до 0,31 мГал. Положительная временная аномалия $\Delta\Delta g$ (0,25–0,31 мГал) локализуется в непосредственной близости к зоне пересечения Костюковского, Жлобинского и Гомельского разломов. Величина аномалии $\Delta\Delta g$ существенно превышает погрешность измерений (в 3–10 раз). Пространственно данная аномалия $\Delta\Delta g$ совпадает с ранее установленными аномалиями повышенного содержания водорода в подпочвенной атмосфере и тропосферного метана [7; 9]. По существующим представлениям, динамика приращения силы тяжести обусловлена изменениями плотности в зоне разлома, которые, в свою очередь, объясняются колебаниями газофлюидной компоненты в трещиноватой среде. При этом имеет место парадокс больших скоростей, характерный для современных вертикальных движений земной поверхности, фиксируемых повторными геодезическими изменениями [14; 15]. В отношении гравитационного поля эта закономерность выражается в снижении амплитуды временных колебаний Δg с увеличением времени между измерениями, что объясняется их знакопеременным характером.

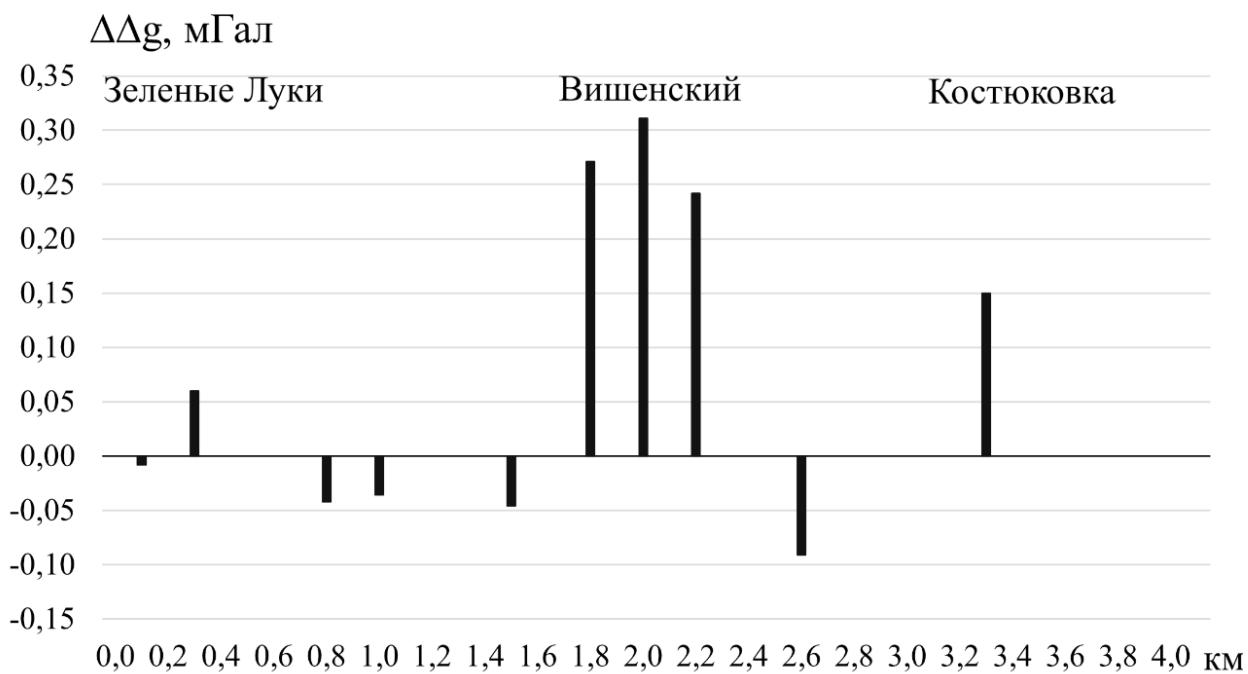


Рисунок 5 – Результаты повторных измерений приращения силы тяжести над геодинамически активной зоной пересечения разломов

На участке «ГГУ» временные изменения приращения силы тяжести в каждом пункте не превышают 0,05 мГал, за исключением одного пункта, находящегося в зоне активной супфузии

(рис. 6). Средняя величина $\Delta\Delta g$ по профилю составила $0,036 \pm 0,008$ (то есть сопоставима с погрешностью измерений). Газогеохимические аномалии на участке «ГГУ» отсутствуют.

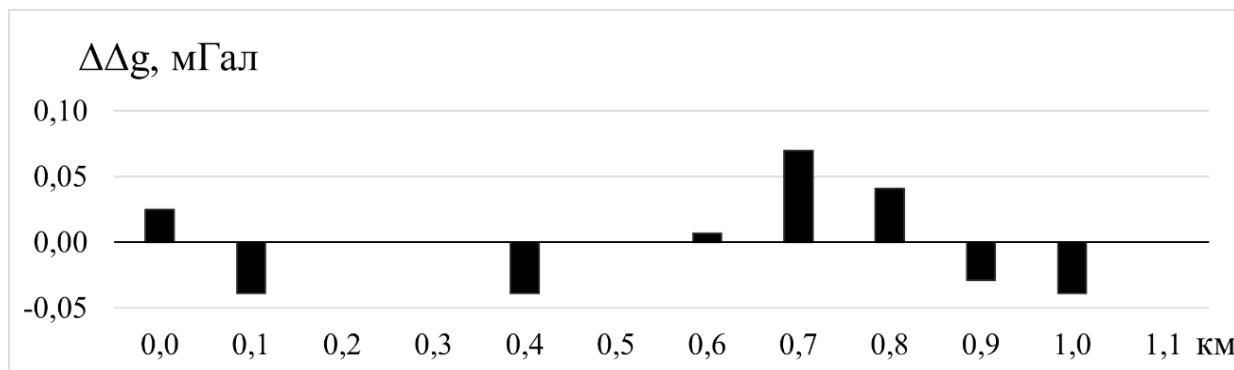


Рисунок 6 – Результаты повторных измерений приращения силы тяжести вне разломных зон

Аналогичные временные аномалии гравитационного поля в сочетании с аномалиями вертикальных движений земной поверхности ранее наблюдались на территории Припятского прогиба [1; 14; 15; 18]. Предполагается, что аномальные колебания гравитационного поля – это результат параметрического индуцирования деформаций разломной зоны, характеризующихся выраженной нелинейностью: малые воздействия вызывают значительную (до 2–3 порядков) деформационную реакцию. Разломная зона представляет собой нелинейный параметрический усилитель деформаций. Аномальные деформационные процессы обусловлены флюктуациями внутренних параметров (коэффициентов жесткости, трения, объема пор и трещин и, соответственно, плотности) внутри самой разломной зоны в условиях региональных квазистатических полей напряжений [14; 15].

Рассмотренные аномальные вариации локальных геофизических полей, возбуждаемые как экзогенными геологическими процессами, так и глубинными проявлениями современной геодинамики, могут служить одним из надежных индикаторов зон повышенной геодинамической опасности. Аномально высокие (превышающие фоновые значения в разы) по амплитуде колебания геофизических полей во времени являются отличительной чертой энергоактивных зон литосферы, отражая нелинейный характер их реакций на внешние воздействия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе выполненных исследований:

проанализирован опыт изучения локальных пространственно-временных аномалий геофизических полей над энергоактивными зонами литосферы;

обоснована методика выявления геодинамически активных зон по аномальной динамике локальных геофизических полей;

зона развития оползневых процессов характеризуется аномальной динамикой естественного электрического поля (амплитуда колебания 10–30 мВ) и кажущегося электрического сопротивления (амплитуда колебания до 90 Ом·м), выявляемой в течение нескольких суток;

зона активной супфузии диагностируется аномальной динамикой естественного электрического поля (амплитуда колебания 5–15 мВ), проявляющейся во временном интервале от нескольких недель до первых месяцев;

активные разломы проявляются в аномальных вариациях гравитационного поля (амплитуда колебаний 0,1–0,3 мГал), фиксируемых в течение первых месяцев;

эффект аномальной динамики локальных геофизических полей имеет высокий потенциал применения для локализации зон проявления опасных экзо- и эндогеодинамических процессов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № X25У3Б-079).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Багдасарова, М. В.** Современная динамика зон разломов нефтегазоносных территорий и новые геодинамические критерии поисков залежей углеводородов / М. В. Багдасарова, В. А. Сидоров // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2002. – № 12. – С. 9–16.
2. **Баласанян, С. Ю.** Динамическая геоэлектрика / С. Ю. Баласанян. – Новосибирск : Наука, 1990. – 232 с.
3. **Баласанян, С. Ю.** Высокочувствительные энергоактивные точки Земли (явление ВЭТ): ключ к дальнейшему пониманию физики землетрясений? / С. Ю. Баласанян // Геология и геофизика. – 2005. – Т. 46, № 1. – С. 83–99.
4. **Бычков, С. Г.** Прикладные задачи гравиметрии при обеспечении безопасности отработки месторождения растворимых солей / С. Г. Бычков, Г. В. Простолупов, Г. П. Щербина // Геофизика. – 2018. – № 5. – С. 4–11.
5. **Бычков, С. Г.** Выявление природных и техногенных разуплотненных зон в подработанном массиве по данным высокоточных гравиметрических наблюдений / С. Г. Бычков, А. А. Симанов, В. В. Хохлова // Геофизика. – 2020. – № 5. – С. 26–30.
6. **Волгина, А. И.** Еще об одной причине нестабильности гравитационного поля над месторождениями углеводородов / А. И. Волгина, В. А. Трофимов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2014. – № 6. – С. 51–54.
7. **Гумен, А. М.** Газогеохимические индикаторы геодинамической активности глубинных разломов на юго-востоке Беларуси / А. М. Гумен, А. П. Гусев // Літасфера. – 1997. – № 6. – С. 140–149.
8. **Гусев, А. П.** Индикаторы активных разломов (на примере Гомельской структурной перемычки) / А. П. Гусев // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2024. – Т. 66, № 1. – С. 35–44. doi: 10.32454/0016-7762-2024-66-1-35-44.
9. **Гусев, А. П.** Газогеохимические индикаторы геодинамически активных зон / А. П. Гусев // Літасфера. – 2025. – № 1. – С. 145–154.
10. **Иваненкова, А. П.** Исследования геологической информативности суточной динамики естественных электрических и магнитных полей Земли на рудных объектах / А. П. Иваненкова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – Вып. 4. – С. 186–199.
11. **Иваненкова, А. П.** Исследования геологической информативности метода естественного электрического поля в динамическом варианте на безрудном объекте (на примере Муйского тоннеля БАМ) / А. П. Иваненкова, А. П. Карасев // Вестн. ИрГТУ. – 2007. – № 4 (32). – С. 58–69.
12. **Киссин, И. Г.** «Чувствительные зоны» земной коры как проявления межблоковых взаимодействий / И. Г. Киссин // Доклады академии наук. – 2006. – Т. 407, № 3. – С. 394–399.
13. **Киссин, И. Г.** Новые данные о «чувствительных зонах» земной коры и формирование предвестников землетрясений и постсейсмических эффектов / И. Г. Киссин // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 48, № 5. – С. 548–565.
14. **Кузьмин, Ю. О.** Современная геодинамика разломных зон: разломообразование в реальном масштабе времени / Ю. О. Кузьмин // Geodynamics & Tectonophysics. – 2014. – Vol. 5 (2). – P. 401–443. DOI: 10.5800/GT-2014-5-2-0135.
15. **Кузьмин, Ю. О.** Современная геодинамика опасных разломов / Ю. О. Кузьмин // Физика Земли. – 2016. – № 5. – С. 87–101. DOI: 10.7868/S0002333716050070.
16. **Лобанов, А. М.** Перспективы гравиметрии при изучении динамически нестабильных геологических объектов / А. М. Лобанов, В. В. Романов // Разведка и охрана недр. – 2015. – № 7. – С. 43–46.
17. **Прогноз** нефтегазоносности и предвестники сейсмических событий по временным изменениям геофизических полей / В. А. Паровышний [и др.] // Уральский геофизический вестник. – 2009. – № 2. – С. 57–65.
18. **Сидоров, В. А.** Современная геодинамика и нефтегазоносность недр / В. А. Сидоров // Геология и охрана недр. – 2019. – № 2. – С. 38–50.
19. **Современные** геодинамически активные зоны платформ / В. И. Макаров [и др.] // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогоеология. Геокриология. – 2007. – № 2. – С. 99–110.
20. **Спивак, А. А.** Проявления разломных зон в геофизических полях / А. А. Спивак // Geodynamics & Tectonophysics. – 2014. – Vol. 5 (2). – P. 507–525.
21. **Структура** поверхности кристаллического фундамента Гомельской структурной перемычки и сопредельных территорий / Р. Г. Гарецкий [и др.] // Літасфера. – 2018. – № 1 (48). – С. 19–29.

АНАМАЛЬНАЯ ДЫНАМИКА ЛАКАЛЬНЫХ ГЕАФІЗІЧНЫХ ПАЛЁЎ ЯК ІНДЫКАТАР ГЕАДЫНАМІЧНАЙ БЯСПЕКІ

А. П. Гусеў

Гомельскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Ф. Скарыны
вул. Савецкая, 104, 246028, Гомель, Беларусь
E-mail: andi_gusev@mail.ru

Мэта работы – вывучэнне аномальных прасторава-часавых варыяцый лакальных геафізічных палёў у геадынамічна актыўных зонах. Задачы, якая вырашаюца: аналіз вопыту даследавання аномальнай дынамікі геафізічных палёў; распрацоўка методыкі вывучэння аномальных варыяцый лакальных геафізічных палёў; выяўленне прасторава-часавых аномалій геафізічных палёў, абумоўленых экзагеадынамічнымі працэсамі; выяўленне прасторава-часавых аномалій геафізічных палёў, абумоўленых сучаснай геадынамічнай актыўнасцю ў зонах разломаў. Выкарыстаныя метады: электрычнае прафіляванне і вертыкальнае электрычнае зандзіраванне метадам супраціўлення, метад натуральнага электрычнага поля, гравіметрыя. Зона развіцця апоўзня харктарызуеца аномальнай дынамікай натуральнага электрычнага поля (амплітуда вагання 10–30 мВ) і ўяўнага электрычнага супраціўлення (амплітуда вагання да 90 Ом·м), якая выяўляеца на працягу некалькіх сутак. Зона актыўнай супфазі ў тэхнагенных грунтах дыягностуеца аномальнай дынамікай натуральнага электрычнага поля (амплітуда вагання 5–15 мВ), якая прайяўляеца ў часавым інтэрвале ад некалькіх тыдняў да першых месяцаў. Актыўныя разломы выяўляюца ў аномальных варыяцыях гравітацыйнага поля (амплітуда вагання 0,1–0,3 мГал).

Ключавыя слова: геафізічныя палі, аномальная дынаміка, экзагенная геадынаміка, апоўзень, супфазі, натуральнае электрычнае поле, гравіметрыя, зоны разломаў.

ANOMALOUS DYNAMICS OF LOCAL GEOPHYSICAL FIELDS AS AN INDICATOR OF GEODYNAMIC HAZARD

A. Gusev

F. Skorina Gomel State University
104 Sovetskaya St, 246028, Gomel, Belarus
E-mail: andi_gusev@mail.ru

The aim of the work is to study anomalous spatio-temporal variations of local geophysical fields in geodynamically active zones. The tasks to be solved: analysis of experience in studying anomalous dynamics of geophysical fields; development of a methodology for studying anomalous variations of local geophysical fields; identification of spatio-temporal anomalies of geophysical fields caused by exogeodynamic processes; identification of spatio-temporal anomalies of geophysical fields caused by modern geodynamic activity in fault zones. The methods used: electrical profiling and vertical electrical sounding using the resistance method, natural electric field method, gravimetry. The landslide development zone is characterized by anomalous dynamics of the natural electric field (oscillation amplitude of 10–30 mV) and apparent electrical resistance (oscillation amplitude up to 90 Ohm m), detected over several days. The zone of active suffusion in technogenic soils is diagnosed by anomalous dynamics of the natural electric field (oscillation amplitude of 5–15 mV), manifested in a time interval from several weeks to the first months. Active faults are manifested in anomalous variations of the gravitational field (oscillation amplitude of 0,1–0,3 mGal).

Keywords: geophysical fields, anomalous dynamics, exogenous geodynamics, landslide, suffusion, natural electric field, gravimetry, fault zones.

КАРОТКІЯ ПАВЕДАМЛЕННІ • КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ • RESEARCH BRIEFS

УДК 551.79:550.42(476)
<https://doi.org/10.65207/1680-2373-2025-2-126-131>

О ПОСТУПЛЕНИИ РАДОНА К ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ЖИДКИМИ АТМОСФЕРНЫМИ ОСАДКАМИ

М. И. Автушко¹, А. В. Матвеев², С. А. Исаченко¹, П. Н. Короткевич¹

¹Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларусь»
ул. Федюнинского, 4, 246007, Гомель, Беларусь

E-mail: awtushka.m@gmail.com

²Государственное научное учреждение «Институт природопользования Национальной академии наук Беларусь»
ул. Франциска Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь

Выполнены измерения концентрации радона в воде весенне-летне-осенних дождей (2022–2024 гг.). Установлена зависимость уровней поступления радона на земную поверхность с жидкими атмосферными осадками (ЖАО) от направления ветров, несущих дождевые облака. Представленные результаты исследования иллюстрируют роль ЖАО в переносе радона из атмосферы к земной поверхности и дают количественную характеристику одного из реальных путей его стока, который не учитывается в современных моделях массопереноса атмосферных поллютантов.

Ключевые слова: радон, дочерние продукты распада радона (ДПР), жидкие атмосферные осадки, сток радона из атмосферы.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время радон широко используется при обосновании моделей переноса аэрозольных, газообразных и иных атмосферных загрязнителей как трассер, концентрация которого в воздухе считается не подверженной существенным изменениям под влиянием обычных атмосферных факторов. Радоновый метод оценки переноса загрязняющих веществ в атмосфере состоит в сравнении одновременно измеряемых концентраций компонентов: газа-трассера (^{222}Rn) с предположительно известными источниками и стоками и вещества-поллютанта (газа или аэрозоля), параметры переноса (потока) которого требуется определить. Кроме того, использование радона в качестве маркера эмиссии газов из почвы позволяет оценивать следовые выбросы парниковых газов, происходящие с больших территорий.

Поскольку радон химически инертен, то он не вступает в реакции с атмосферными газами, с любыми аэрозольными или иными химическими компонентами и не уходит из атмосферы с продуктами таких реакций, как это происходит с другими газовыми компонентами атмосферы. Растворимость радона в воде относительно низка (коэффициент растворимости $K_p \approx 0,5$ при температуре 0 °C, $K_p \approx 0,25$ при 20 °C). На этом основании принято считать, что радон не очень

чувствителен к процессам влажного удаления из атмосферы и что единственный сток его из атмосферы – радиоактивный распад [7; 8; 9]. Возможность иных путей количественно значимого стока радона из атмосферы в настоящее время не изучается и не обсуждается, хотя данные о том, что радиоактивные инертные газы (ксенон, аргон) могут активно вымываться из атмосферы и доставляться к земной поверхности с дождем, получены еще в 60-е годы прошлого века [2; 4; 5].

В настоящем сообщении показаны результаты исследования параметров реального выноса (стока) радона и его дочернего продукта ^{214}Pb из атмосферы с жидкими атмосферными осадками при различных направлениях ветровых потоков, несущих дождевые облака.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Обычно при построении моделей переноса согласовано предполагается, что поступление ^{222}Rn в атмосферу распределено более или менее равномерно по континенту со скоростью эмиссии 1 атом с 1 см² в секунду и равно нулю на морской поверхности [6; 9]. Вместе с тем существует разнообразие подходов к применению данных по радону, что обычно объясняется различиями в пространственном и временном разрешении между глобальными и региональными моделями. Однако эти различия

могут быть также связаны с дефицитом подходящих данных и, как следствие, с нереалистичными граничными условиями модели. Необходимость знания точных значений эмиссий парниковых и химически активных газов требует адекватного отношения к оценкам эмиссии ^{222}Rn [3; 9]. Отсутствие достоверных данных о процессах и факторах миграции радона из атмосферы является одной из причин нерелевантной интерпретации закономерностей и условий формирования его концентраций, зависящих от уровня эмиссии с земной поверхности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования атмосферного массопереноса радона выполнялись на экспериментальной радонометрической площадке Института радиобиологии НАН Беларусь (г. Гомель). Дождевую воду собирали в плоскую пластиковую емкость и после накопления количества, достаточного для гамма-спектрометрического анализа (≥ 100 мл), сливали в калиброванный сосуд, герметизировали крышку пластилином и передавали в лабораторию. Определение концентрации радона в дождевой воде производилось по результатам измерения удельной активности (УА) его гамма-излучающего ДПР – ^{214}Pb по линии с энергией $E = 351,9$ кэВ, квантовый выход $\eta = 37\%$, с использованием гамма-спектрометра Tennelec с полупроводниковым hpGe -детектором. Время экспозиции водосборной емкости зависело от интенсивности дождя и колебалось в пределах 5–35 мин. В течение отрезка времени, соответствующего отбору пробы дождевой воды, фиксировалось направление ветра и измерялась температура воды спиртовым термометром, находящимся в водосборной емкости.

Система расчета концентрации радона по данным об измеренной концентрации его ДПР основана на представлении, что количество ^{214}Pb в дождевой воде состоит из двух пулов – атмосферного (Pb_{at}), образованного при распаде радона еще в атмосфере и захваченного в аэрозольной форме дождовыми каплями на пути к земной поверхности, и радонового (Pb_{Rn}), который образуется из радона, вынесенного дождем из атмосферы, непосредственно в пробе дождевой воды. Химически инертные атомы радона и атомы его дочернего продукта ^{214}Pb , находящиеся в атмосфере преимущественно в аэрозольной форме, сорбируются дождовыми

каплями с разной интенсивностью, и уже по этой причине можно ожидать существенное нарушение равновесия между радоном и его ДПР в выпадающей на земную поверхность дождевой воде. Следовательно, прямое определение радона по результатам гамма-спектрометрического определения УА его ДПР в дождевой воде не может дать достоверных результатов. С учетом сказанного, определение УА Pb_{at} в пробах дождевой воды выполняли через три часа после отбора проб. Период полураспада радионуклида составляет 27,06 мин, то есть за 3 часа ($\approx 6,65$ периода полураспада ^{214}Pb) атмосферный Pb_{at} , собированный дождевой водой в ионной форме, распадается до незначимой величины ($\sim 1,5\%$ от исходного количества), не превышающей инструментальную ошибку его определения. Результат измерения показывает только количество Pb_{Rn} , который за это время придет в равновесие с радоном, содержащимся в пробе дождевой воды, и измеренная УА радионуклида будет соответствовать активности радона.

Однако в ходе исследований было установлено, что при разбрзгивании дождевых капель, падающих на твердые поверхности (на грунт, на стебли, листья растений и т. д.) или даже на водную поверхность в водосборной емкости, существенная часть содержащегося в них радона выделяется в приземный воздух, тогда как Pb_{at} , находящийся в дождевой воде в ионной форме, остается в растворе. Поэтому в пробах дождевой воды соотношение между радоном и Pb_{Rn} будет существенно искаженным по сравнению изначальным соотношением количества этих компонентов в дожде, а измеряемое нами количество ДПР отражает только остаточное количество радона ($\text{Rn}_{\text{ост}}$).

Для учета потерь радона за счет барботирования каплями дождя и для более полной оценки его содержания в выпадающих ЖАО применялась методика сбора дождевой воды, основанная на использовании мягкой пластиковой водосборной емкости – объемного (160 л, высотой 1,2 м) пластикового мешка. При падении капель дождя на вертикальные стенки мешка эффект барботирования ограничен, а выделяющийся из капель радон, благодаря тяжести его молекул (в 7,5 раза превышающих массу молекул воздуха), преимущественно остается в мешке. После завершения отбора пробы в мешок помещается включенный радиометр аэрозолей РРА-10, мешок плотно завязывается. Количество радона, выделившееся в воздух единицей объема дождевой воды, определяется по соотношению:

$$Rn_{\text{возд}} = (Rn_{\phi} - Rn_{\text{в}}) / V_d, \quad (1)$$

где Rn_{ϕ} – количество радона, сорбированного фильтром радиометра (Бк); $Rn_{\text{в}}$ – количество радона в исходном воздухе в объеме измерительного мешка (Бк); V_d – объем пробы дождевой воды (л). Измеренные таким образом значения концентрации радона, поступающего в воздух измерительного мешка из дождевой воды вследствие барботирования (Rn_6), суммируются со значениями, полученными при определениях остаточного радона в дождевой воде, и дают приближенную общую оценку количества атмосферного радона, приносимого дождем к земной поверхности:

$$Rn_{\text{ат}} = Rn_6 + Rn_{\text{ост}}. \quad (2)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные авторами результаты определения концентрации радона в воде дождей 2022–2024 гг. ($Rn_{\text{ат}}$ Бк/л) показаны в таблице. Приведенные данные свидетельствуют, что среднемноголетнее значение остаточной концентрации радона в дождевой воде ($Rn_{\text{ост}}$), измеренной через 3 ч после завершения

отбора проб, составляло 14 ± 24 Бк/л. Средняя величина количества радона (Rn_6), выделяющегося из падающей дождевой воды, оцененная по результатам измерений методом «мешка», составила 90 ± 165 Бк/л. Сумма этих величин, характеризующая исходную концентрацию радона в выпадающих ЖАО, составляет 105 ± 189 Бк/л, что соответствует среднемноголетнему количеству ^{222}Rn , поступающему к земной поверхности с каждым миллиметром ЖАО. В результате в регионе г. Гомеля, находящегося в среднеширотной субконтинентальной климатической зоне, при среднегодовом количестве ЖАО 600 мм вынос (сток) радона из атмосферы спорадически выпадающими дождями может быть количественно оценен в 113 кБк/м^2 в год, что соизмеримо с плотностью потока радона из грунтов экспериментальной радионометрической площадки – $5,8 \pm 2 \text{ мБк}/(\text{м}^2\text{с})$, то есть $\sim 180 \text{ кБк/м}^2$ в год.

Максимальная концентрация радона фиксируется в дождевой воде, принесенной субконтинентальными южными и юго-восточными ветрами, минимальной концентрацией обоих радионуклидов отличаются северо-западные и западные дожди, принесенные субатлантическими ветрами (рис. 1).

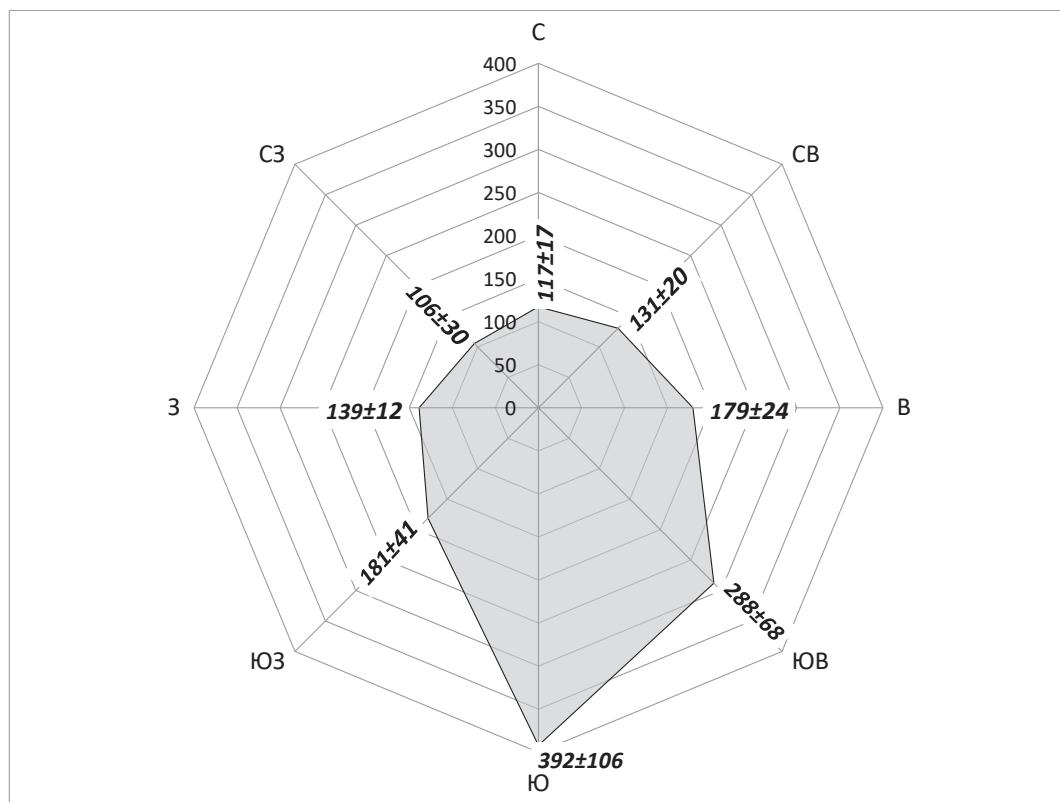


Рисунок 1 – Среднемноголетняя (2022–2024 гг.) концентрация радона в дождях (Бк/л)

Таблица – Концентрация ^{222}Rn и ^{214}Pb в дождевой воде (Бк/л)

Направление ветра	2022 г.				2023 г.				2024 г.			
	Rn_6	R_{oct}	Rn_{at}	^{214}Pb	Rn_6	R_{oct}	Rn_{at}	Pb_{Rn}	Rn_6	R_{oct}	Rn_{at}	Pb_{Rn}
С	91	13±1	104	113±50	98	14±6	112	189±116	119	17±1	136	139
СВ	133	19±4	152	118±36	112	16±1	128	147±68	98	14±7	112	152
В	168	24±7	192	187±21	168	24±4	194	306±48	133	19±9	152	167±117
ЮВ	308	44±26	352	306±23	189	27±8	216	461±147	259	37±11	296	293±116
Ю	378	54±11	432	376±101	238	34±18	272	327±135	413	59±22	472	442±220
ЮЗ	189	27±16	216	209±78	119	17±11	136	290±6	168	24±7	192	241±42
З	112	16±11	128	112±45	133	19±4	152	122±39	119	17±4	136	81±38
СЗ	56	7±4	64	63±27	111	14±9	123	71±9	77	11±3	88	70±35
Ср. значение	179±111	26±16	205±127	186±108	146±47	21±7	167±56	239±129	173±112	25±16	198±127	198±124
Количество измерений	60				33				36			

Существенная часть радона, принесенного с ЖАО в приповерхностный грунт, в последующие бездождевые периоды склонна к диффузионному (или с испаряющейся влагой) поступлению обратно в атмосферный воздух, отражая таким образом своеобразный круговорот радона в приземной атмосфере.

Из представленных данных следует, что реальная эмиссия радона с земной поверхности в атмосферу может существенно превышать значения, обычно оцениваемые по локальным и региональным измерениям потока радона из грунта. Принос радона к земной поверхности спорадически выпадающими ЖАО может служить основной причиной появления аномальных значений эмиссии (плотности потока) радона, не подтверждаемых последующими повторными измерениями, как это показано исследованиями [8; 9]. Вследствие этого реальные параметры эмиссии радона из грунта в атмосферу значительно отличаются от предполагаемых фоновых, а исходные соотношения концентраций радона и газового или аэрозольного компонента, перенос которого исследуется, не предсказуемо нарушаются, искажая результаты модельных построений. В этой связи оценка влияния ЖАО на уровни концентрации радона в приземном атмосферном воздухе и в приповерхностных грунтах и на вариабельность его эмиссии с земной поверхности в атмосферу представляется необходимой для обоснования достоверности моделей

атмосферного массопереноса веществ, основанных на использовании радона как базового трассера. Использование показанного подхода к интерпретации стока радона с ЖАО необходимо также для обеспечения достоверности оценок радоноопасности селитебных территорий, одним из критериев которой является уровень плотности потока радона из грунта в атмосферный воздух.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты предпринятого в настоящей работе изучения содержания радона в дождевой воде иллюстрируют реальную роль ЖАО в миграционном переносе радионуклида из атмосферы к земной поверхности и дают количественную характеристику одного из реально существующих путей его стока, который не учитывается в современных моделях переноса загрязняющих веществ или парниковых газов. Показано, что уровни стока радона с ЖАО связаны с направленностью ветровой турбулентности атмосферы, что свидетельствует о необходимости учета также и этого фактора при построении моделей. Кроме того, существенные различия в содержании радона в дождевой воде, приносимой ветрами различной направленности, указывают на вероятную нерелевантность оценок скоростей эмиссии радона, принимаемых при построении моделей переноса, а также используемых при оценке радоноопасности территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аномалии плотности потока радона на территории Москвы / П. С. Микляев [и др.] // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2017. – № 5. – С. 39–47.
2. К вопросу о возможной корреляции концентраций долгоживущих продуктов распада радона в приземном воздухе с атмосферной циркуляцией / Б. Й. Лукшене [и др.] // Физика атмосферы : сб. науч. тр. / Литовская академия наук, Институт физики. – Вильнюс, 1977. – Вып. 3. – С. 15–26.
3. Наблюдения состава атмосферы над Россией: эксперименты TROICA / Н. Ф. Еланский [и др.] // Извест. РАН. Физика атмосферы и океана. – 2021. – Т. 57, № 1. – С. 79–98. DOI: 10.31857/S0002351521010041.
4. Оценка вымывания радиоактивных инертных газов облаками и дождем / Д. Ю. Блувштейн [и др.] // Физика атмосферы : сб. науч. тр. / Литовская академия наук, Институт физики. – Вильнюс, 1986. – Вып. 11. – С. 115–119.
5. Стыро, Б. И. Распределение радиоактивности на каплях дождя / Б. И. Стыро, С. А. Гарбалиускас // Исследование процессов самоочищения атмосферы от радиоактивных изотопов : сб. докл., прочит. на совещ. в Паланге 7–9 июня 1966 г. / под ред. Б. И. Стыро. – Вильнюс : Минтис, 1968. – С. 2340.
6. Conen, F. Latitudinal distribution of radon-222 flux from continents / F. Conen, L. B. Robertson // Tellus B: Chemical and Physical Meteorology. – 2002. – Vol. 54 (2). – P. 127–133. DOI: 10.3402/tellusb.v54i2.16653.
7. Josse, B. Radon global simulations with the multiscale chemistry and transport model MOCAGE / B. Josse, P. Simon, V.-H. Peuch // Tellus B: Chemical and Physical Meteorology. – 2004. – Vol. 56 (4). – P. 339–356. DOI: 10.3402/tellusb.v56i4.16448.
8. Radon Emissions to the Atmosphere and their use as an Atmospheric Tracer [electronic resource] / L. B. Robertson. – Edinburgh : University of Edinburgh, 2004. – 237 p. – URL: <https://www.researchgate.net/>

publication/319541881_Radon_emissions_to_the_atmosphere_and_their_use_as_an_atmospheric_tracer (date of access: 05.06.2024).

9. Zahorowski, W. Ground based radon-222 observations and their application to atmospheric studies / W. Zahorowski, S. D. Chambers, A. Henderson-Sellers // Journal of Environmental Radioactivity. – 2004. – Vol. 76 (1-2). – P. 3-33. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2004.03.033.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 25.07.2025

Рэцэнзент У.М. Шымановіч

АБ ПАСТУПЛЕННІ РАДОНУ ДА ЗЯМНОЙ ПАВЕРХНІ З ВАДКІМІ АТМАСФЕРНЫМІ АПАДКАМІ

М. І. Аўтушка¹, А. В. Мацвеев², С. І. Ісачанка¹, П. Н. Карапкевіч¹

¹Дзяржаўная навуковая ўстанова «Інстытут радыёбіялогіі Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі»
вул. Федзюнінскага, 4, 246007, Гомель, Беларусь

E-mail: awtushka.m@gmail.com

²Дзяржаўная навуковая ўстанова «Інстытут прыродакарыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі»
вул. Францыска Скарыны, 10, 220076, Мінск, Беларусь

Асаблівасці паступлення радону да зямной паверхні з дажджавой вадой вывучаліся на эксперыментальнай радонаметрычнай пляцоўцы Інстытута радыёбіялогіі НАН Беларусі (г. Гомель). Работы выконваліся ў вясенне-летні-асенні перыяд 2022–2024 гг. Канцэнтрацыя радону ў вадзе ацэньвалася па ўдзельнай актыўнасці яго дачынага прадукту распаду ^{214}Pb з выкарыстаннем спектраметрычнага комплексу МКС АТ6101ДР і гама-спектрометра *Tempelc* з паўправадніковым hrGe -дэтэктарам па лініі з энергіяй $\mathcal{E} = 351,9$ кэВ. Усяго выканана 60 аналізаў у 2022 г., 33 і 36 аналізаў у 2023 і 2024 гг. адпаведна. Устаноўлена, што канцэнтрацыя радону ў пробах вады змянялася ў інтэрвале 7–59 Бк/л, а сярэдняя велічыня выносімага да зямной паверхні радону з вадкімі ападкамі складала 14 ± 24 кБк/м² за год. Таксама высветлена, што максімальная велічыня радону прыносіліся аблокамі з поўдня і паўднёвага ўсходу (сярэдняя велічыня 106 ± 392 і 288 ± 68 Бк/л адпаведна), а мінімальная – з захаду, паўночнага захаду і з поўначы (139 ± 12 , 92 ± 30 і 117 ± 17 Бк/л). Атрыманыя даныя важна ўлічваць пры харэктарыстыцы радонанебяспекі ўрбанізаваных тэрыторый і пры абрэгрунтаўванні мадэлей масапераносу атмасферных палютантаў.

Ключавыя слова: радон, дачынныя прадукты распаду радону (ДПР), вадкія атмасферныя ападкі, сцёк радону з атмасфэры.

ON THE ENTRY OF RADON TO THE EARTH'S SURFACE WITH LIQUID PRECIPITATION

М. І. Autushka¹, А. В. Matveyev², С. А. Isachenko¹, P. N. Korotkevich¹

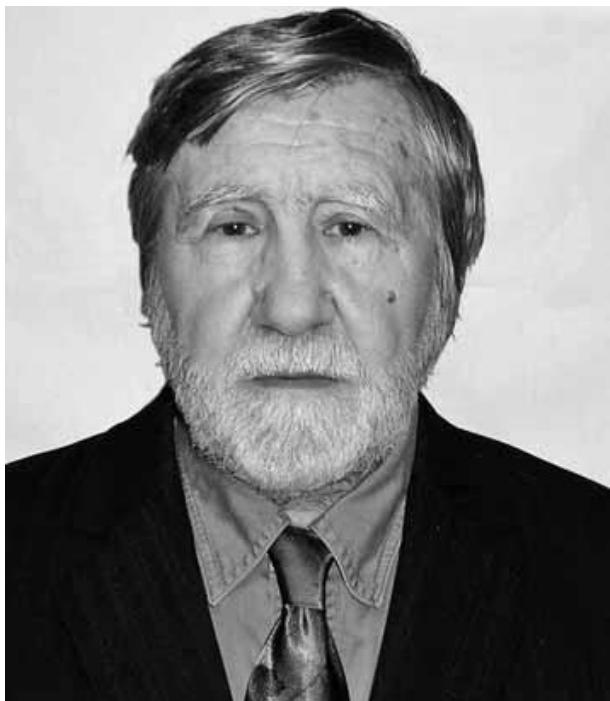
¹Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus
4 Fedyuninsky St, 246007, Gomel, Belarus
E-mail: awtushka.m@gmail.com

²Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
10 F. Skoriny St, 220076, Minsk, Belarus

Significant differences in radon content in rainwater carried by winds of different directions have been identified, indicating the likely inaccuracy of estimates of radon emission rates from the Earth's surface used in models of atmospheric transport of pollutants or greenhouse gases that use radon as a baseline tracer. A dependence of radon input to the Earth's surface via liquid atmospheric precipitation (LIP) on the wind direction carrying rain clouds is demonstrated, demonstrating the need to consider this factor when constructing models. The presented research results illustrate the role of LIP in radon transport from the atmosphere to the Earth's surface and provide a quantitative characterization of one of the real pathways for its runoff, which is not considered in current models of atmospheric pollutant transport.

Keywords: radon, daughter products of radon (DPR), liquid atmospheric precipitation, radon runoff from the atmosphere.

ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ НАЙДЕНКОВ (К 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



18 октября 2025 г. исполнилось 85 лет Игорю Васильевичу Найденкову, известному ученому, кандидату геолого-минералогических наук, внесшему неоценимый вклад в дело изучения геологии докембра.

И. В. Найденков родился в г. Тарту, Эстония. После окончания средней школы поступил в 1957 г. в Ленинградский государственный университет, который окончил в 1962 г., приобретя первые сведения о геологии. В 1963 г. Игорь Васильевич приступил к самостоятельной работе в Ленинградской геологоразведочной партии Северо-Западного геологического управления. В этом же году был направлен на работу в Республику Мали, где работал техником-геологом-переводчиком в Сахаре и на юго-западе республики, занимаясь поисково-оценочными работами на рудопроявлениях полиметаллических руд, поисками россыпных и коренных месторождений золота и разведкой месторождения литиевых пегматитов.

Дальнейший научный путь был связан с Беларусью, когда в 1965 г. И. В. Найденков начал работать в Минске (БелНИГРИ) в должности старшего инженера сектора стратиграфии и палеонтологии. В 1967 г. был направлен в группу советских геологов, где ему пришлось заниматься ревизионными работами на различные виды рудных полезных ископаемых и доразведкой месторождения барита в Алжирской НДР.

Вернувшись в Минск в 1969 г., И. В. Найденков продолжил работу в должности младшего научного сотрудника, затем научного сотрудника в отделе твердых полезных ископаемых БелНИГРИ, расширяя свой научный интерес в области петрографии, геохимии и металлогении метаморфических и магматических пород, а также в проблемах стратиграфии, тектоники, истории развития земной коры и рудоносности раннего докембра. С его участием была разработана стратиграфическая схема нижнего докембра Беларуси, построены различные карты фундамента (геологические, тектонические, формационные, метаморфических фаций, прогнозно-металлогенические).

В 1982 г. после успешной защиты в Московском государственном университете кандидатской диссертации «Архей Белорусского массива (проблемы строения и черты петрогенезиса на примере пород основного состава)» Игорь Васильевич работал в должности старшего научного сотрудника, а с 1986 по 1989 г. – заведующим сектором геологии и металлогении кристаллического фундамента БелНИГРИ. В 1989 г. перешел в Институт геохимии и геофизики АН БССР, где стал работать заведующим лабораторией геологии раннего докембра (сейчас – отдел геологии и минерагении кристаллического фундамента).

Игорь Васильевич Найденков посвятил свою жизнь науке и прошел большой и плодотворный путь, его всегда отличала широта научных интересов в геологии докембра Беларуси и других регионов мира. На протяжении многих лет он участвовал в выполнении ряда проектов республиканских и международных программ по изучению Восточно-Европейской платформы, являясь автором более 160 научных работ (в том числе соавтором 9 монографий) и 40 научных отчетов и других рукописных работ. Подготовил кандидата наук.

С участием И. В. Найденкова были подготовлены такие научные труды, как «Палеотектоника Белоруссии» (1983), «Химический состав породообразующих минералов кристаллического фундамента Беларуси» (1997), «Геология Беларуси» (2001), «Карта кристаллического фундамента. М-б 1: 2000000. Нацыянальны атлас Беларусі» (2002), «Разломы земной коры Беларуси» (2007), которые широко используются в разных геологических организациях не только нашей страны, но и зарубежья.

Игорь Васильевич обладает широкой научной эрудицией, интеллигентностью, трудолюбием,

доброжелательностью. Увлеченность переводами с французского языка художественных произведений сделала его имя широко известным в литературных кругах Беларуси.

Сейчас Игорь Васильевич на заслуженном отдыше, но всегда интересуется делами его родного

отдела. Коллеги сердечно поздравляют юбиляра, желают крепкого здоровья, счастья, оптимизма и успеха в реализации разнообразных интересов!

*А. А. Толкачикова, Н. А. Кожемякина,
редколлегия*

ЮБІЛЕІ · ЮБІЛЕИ · ANNIVERSARIES

ЕЛЕНА ЮРЬЕВНА ТРАЦЕВСКАЯ (К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



31 октября 2025 г. исполнилось 70 лет кандидату геолого-минералогических наук, доценту Елене Юрьевне Трацевской.

Елена Юрьевна окончила Гомельский государственный университет в 1979 г. по специальности «Гидрогеология и инженерная геология». После получения диплома работала в тресте «Белнефтегазразведка» – в 1979–1980 гг., в Белорусском институте инженеров железнодорожного транспорта (позже Белорусский государственный университет транспорта) – в 1980–1999 гг. Обучалась и успешно завершила аспирантуру Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова по специальности «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение». В 1989 г. Елена Юрьевна защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по теме «Закономерности изменения свойств неводонасыщенных песков и супесей в условиях техногенных динамических воздействий». В ходе преподавательской работы удостоена звание доцента.

В 1999 г. Елена Юрьевна была назначена на должность заведующего кафедрой геологии и разведки полезных ископаемых. В течение 16 лет под ее непосредственным руководством осуществлялся образовательный процесс на специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых», воспитательно-идеологическая, учебно-методическая и научная работы кафедры.

Благодаря усилиям Елены Юрьевны в рамках специальности 1-510101 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» были открыты специализации 1-51010102 «Геофизические методы поисков и разведки», 1-51010103 «Гидрогеология и инженерная геология», 1-51010104 «Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений». Организована подготовка специалистов в магистратуре по специальности «Общая и региональная геология». Большое внимание Елена Юрьевна уделяла обновлению материально-технической базы кафедры. Был создан компьютерный класс – лаборатория геоинформационных систем, модернизированы лаборатории грунтоведения и почвоведения, палеонтологии, общей геологии, петрографии. Под руководством и при непосредственном участии Елены Юрьевны приобрел презентабельный облик, уникальный для региона, геологический музей Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины, где представлены богатейшие коллекции минералов и горных пород. Благодаря Елене Юрьевне в настоящее время геологический музей является публичным (общедоступным) идеологическим, учебно-научным, научно-просветительным подразделением кафедры геологии и географии, а также государственным хранилищем минеральных объектов и памятников естественной истории, представляющих историческую и познавательную ценность.

В период 2015–2025 гг. Елена Юрьевна работала доцентом кафедры геологии и географии и показала себя прекрасным педагогом, который умеет увлечь студентов и вдохновить их на собственные научные открытия.

Научные интересы Елены Юрьевны – инженерная геология, изучение закономерностей формирования геологических опасностей Беларуси и оценка геологических рисков. Она является автором более 90 научных и учебно-методических работ, в том числе монографий «Инженерно-геологические условия города Гомеля» (2005), «Закономерности формирования геологических опасностей Беларуси» (2008), «Геология Туркменистана» (2025).

Елена Юрьевна значительное внимание уделяла подготовке учебных пособий. Среди наиболее важных – «Региональная инженерная геология Беларуси и зарубежных стран» (2008), «Общая геология» (2009), «Инженерная геология» (2017), «Инженерно-геологические изыскания. Методы статистической обработки» (2019), «Геология Беларуси и ближнего зарубежья» (2021), «Инженерная геодинамика»

(2022), «Общая геология. Геологические колонки и разрезы» (2024). В 2022 г. книга «Геология Беларуси и ближнего зарубежья» была рекомендована в качестве учебного пособия Министерством образования Республики Беларусь.

За добросовестную и успешную работу Елена Юрьевна награждена грамотой Министерства образования Республики Беларусь (2001), Почетной грамотой Министерства образования

Республики Беларусь (2007), Почетной грамотой Совета Министров Республики Беларусь (2009).

Коллеги и друзья от всей души поздравляют Елену Юрьевну с 70-летием и желают крепкого здоровья, неиссякаемой энергии, бодрости духа, новых творческих идей.

Коллеги, друзья, редколлегия

ВАЛЕНТИНА ПЕТРОВНА ЗЕРНИЦКАЯ
(К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



31 июля 2025 г. исполнилось 70 лет известному белорусскому палинологу, доктору географических наук, доценту, главному научному сотруднику лаборатории современной геодинамики и палеогеографии Института природопользования НАН Беларуси **Валентине Петровне Зерницкой**.

Валентина Петровна родилась в г. Минске. В 1978 г. окончила географический факультет Белорусского государственного университета имени В. И. Ленина и начала свою научную карьеру в лаборатории динамики ландшафтов Института геохимии и геофизики АН БССР под руководством академика А. В. Матвеева. Первый опыт палинологических исследований четвертичных отложений В. П. Зерницкая получила во время работы с известным палинологом и стратиграфом Н. А. Махнach и в многочисленных экспедициях. В 1980–1990 гг. Валентина Петровна публикует первые научные работы по результатам палинологических исследований позднеледниково-голоценовых отложений.

26 июня 1991 г. В. П. Зерницкая защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата географических наук на тему «Палеогеография Белорусского Полесья в позднеледниковые и голоцене (по данным спорово-пыльцевого анализа)», выполненную под руководством академика А. В. Матвеева и доктора геолого-минералогических наук, профессора М. В. Кабайлена. Валентина

Петровна получила значительные научные результаты, в частности, проведены климатические реконструкции, восстановлены основные этапы эволюции растительности, развития гидрографической сети, преобразования рельефа территории Полесского региона Беларуси, прослежено влияние хозяйственной деятельности человека на окружающую среду. В дальнейшем, до конца 1990-х гг. В. П. Зерницкая продолжила палинологическое изучение позднеледниковых и голоценовых отложений Беларуси в должности научного, а затем старшего научного сотрудника.

В 2000–2008 гг. в результате сотрудничества с коллективом белорусских специалистов (А. В. Матвеев, Э. А. Крутоус, Н. А. Махнac, Л. А. Нечипоренко, Г. И. Симакова, Н. Д. Михайлов и др.) Валентиной Петровной изучено несколько десятков разрезов, что позволило обосновать новый вариант палиностратиграфической схемы позднеледниковых и голоценовых отложений Беларуси, которая была принята в 2010 г. Полученные материалы исследований положены в основу палинологической базы данных составленного атласа палеорастительности за последние 16 тысяч лет, а также коллективных монографий и цикла статей в отечественных и зарубежных рецензируемых изданиях. Результаты исследований В. П. Зерницкой использованы при создании Европейской базы данных (EPD, Франция), базы по динамике уровней озер в голоцене; Европейско-Евроазиатской палинологической базы (EPDB); при проведении палеоклиматических реконструкций «BIOME 6000» для территории Восточной Европы и Монголии.

С 2008 г. В. П. Зерницкая работает в лаборатории современной геодинамики и палеогеографии Института природопользования НАН Беларуси на должностях ведущего и главного научного сотрудника. Основные направления ее научной деятельности связаны с реконструкцией природных обстановок и стратиграфией отложений верхнего плейстоцена и голоцена, а также с выявлением особенностей воздействия климата и хозяйственной деятельности человека на динамику природных процессов. Валентина Петровна проводит совместные исследования со специалистами в области стратиграфии, геоморфологии, палинологии и палеогеографии из России, Литвы, Польши, Чехии, Италии, является ответственным исполнителем и руководителем ряда отечественных и международных научных проектов. Основные результаты изложены в 190 научных работах, часть из которых

опубликована в ведущих зарубежных изданиях, таких как Quaternary International, Quaternary Science Reviews, Journal of Biogeography, Land Degradation & Development, The Holocene, Geomorphology, CATENA, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology и др. В. П. Зерницкая является секретарем Белорусского комитета INQUA, а в течение 2011–2014 гг. была представителем Беларуси от Института природопользования НАН Беларуси в COST (European cooperation in the field of scientific and technical research) и участником рабочей группы Международной программы INTIMATE Action ES0907 (INTegrating Ice core, MArine and TERrestrial records (60,000 to 8000 years ago).

Наличие новых оригинальных материалов исследований, полученных Валентиной Петровной с начала 1990-х гг., позволило ей подготовить и опубликовать в 2022 г. крупную монографию «Позднеледниковые и голоцен Беларуси: геохронология, осадконакопление, растительность и климат» и защитить 11 января 2023 г. диссертацию на соискание ученой степени доктора географических наук на тему «Пространственно-временные закономерности

изменения природной среды на территории Беларуси в позднеледниковые и голоцене».

Помимо научных изысканий, В. П. Зерницкая активно занимается преподавательской работой – является профессором кафедры физической географии мира и образовательных технологий факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, проводит лекционные и практические занятия по дисциплинам геологического направления, руководит исследованиями магистрантов и докторантов.

За значительный вклад в изучение позднеледниковых и голоценовых отложений, разработку стратиграфической схемы и составление атласа палеорастительности Валентина Петровна награждена почетными грамотами Института геохимии и геофизики НАН Беларуси, Института природопользования НАН Беларуси, Президиума НАН Беларуси.

Коллеги и друзья сердечно поздравляют Валентину Петровну с юбилеем и желают крепкого здоровья, оптимизма и творческого вдохновения.

Коллеги, друзья, редколлегия

АЛЕКСАНДР ИЛЛАРИОНОВИЧ ПАВЛОВСКИЙ (К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



14 октября 2025 г. исполнилось 70 лет известному белорусскому геоморфологу, кандидату географических наук, доценту, заведующему кафедрой «Горные работы» Белорусского национального технического университета **Александру Илларионовичу Павловскому**.

Профессиональный путь А. И. Павловского начался в Белорусском государственном университете имени В. И. Ленина, географический факультет которого (специальность «География») он успешно окончил в 1981 г.

Далее Александр Илларионович продолжил свою научную карьеру в качестве научного сотрудника в Институте геохимии и геофизики АН БССР. В 1989 г. защитил диссертацию на соискание научной степени кандидата географических наук по теме «Особенности развития водно-эрэозионных процессов на территории Беларуси». Звание доцента по специальности «География» получил в 2000 г. Область научных интересов А. И. Павловского – геоморфология, гидрогеология, гидрология, четвертичная геология, ландшафтология.

С 1993 по 1996 г. А. И. Павловский работал в должности старшего, а затем ведущего научного сотрудника в Центре дистанционной диагностики природной среды НАН Беларуси. С 1996 г. преподавал в УО «Гомельский государственный

университет имени Ф. Скорины» на кафедре географии, а с 2009 г. – на кафедре геологии и разведки полезных ископаемых. В 2013 г. возглавил кафедру географии, а в 2015-м – кафедру геологии и географии. С 2023 г. работает в БНТУ в должности заведующего кафедрой «Горные работы» факультета горного дела и инженерной экологии.

Автор более чем 240 научных и учебно-методических трудов, оказавших влияние на развитие геоморфологии и инженерной геологии в Республике Беларусь, которые внесли неоценимый вклад в подготовку специалистов, включая «Современная динамика рельефа Белоруссии» (в соавторстве, 1991), «Закономерности проявления эрозионных процессов на территории Беларуси» (1994), «Инженерная геология Беларуси. Ч. 2» (в соавторстве, 2017), «Техногенные грунты» (в соавторстве, 2020), «Инженерная геоморфология» (в соавторстве, 2022) и др.

Александр Илларионович является председателем Гомельского отдела Белорусского географического общества, входит в состав Национального комитета по четвертичным исследованиям в Беларуси, состоит членом белорусской группы Международной ассоциации инженеров-геологов.

В 2024 г. А. И. Павловскому вручена высшая награда Белорусского географического общества – бронзовая медаль имени Игната Домейко. В 2005, 2015 и 2025 гг. отмечен Почетной грамотой Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. В 2013 г. награжден специальным фондом Президента Республики Беларусь за особый вклад в развитие способностей одаренных учащихся и студентов.

Многолетний труд, непревзойденный профессионализм и эрудиция, неиссякаемый оптимизм и жизнелюбие Александра Илларионовича оказали огромное влияние на многие поколения специалистов-географов и геологов, выпустившихся из стен Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. Его вклад в развитие и совершенствование системы обучения специалистов в области наук о Земле поистине неоценим, а результаты научных исследований внесли весомый вклад в развитие отечественной науки.

Желаем Александру Илларионовичу дальнейших творческих и профессиональных успехов, крепкого здоровья и процветания, сил и талантливых учеников.

Друзья, коллеги, редколлегия

РАДЗІМ ГАЎРЫЛАВІЧ ГАРЭЦКІ
(07.12.1928 – 22.06.2025)



22 чэрвяна 2025 г. не стала Радзіма Гаўрылавіча Гарэцкага – акадэміка Нацыянальнай акадэміі науک Беларусі, замежнага члена Расійскай акадэміі науک, доктара геолага-мінералагічных науک, прафесара, заслужанага дзеяча науکі, лаўрэата Дзяржаўнай прэміі СССР і Дзяржаўнай прэміі БССР, прэміі Расійскай АН імя акадэміка М. С. Шацкага і прэміі НАН Беларусі і Сібірскага аддзялення РАН імя акадэміка В. А. Капцюга.

Р. Г. Гарэцкі нарадзіўся ў Мінску 7 снежня 1928 г. Бацька Радзіма Гарэцкага Гаўрыла Іванавіч быў адным з заснавальнікаў Беларускай акадэміі науک, кіраваў геолага-інжынернымі пошукамі пад адказныя збудаванні, што надоўга прадвызначыла вандроўнае жыццё сям'і за межамі Беларусі і нялёгкае дзяцінства Радзіма Гаўрылавіча. Яму давялося вучыцца ў 13 школах у розных гарадах і пасёлках. У 1947 г. ён паступіў на геолагаразведачны факультэт Маскоўскага нафтавага інстытута імя І. М. Губініна, а пасля заканчэння вучобы ў 1952 г. быў запрошаны А. Л. Яншыным на работу ў Геалагічны інстытут Акадэміі науک СССР (ГІН).

Першыя даследаванні Р. Г. Гарэцкага ў Захоўнім Казахстане і Сярэдній Азіі пад кіраўніцтвам акадэмікаў М. С. Шацкага і А. Л. Яншына дазволілі вырашыць некаторыя важныя пытанні агульнай і рэгіянальнай тэктонікі, стратыграфіі, палеанталогіі, літалогіі, геалогіі нафтавых і газавых радовішчаў. Разам з акадэмікам А. Л. Яншыным Р. Г. Гарэцкі

зрабіў грунтоўны ўклад у развіццё метадаў тэктанічных даследаванняў. Вынікі гэтых даследаванняў апублікаваны ў сумеснай фундаментальнай працы «Тектоніческій анализ місціцтваў» (1960), у якой насуперак пануючым уяўленням сцвярджалася значнае пашырэнне ў геалагічным мінулым не кампенсаванага прагнання, захаванасць старажытнага эразійнага рэльефу, глыбакаводных адкладаў.

1950–1960 гг. вызначыліся ў геалогіі сцвярдженем парадыгмы новай глабальнай тэктонікі (тэктонікі пліт) і яе важнай часткі – вучэнням аб маладых платформах. Радзім Гаўрылавіч асаблівую ўвагу ўдзяляў даследаванням маладых платформ. У 1969 г. ён атрымаў вучоную ступень доктара геолага-мінералагічных науک за працу «Тектоніка молодых платформ Евразіі», а ў 1972 г. выходіць яго манаграфія з той жа назівам. У кнізе вылучаны асаблівасці геалагічнай будовы і развіцця маладых платформ як адметнай катэгорыі тэктанічных элементаў літасфери, і ў якасці тэктонатыпу выбрана Цэнтральна-Еўразійская платформа, а Туранская пліта – як тэктонатып маладых пліт. Даследаванне маладых платформ дазволіла выявіць тэктанічныя заканамернасці размешчэння многіх карысных выкапняў, у тым ліку забяспечыла адкрыццё ў 1965 г. новага газаноснага раёна ў Прыараллі па рэкамендацыі Р. Г. Гарэцкага і яго калег.

У гэты ж час Р. Г. Гарэцкі ўдзельнічае ў работе па падрыхтоўцы матэрыялаў у некаторыя тамы «Геология СССР». Асабліва складанай аказалася работа над XXI томам «Западны Казахстан». Разам з А. Л. Яншыным (рэдактар тома), В. С. Жураўлевым, А. Е. Шлезінгерам, казахскімі геолагамі і іншымі калегамі ўпершыню была сістэматызавана ў дзвюх кнігах тома геология вялізной тэрыторыі з разнастайнымі па геалагічнай будове раёнамі і пашыранымі ў іх пародамі ад дакембрыю да сучаснасці, з дадаткам «Геологіческой карты Западного Казахстана» м-бу 1: 500 000 (1970).

Стварэнне тэктанічных карт займала важнае месца ў работе Р. Г. Гарэцкага. У 1968–1975 гг. ён быў намеснікам старшыні рэдакцыйнай камісіі па апрабацыі і зацвярдзенні геолага-геафізічных карт нафтагазаносных раёнаў тэрыторыі СССР м-бу 1: 1 000 000. За ўдзел у стварэнні «Тектоніческай карты Евразіі» (м-б 1: 5 000 000) і манаграфію «Тектоніка Евразіі» яму разам з іншымі вучонымі ГІНа на чале з А. Л. Яншыным у 1969 г. прысуджана Дзяржаўная прэмія СССР.

За час работы ў ГІНе (1952–1971) у Радзіма Гаўрылавіча ў поўнай меры выявіўся і развіўся

талент вучонага і арганізатара. Працавітасць, звычка да напружанай работы, выдатныя веды па спецыяльнасці, адказнасць за давераную справу, добрасумленнасць і харктар – лагодны ў адносінах з людзьмі, але цвёрды ў прынцыповых момантах – спрыялі поспехам і аўтарытэту ў калектыве.

У 1971 г. прэзідэнт АН БССР акадэмік М. А. Барысевіч запрашае Р. Г. Гарэцкага на работу ў Мінск, у Інстытут геахімі і геафізікі АН БССР, дзе ўжо працаваў яго бацька Гаўрыла Іванавіч Гарэцкі. У снежні гэтага ж года Радзім Гаўрылавіч вяртаецца на радзіму і ўзначальвае створаны ў інстытуце аддзел агульнай і рэгіянальнай тэктонікі. У хуткім часе Р. Г. Гарэцкі становіцца прызнаным лідарам тэктанічнай школы Беларусі і Прыбалтыкі, што выявілася і ў рабоце арганізаванай ім камісіі па тэктоніцы Беларусі і Прыбалтыкі міжведамаснага тэктанічнага камітэта СССР (1972–1991). У 1972 г. Р. Г. Гарэцкі выбіраецца членам-карэспандэнтам АН БССР. Пад яго кіраўніцтвам разгарнулася работа па абагульненні велізарнага фактычнага матэрыялу па тэктоніцы, назапашанага геолагамі па тэрыторыі Беларусі, Прыбалтыкі і заходніх абласцей Расіі. У выніку ў 1976 г. была выдадзена «Тэктанічная карта Беларусі і сумежных тэрыторый» м-бу 1: 500 000 і апублікавана манаграфія «Тектоніка Беларусі». Быў прапанаваны новы метад складання тэктанічных карт паводле раяніравання тэрыторыі па ўзроўні галоўнага этапу фарміравання платформавых структур. За стварэнне «Тэктанічнай карты Беларусі і сумежных тэрыторый» і манаграфіі «Тектоніка Беларусі» Р. Г. Гарэцкі з групай вучоных і геолагаў-практыкаў у 1978 г. быў адзначаны Дзяржаўнай прэміяй БССР.

Новы этап у навукова-арганізацыйнай дзейнасці Р. Г. Гарэцкага пачаўся з 1977 г., калі яго выбралі прафадзейным членам (акадэмікам) АН БССР і ён быў назначаны дырэктарам Інстытута геахімі і геафізікі АН БССР, якім кіраваў 16 гадоў, пакуль не стаў віц-прэзідэнтам Акадэміі навук Беларусі.

Важнае месца ў дзейнасці Р. Г. Гарэцкага займалі сумесныя праекты з замежнымі геолагамі, супрацоўніцтва з якімі ён пачаў яшчэ ў ГІНе з вывучэння палеазаід Еўразіі. Асабліва плённым такое супрацоўніцтва было ў 1975–1986 гг. па праекце № 86 Міжнароднай праграмы геалагічнай карэляацыі (МПГК) «Усходне-Еўрапейская платформа (паўднёва-заходні край)». Распрацоўка гэтай актуальнай проблеме патрабавала сінтэзу геалагічных матэрыялаў аб будове і развіції велізарнай тэрыторыі Еўропы ў межах амаль 20 краін і тэктанічных структур ад бартоў Балтыйскай сінеклізы, Беларускай антэклізы, Украінскага ўзгорку і Дабруджы на ўсходзе да варысцкіх збудаванняў Сярэдняй Еўропы і каледанід

Англіі на заходзе з акваторыяй Паўночнага мора ўключна. Р. Г. Гарэцкі – адзін з кіраўнікоў гэтага праекта – узначаліў даследаванні на тэрыторыі СССР і непасрэдна кіраваў тэктанічным напрамкам праекта. Адзін з асноўных вынікаў гэтай работы – складанне і выданне «Тэктанічнай карты паўднёва-заходніх ускраін Усходне-Еўрапейскай платформы» м-бу 1: 1 500 000 (галоўны рэдактар Р. Г. Гарэцкі). Праведзеныя даследаванні далі магчымасць паглыбіць уяўленні аб тэктоніцы Еўропы і скласці комплекс літолага-палеагеаграфічных карт Заходній і Цэнтральнай Еўропы.

Развіваючыя вучэнне аб платформах, Р. Г. Гарэцкі асаблівую ўвагу ўдзяляў галоўным структурам – аўлакагенам, сінеклізам, антэклізам, зонам перыкратонных апусканняў. У спецыяльных працах была выканана класіфікацыя сінекліз і антэкліз, раскрыты асаблівасці іх развіцця. Разам з С. В. Клушкиным ён упершыню паказаў галоўную ролю лістрычных разломаў у будове і развіції Прыпяцкага палеарыфта, а разам з іншымі калегамі – праблему лістрычнай тэктонікі платформ наогул. Вялікае значэнне вучоны надае інтэрпрэтацыі геафізічных матэрыялаў, вывучэнню глыбіннай будовы і геадынамікі платформ, іх сейсматэктанічнаму раяніраванню. Вынікам гэтых мэтанакіраваных даследаванняў стала выданне пры ўзроўні і навуковым рэдагаванні Р. Г. Гарэцкага шэрага манаграфій, сярод якіх «Тектоніка Припятскага прыгіба» (1979), «Палеотектоніка Беларусі» (1983), «Геофлюидодинаміка і нефтеобразование» (1997), «Геофізіческие поля и динамика тектоносферы» (2002) і інш.

Значныя практычныя вынікі даследавання мадных і старажытных платформ аблумоўлены абрэзкамі на іх аснове навуковага праекту такіх карысных выкапняў, як нафта і газ, калійная і каменная солі, аалітавыя жалезныя руды, вугаль, падземныя пітныя воды і расолы і інш. У 1985 г. Прэзідэнт АН СССР узнагародзіў Р. Г. Гарэцкага прэміяй імя акадэміка М. С. Шацкага за серыю работ па тэме «Тектоніка осадочнага чехла платформенных областей Еўразіі». У 2004 г. разам з калектывам вучоных Беларусі і Сібіры ён стаў лаўрэатам прэміі імя акадэміка В. А. Капцюга, прысуджанай Сібірскім аддзяленнем РАН і НАН Беларусі.

Вывучэнне Прыпяцкага саліноснага басейна сумесна з В. З. Кіслікам, Э. А. Высоцкім, Н. С. Пятровай і іншымі спецыялістамі дазволіла раскрыць зананамернасці распаўсюджвання, будовы, складу і ўтварэння дэвонскіх саліносных фармацый. Вынікі апублікаваны ў трох сумесных манаграфіях на гэтую тэму, у тым ліку ў кнізе «Калиеносные басейны мира» (1988).

З калектывам беларускіх геолагаў Р. Г. Гарэцкі распрацаваў новае нафтагеалагічнае раяніраванне Прыпяцкага прагіну і абронтаў асноўныя напрамкі нафтапошукавых работ, звяртаючы ўвагу на важнасць сейсмостратыграфічных метадаў лакальнага і занальнага прагнозаў. Новыя метадычныя прыёмы пошукаў радовішчаў нафты, распрацаваныя ім з калегамі, былі абаронены пяццю аўтарскімі пасведчаннямі аб вынаходстве. Сумесна з геолагамі-нафтавікамі Беларусі, Літвы, Украіны ён удзельнічаў у падрыхтоўцы і публікацыі фундаментальнай манаграфіі «Геология и нефтегазоносность запада Восточно-Европейской платформы» (1997).

У 1990-х гг. Р. Г. Гарэцкі быў адным з лідараў буйных навуковых міжнародных праектаў Europrobe і Eurobridge, кіруючы савецкай, а пазней беларускай часткай. Па тэрыторыі Беларусі быў праведзены геатрансект з дэталёвым комплексным геолага-геофізічным даследаваннем па двух профілях: Варэна – Нясвіж – Выступовічы і Бабруйск – Лельчыцы. Для выяўлення глыбіннай будовы асабліва важным было сейсмічнае і магніта-тэлурычнае зандзіраванне. У выніку здабыты фундаментальныя веды аб структуры і эвалюцыі літасфери заходу Усходне-Еўрапейскай платформы.

Вывучэннем геалагічнай будовы зямной кары Беларусі і навакольнай тэрыторыі Р. Г. Гарэцкі працягваў займацца і далей. У рэалізаваным праекце «Геарыфт-2013» па напрамку Нясвіж – Брагін (Беларусь) – Чарнігаў – Палтава (Украіна) Р. Г. Гарэцкі ў складзе рабочай групы прымаў удзел у інтэрпрэтацыі атрыманых геофізічных вынікаў з тэктанічных пазіцый, што завяршылася стварэннем мадэлі глыбіннай будовы зямной кары да глыбіні 80 км. Гэтая мадэль з'яўляецца асновай для вывучэння геалагічных асаблівасцей палеарыфтовых структур Усходне-Еўрапейскай платформы.

У 1993 г. Р. Г. Гарэцкі быў членам беларускай дэлегацыі на Генеральнай канферэнцыі ЮНЕСКА ў Парыжы, дзе выступіў з прапановай правесці даследаванне найноўшай геадынамікі Цэнтральнай Еўропы ў сувязі з праблемай паходжання катлавіны Балтыйскага мора. Ідэя была падтрымана і набыла статус праекта МПГК № 346 «Неагеадынаміка дэпрэсіі Балтыйскага мора і сумежных абласцей», кіраўнікамі якога былі Р. Г. Гарэцкі, Э. А. Ляўкоў (Беларусь) і Г. Шваб (Германія). У выніку даследавання па праекце (1994–1998) геолагамі Беларусі, Германіі, Даніі, Літвы, Латвіі, Польшчы, Украіны і Расіі была апублікавана серыя карт і высветлены асноўныя фактары неагеадынамічных працэсаў, якія ўпłyваюць на развіццё тэрыторыі Цэнтральнай Еўропы. Сярод іх – залажэнне ў сярэднім плейстацэне Усходне-Балтыйскай рыфтовай сістэмы трайнога

сучленення, фарміраванне якой працягваеца і сёння. Вынікі падведзены ў манаграфіях «Неотектоніка і неогеодынаміка Восточно-Европейской платформы» (2009, разам з Р. Я. Айзбергам і А. К. Карабанавым) і «Сейсмотектоніка плит древних платформ в области четвертичного оледенения» (2009, калектыв аўтараў).

Многія працы Р. Г. Гарэцкага прысвечаны вывучэнню разломаў. Ён прымаў актыўны ўдзел у напісанні манаграфіі «Разломы земной коры Беларусь» (2007) пад рэдакцыяй Р. Я. Айзберга. На падставе комплексных геолага-геофізічных даследаванняў разам з Г. І. Карагаевым вылучаны новыя тэктанічныя элементы, якія апісаны ў кнізе «Новые тектонические элементы Восточно-Европейской платформы. Концепции, методы» (2012). Геалагічнае інтэрпрэтацыя геофізічных палёў з прымяненнем сучасных метадаў мадэлявання паказала, што Феноскандыйскі, Сармацкі і Волга-Уральскі сегменты, якія ўтвараюць Усходне-Еўрапейскі кратон, аб'яднаны элементам унікальнай структуры – Слабоцкім тэктона-геадынамічным вузлом трайнога сучленення. Шырокі спектр асадкава-вулканагенных і інтрузійных фармаций у зонах сучленення сегментаў зямной кары забяспечвае іх высокі металагенічны патэнцыял, з чым звязаны і перспектывы рудносасці Цэнтральна-Беларускай шоўнай зоны і яе ўплыў на магчымую алмазносць Беларусь (Гарецкі, Карагаев «Шовные зоны Фенноскандии, Сарматии и Волго-Ураліи», 2014).

Пастаянная ўвага Р. Г. Гарэцкага да аэра- і космічнай фармациі як спосабаў вывучэння геалогіі і асабліва тэкtonікі таксама дала плён: пад яго кіраўніцтвам у 1988 г. была складзена першая «Косматэктанічная карта Беларусі» м-бу 1: 2 000 000, а ў 2012 г. – новая карта м-бу 1: 500 000.

Навукова-арганізацыйная дзейнасць Р. Г. Гарэцкага як віцэ-прэзідэнта Нацыянальнай акадэміі науک Беларусі прыпала на 1992–1997 гг. У гэты час развалу адзінай навуковай прасторы пасля распаду СССР і становлення незалежнай дзяржавы Беларусь Радзім Гаўрылавіч разам з іншымі кіраўнікамі акадэміі рабіў ўсё магчымае для захавання кадраў вучоных і навуковых школ, далейшага развіцця беларускай навукі. Дзякуючы энергічным намаганням Р. Г. Гарэцкага, у Беларускім дзяржавным універсітэце пасля 30-гадовага перапынку пачалася падрыхтоўка геолагаў. Ён арганізаваў кафедру дынамічнай геалогіі і ў 1995–1997 гг. быў яе загадчыкам, чытаў лекцыі па агульнай геатэкtonіцы і па праблемах асадковых адкладаў Беларусі.

Пры рэарганізацыі НАН Беларусі, якая інтэнсіўна ішла ў 2004–2008 гг. і прывяла да закрыцця адзінай у Беларусі акадэмічнай геалагічнай

установы – Інстытута геахіміі і геафізікі, Р. Г. Гарэцкі і яго паплечнікі па акадэміі намагаліся пераканаць кіраўніцтва ў неабходнасці захавання ў складзе НАН Беларусі інстытута і развіцця фундаментальных даследаванняў у галіне геалагічных навук для забеспячэння развіцця мінеральна-сыравіннай базы і яе рацыянальнага выкарыстання. Глыбокі аналіз стану геалогіі ў краіне зроблены ім у праграмным артыкуле «Проблемы геологического изучения недр Беларуси» (Літасфера, 2010, № 1 (39)).

Шмат увагі Радзім Гаўрылавіч заўсёды ўдзяляў рэдактарскай дзейнасці, будучы членам рэдкалегіі часопіса РАН «Геотектоніка», рэдакцыйнага савета міжнароднага часопіса «Геофізіческій журнал» і рэдкалегіі «Геологічнага журналу» (Украіна) і іншых замежных выданняў. Як член рэдкалегіі ён удзельнічаў у падрыхтоўцы «Энцыклапедыі прыроды Беларусі» з 5 тамоў і 18-томнай «Беларускай энцыклапедыі». Р. Г. Гарэцкі – стваральнік, галоўны рэдактар (1994–2008), потым член рэдкалегіі адзінага ў Беларусі навуковага геалагічнага часопіса «Літасфера», у якім на беларускай, рускай і англійскай мовах друкуюцца артыкулы па фундаментальных і прыкладных праблемах геалогіі, геафізікі, геахіміі, аб карысных выкапнях і іншай інфармацыі. Пад рэдакцыяй Р. Г. Гарэцкага ці пры яго сумесным з іншымі рэдагаванні выйшлі з друку 140 найменняў навуковых выданняў.

Акадэмік Р. Г. Гарэцкі быў выдатным вучоным у многіх галінах геалогіі. Ён аўтар і суаўтар 45 манаграфій і асобных выданняў, удзельнічаў у складанні, рэдагаванні і выданні 50 карт геалагічнага зместу, яго аўтарства пазначана ў больш як 500 навуковых артыкулах.

У Радзіма Гаўрылавіча многа вучняў: больш за 30 геолагаў і геафізікаў пад яго кіраўніцтвам ці пры яго кансультатацыі абаранілі кандыдацкія і доктарскія дысертациі. Ён быў апанентам амаль 50 дысертаций, больш за 20 з іх – доктарскія. Шмат гадоў Р. Г. Гарэцкі ўзначальваў вучоны савет па абароне кандыдацкіх і доктарскіх дысертаций па спецыяльнасцях «Агульная і рэгіональная геалогія», «Геатэкtonіка», «Геахімія», «Літалогія», «Геалогія нафты і газу».

У дзейнасці Р. Г. Гарэцкага прыкметнае месца займала папулярызацыя геалагічных ведаў, ён аўтар шматлікіх брашур, артыкулаў, нарысаў і лекцый, сярод іх прысвячаныя гісторыі геалогіі і асобным выдатным дзеячам навук аб Зямлі. Пра свайго навуковага настаўніка напісаў книгу «Акадэмік Яншин – дорожай мой учитель и друг» (2005).

За поспехі ў развіцці геалагічнай навукі Радзім Гаўрылавіч быў узнагароджаны ордэнам Працоўнага

Чырвонага Сцяга, ганаровымі граматамі Вярхоўнага Савета БССР і Прэзідыму НАН Беларусі, меў дыпломы гонару, залаты і іншыя медалі ВДНГ СССР і шмат іншых узнагарод.

Р. Г. Гарэцкі сумесна з Р. Я. Айзбергам, Я. Г. Грыбікам, Г. І. Кацатаевым у 2018 г. быў узнагароджаны дыпломам ТОП-10 вынікаў дзейнасці вучоных Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі ў галіне фундаментальных і прыкладных даследаванняў за распрацоўку новых уяўленняў аб палеагеадынамічнай эвалюцыі глыбінных зон зямной кары і верхняй манты Прывіткага і Дняпроўскага палеарыфтаўых нафтагазаносных басейнаў, якія дазваляюць павысіць эфектыўнасць геолагаразведачных работ.

Асаблівае месца ў жыцці Р. Г. Гарэцкага займалі праблемы адраджэння беларускай культуры і мовы, незалежнасці нашай краіны, прысутнасці беларусаў у свеце. Тым самым ён працягваў традыцыі выдатнейшых вучоных і асветнікаў: бацькі Гаўрылы Іванавіча і дзядзькі Максіма Іванавіча Гарэцкіх. З 1990 г. Радзім Гаўрылавіч быў сябрам Рады, а ў 1993–2001 гг. – прэзідэнт Згуртавання беларусаў свету «Бацькаўшчына», быў адным з арганізатараў шасці з'ездаў беларусаў свету. Ён быў сябрам Рады Таварыства беларускай мовы Беларускай інтэлігэнцыі, Беларускага фонду культуры і іншых, натхніяльнікам і арганізатарам штогадовых чытанняў братоў Гарэцкіх. Р. Г. Гарэцкі выступаў як прафесійны пісьменнік (ён сябар пісьменніцкай арганізацыі з 2004 г.), яго пяру належала кнігі пра трагічны лёс бацькі і дзядзькі («Ахвярую сваім “Я”», 1998; «Браты Гарэцкія», 2008; «Лісты жыцця і кахання», 2013). Ён укладальнік і аўтар некалькіх асобных кніг пра Г. І. Гарэцкага («Акадэмік Гаўрыла Гарэцкі. Успаміны, артыкулы, дакументы. Да 100-годдзя з дня нараджэння», 2000; «Гаўрыла Гарэцкі. Выбранае», 2002; «Гавриил Іванович Горецкій», 2012 (у суаўтарстве) і інш.). Пісьменніку Р. Г. Гарэцкаму належыць вынаходніцтва арыгінальнага жанру мастацкай літаратуры, які звязаны з геалогіяй. У гэтым жанры выйшлі дзве кнігі – «Жыццёвы меланж» (2013) і «Апантаны Бацькаўшчыны. Жыццёвы меланж – 2» (2018). Жанр так і называецца – жыццёвы меланж. Як і стракатая горная парода меланж, народжаная ў стрэсавых сітуацыях пры зрухах зямной кары па разломах, так і жыццёвы меланж узікае пры ўздрожненні чалавека на чалавека, адной супольнасці людзей на іншую, краіны на краіну, прыродных феноменаў і іншых з'яў на жыццё людзей.

Р. Г. Гарэцкі да апошніх дзён плённа працаў галоўным навуковым супрацоўнікам у лабараторыі геатэкtonікі і геафізікі Інстытута прыродадакрыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі.

Захопленасць навукай, арганізацыйны талент і высокія чалавечыя якасці прыцягвалі да Радзіма Гаўрылавіча ўсіх, хто ведаў яго і працаваў з ім. Яму былі ўласцівы інтэлігентнасць, аптымізм і добразычлівасць, дэмакратызм, увага да калег, здольнасць бачыць галоўнае ў складаных проблемах. Гарэцкі быў выдатным вучоным і грамадскім дзеячам. Ён актыўна працаваў на карысць роднай краіны, працягваў і развіваў лепшыя традыцыі навукі і грамадской думкі.

Беларускай геалогіі будзе вельмі не хапаць Радзіма Гаўрылавіча Гарэцкага – выдатнага даследчыка

Зямлі, які вылучаўся шырокай эрудыцыяй, надзвычайнай працавітасцю, прынцыпавасцю і патрабавальнасцю да сябе. Калегі і рэдкалегія часопіса «Літасфера» вельмі смуткуюць з прычыны сходу з жыцця Радзіма Гаўрылавіча Гарэцкага, адданага сына зямлі беларускай.

С. А. Лысенка, У. Ф. Логінаў,
А. А. Махнач, А. В. Кудзельскі, Я. Г. Грыбік,
С. У. Дзямідава, У. І. Таўсташэу,
В. Г. Жогла, Г. А. Камышэнка,
Р. Э. Гірын, Я. А. Кухарык

ГАЛИНА ВЛАДИМИРОВНА ЗИНОВЕНКО
(18.08.1933 – 19.07.2025)



19 июля 2025 г. ушла из жизни Галина Владимировна Зиновенко, известный белорусский геолог-тектонист, доктор геолого-минералогических наук, лауреат Государственной премии БССР.

Галина Владимировна родилась 18 августа 1933 г. в г. Червене Минской области, Беларусь. После окончания с отличием учебы (в 1956 г.) в Белорусском государственном университете имени В. И. Ленина на геологическом отделении геолого-географического факультета Галина Владимировна вместе со своим мужем Александром Дмитриевичем Семенюком, тоже замечательным геологом-съемщиком, работала с 1957 по 1961 г. в Государственном объединении по поискам нефти (геологическое предприятие «Север»), г. Пила, Польша, в должности инженера-геолога. За время работы в Польше был собран и проанализирован большой объем геолого-геофизических материалов, что способствовало формированию представления о строении и структурах молодых и древних платформ, результаты этих работ были в дальнейшем использованы при изучении тектонических структур территории Беларуси и западной окраины Восточно-европейской платформы.

В 1961 г. вернувшись в Беларусь вместе с мужем и дочерью Алиной, Галина Владимировна работала в Институте геологических наук АН БССР (1961–1965) в должности старшего инженера-конструктора, младшего научного сотрудника отдела нефти и газа. Галина Владимировна занималась оценкой перспектив нефтегазоносности отдельных

площадей Припятского прогиба, подсчетом прогнозных запасов нефти и газа, вопросами нефте-геологического районирования территории Беларуси.

В 1965–1968 гг. она училась в очной аспирантуре ИГН АН БССР (БелНИГРИ с 1970 г.) и готовила кандидатскую диссертацию на тему «Перспективы нефтегазоносности Подлясско-Брестской впадины на территории БССР и в смежных районах», которую успешно защитила в 1969 г. В 1969–1971 гг. Г. В. Зиновенко работала в секторе опорного бурения отдела нефти и газа Белорусского научно-исследовательского геологоразведочного института (БелНИГРИ) в должности младшего научного сотрудника, а с 1972 по 1973 г. – старшим научным сотрудником. В это время Галина Владимировна участвовала в составлении литолого-палеогеографических и палеотектонических карт территории Беларуси, в проведении тектонического районирования и классификации структур с целью оценки перспектив нефтегазоносности, занималась обобщением материалов новых параметрических скважин Припятского прогиба и Подлясско-Брестской впадины. За этот период Галиной Владимировной с участием коллег было выполнено первое литостратиграфическое расчленение кембрийских, ордовикских и силурийских отложений Беларуси.

В 1973 г. Г. В. Зиновенко перешла работать в Институт геохимии и геофизики АН БССР, была старшим научным сотрудником в отделе общей и региональной тектоники под руководством академика Р. Г. Гарецкого. Основным предметом исследований Галины Владимировны на протяжении многих лет являлись геологическое строение и тектоника западной окраины Восточно-Европейской платформы и прилегающих территорий Среднеевропейской плиты, а также стратиграфия отложений платформенного чехла Беларуси.

В 1978 г. за создание «Тектонической карты Белоруссии» и монографии «Тектоника Белоруссии» Г. В. Зиновенко вместе с группой ученых и геологов-практиков удостоена Государственной премии БССР.

В 1986 г. была опубликована монография «Балтийско-Приднестровская зона перикратонных опусканий», которая была защищена Г. В. Зиновенко в Московском геологоразведочном институте в 1989 г. в качестве докторской диссертации по специальности «Геотектоника». За годы работы в институте у Галины Владимировны наладились связи с зарубежными учеными и выполнялись

совместные проекты. Она принимала участие в выполнении международных проектов № 86 международной программы геологической корреляции «Восточно-Европейская платформа (юго-западный край)» (1975–1986) и «Европроба» (1990-е гг.), в 1986–1992 гг. выполнялась польско-белорусская тема № 3 «Литологическая и биостратиграфическая корреляция венда и кембрия запада Восточно-Европейской платформы». В результате были построены структурные карты, охарактеризованы тектоника и формации платформенного чехла всех крупных тектонических структур Беларуси (Оршанская впадина, Белорусская антеклиза, Подлясско-Брестская впадина).

Г. В. Зиновенко является автором более 180 работ (в том числе 11 монографий) по тектонике и геологическому строению Беларуси и юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы, стратиграфических схем кембрийских, ордовикских и силурийских отложений территории Беларуси и сопредельных регионов, опубликованных в Беларуси, России, Украине, Германии, Польше.

Одновременно с научными исследованиями Г. В. Зиновенко занималась и педагогической деятельностью. Она разработала курс лекций «Геология

Беларуси и стран Европы», который читала студентам 4 курса геологического отделения географического факультета Белорусского государственного университета, занимая должность профессора. Г. В. Зиновенко принимала активное участие в научно-организационной деятельности: была ученым секретарем комиссии по тектонике Беларуси (1971–1992), ученым секретарем советской части проекта МПГК № 86 (1985–1986), членом ученого совета Института геологических наук НАН Беларуси, членом специализированного совета по защите докторских диссертаций.

Галину Владимировну всегда отличали увлеченность своей исследовательской работой в геологии, кропотливое и всестороннее изучение материалов, высокая эрудиция и интеллигентность в общении с коллегами. Она была очень отзывчивым, скромным и доброжелательным человеком, любящей женой, матерью и бабушкой. Светлая память о ней останется в сердцах родных, близких и всех тех, кто много лет трудился рядом с ней и был близко знаком.

*В. И. Толстошев, Т. В. Воскобойникова,
А. А. Махнач, коллеги, редакция*

АЛЕКСЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ МАТВЕЕВ
(23.05.1938 – 21.07.2025)



21 июля 2025 г. ушел из жизни известный белорусский ученый-геолог, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, лауреат Государственной премии БССР, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик НАН Беларуси Алексей Васильевич Матвеев.

Алексей Васильевич родился 23 мая 1938 г. в Минске в семье служащих. В 1960 г. после окончания географического факультета Белорусского государственного университета был направлен на работу в Белгипроводхоз Министерства мелиорации и водного хозяйства БССР. Основным направлением деятельности А. В. Матвеева было проведение инженерно-геологической съемки. Это дало возможность молодому специалисту приобрести большой практический опыт и обогатить знания в области четвертичной геологии, что предопределило его дальнейшие научные интересы.

В 1964 г. Алексей Васильевич поступил в очную аспирантуру Института геологических наук, где обучался под научным руководством известного геолога-четвертичника, доктора геолого-минералогических наук М. М. Цапенко. А. В. Матвеев собрал и обобщил обширный материал по лि�тологии и минералогии разновозрастных моренных отложений бассейна р. Березины и в 1966 г.

досрочно защитил кандидатскую диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. В течение последующих 10 лет Алексей Васильевич продолжил комплексное изучение отложений ледниковой формации Беларуси. Полученные научные результаты легли в основу защищенной в 1975 г. докторской диссертации и опубликованной в 1976 г. фундаментальной монографии «Ледниковая формация антропогена Белоруссии».

С 1978 г. А. В. Матвеев работает в Институте геохимии и геофизики АН БССР, в стенах которого в 1980 г. по его инициативе создана лаборатория динамики ландшафтов, в дальнейшем преобразованная в лабораторию современных геологических процессов. В это время научные интересы Алексея Васильевича значительно расширились и лежали в области геоморфологии, неотектоники, экологической геологии, минерагении четвертичных отложений, однако основным направлением исследований было изучение современной геодинамики территории Беларуси.

На протяжении 1980-х гг. и первой половины 1990-х гг. А. В. Матвеев формирует научную школу, ряд молодых сотрудников защитили под его руководством кандидатские диссертации, в 1991 г. ему присвоено ученое звание профессора. В это же время Алексей Васильевич единолично или в составе авторского коллектива опубликовал ряд обобщающих монографий – «Неотектоника территории Припятского прогиба», «Рельеф Белорусского Полесья», «Неотектоника и полезные ископаемые Белорусского Полесья», «Рельеф Белоруссии», «История формирования рельефа Белоруссии», «Современная динамика рельефа Белоруссии». Научные результаты А. В. Матвеева получили высокую оценку. Так, в 1986 г. он в составе коллектива белорусских геологов получил Государственную премию БССР в области науки и техники за разработку теоретических основ четвертичной геологии и внедрение их в практику геологоразведочных работ. В 1991 г. он был избран членом-корреспондентом, а в 1994 г. – академиком АН БССР. В 1993–1998 гг. Алексей Васильевич возглавлял Институт геологических наук НАН Беларуси.

На рубеже веков А. В. Матвеев продолжил исследования в области четвертичной геологии, геоморфологии и современной геодинамики территории Беларуси, участвовал в подготовке монографий «Геология Беларуси», «Основы геологии Беларуси», «Палеогеография кайнозоя Беларуси», «Линеаменты

территории Беларуси», работал над составлением карт геологического содержания для Национального атласа Беларуси.

С 2008 г. Алексей Васильевич работал в должности главного научного сотрудника в лаборатории геодинамики и палеогеографии Института природопользования НАН Беларуси. В течение 2010–2020 гг. научные интересы А. В. Матвеева были сосредоточены на проблемах геохимии четвертичных отложений и оценке радиоопасности пород платформенного чехла и кристаллического фундамента территории Беларуси. Существенные результаты были получены в области экологической геологии, связанные с анализом и оценкой неблагоприятных последствий проявления современной геодинамики,

определенением их воздействия на степень комфортности геологической среды для жизнедеятельности населения.

Научное наследие Алексея Васильевича насчитывает более 450 опубликованных работ, в том числе около 30 монографий. Под его руководством подготовлено и защищено 3 докторские и более 10 кандидатских диссертаций.

В памяти и сердцах благодарных учеников, коллег и друзей Алексей Васильевич навсегда останется веселым, доброжелательным и отзывчивым человеком, примером талантливого геолога-исследователя, мудрого и внимательного Учителя.

Коллеги, друзья, редколлегия

ВЕНЕДИКТ ПЕТРОВИЧ КУРОЧКА
(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



Венедикт Петрович Курочка родился **1 августа 1925 г.** в Украине – в селе Грушевка Кельменецкого района Черновицкой области, окончил Кельменецкую среднюю школу. Высшее образование смог получить только после Великой Отечественной войны. В 1952 г., после окончания геологического факультета Черновицкого государственного университета, был оставлен работать ассистентом на кафедре петрографии, где определились его научные интересы – петрография и минералогия осадочных пород. Результатом научной работы в этом направлении стала кандидатская диссертация, посвященная вопросам цикличности осадконакопления, минералогии и геохимии древнепалеозойских отложений Приднестровья, которую В. П. Курочка защитил во Львовском государственном университете.

В 1956 г. после расформирования геологического факультета Черновицкого университета

Венедикт Петрович стал работать в Минске – в Белорусском государственном университете, а затем в Институте геологических наук АН БССР (впоследствии Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт – БелНИГРИ). Здесь он активно занимался исследованиями литологии и минералогии осадочных толщ Беларуси, прежде всего Припятского прогиба. В 1964 г. Венедикт Петрович организовал и возглавил в БелНИГРИ лабораторию физико-химических методов исследований. В ней культивировались такие важные для геологии методы изучения вещества, как химический, эмиссионный спектральный, рентгеновский, электронографический, электронно-микроскопический, термический; изготавливались петрографические шлифы.

В. П. Курочка – один из авторов фундаментальной монографии «Литология и геохимия девонских отложений Припятского прогиба в связи с их нефтеносностью» (1966), а его «Атлас микротекстур и структур пород девонского осадочного комплекса Припятского прогиба» (1968) до сих пор является настольной книгой белорусских геологов. Венедикт Петрович – автор более 80 научных публикаций, в том числе 3 монографий.

Под руководством и при непосредственном участии В. П. Курочки в девонских отложениях Припятского прогиба были впервые обнаружены такие глинистые минералы, как палыгорскит, селадонит, корренсит и др. Венедикт Петрович был одним из первооткрывателей Заозерного месторождения боксит-давсонитовых пород в нижнем карбоне Припятского прогиба.

В. П. Курочка ушел из жизни 29 июля 1983 г. Память о нем – талантливом ученом и добром человеке – сохраняется в сердцах тех, кто его знал.

Коллеги, редакция

СВЕТЛАНА МИТРОФАНОВНА ОБРОВЕЦ (К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



2 октября 2025 г. исполнилось бы 80 лет **Светлане Митрофановне Обровец**, известному белорусскому литологу, кандидату геолого-минералогических наук, доценту.

Светлана Митрофановна родилась 2 октября 1945 г. в г. Слуцке Минской области, Республика Беларусь. После окончания в 1968 г. Белорусского государственного университета 17 лет работала в секторе минеральных солей БелНИГРИ, занималась изучением Старобинского и Петриковского месторождений калийных руд.

В 1977 г. поступила в заочную аспирантуру БелНИГРИ по специальности «Литология», ее научным руководителем был академик А. С. Махнач. В 1983 г. защитила кандидатскую диссертацию по теме «Несолевые породы верхнефаменской соленосной толщи Припятского прогиба», в которой представила результаты оригинальных комплексных исследований состава, структурно-текстурных особенностей, обстановок накопления несолевых терригенных, карбонатных и сульфатных отложений верхнесоленосной формации Беларуси.

В 1986–1997 гг. работала в Белорусском государственном университете в должности ведущего научного сотрудника в отраслевой научно-исследовательской лаборатории по палеогеографическим и палеогеоморфологическим методам прогноза полезных ископаемых, где занималась разработкой палеогеографических и палеогеоморфологических методов прогнозирования полезных ископаемых. Научную деятельность совмещала с педагогической работой: читала курсы лекций

«Фации и фациальный анализ», «Фациальный анализ и палеогеография» на геологическом отделении университета. В 1991 г. ей присвоено звание старшего научного сотрудника (доцента).

С 1997 по 2008 г. С. М. Обровец работала ведущим научным сотрудником в лаборатории литологии и геохимии ИГиГ НАН Беларусь. В 1998–2002 гг. она – ученый секретарь совета по защите диссертаций при этом институте. Светлана Митрофановна подготовила кандидата наук по специальности «Литология».

С 2008 г. и до последних дней жизни Светлана Митрофановна работала на государственном предприятии «НПЦ по геологии», в 2009–2012 гг. обучалась в докторантуре этого предприятия. Результаты исследований С. М. Обровец используются в РУП «ПО «Белоруснефть», государственном предприятии «НПЦ по геологии» при проведении работ на поиски ловушек углеводородов, ею получено 16 актов внедрения. Светлана Митрофановна неоднократно была руководителем и ответственным исполнителем научно-исследовательских проектов, в том числе международных в рамках научно-технического сотрудничества с Российской Федерацией.

Научные и профессиональные интересы С. М. Обровец затрагивали исследования вещественного состава терригенных, карбонатных и сульфатных пород в связи с фациальным анализом, реконструкциями палеорельефа и обстановок осадконакопления; условий седиментогенеза в рифтовом бассейне для прогноза неструктурных, литологически ограниченных ловушек углеводородов.

С. М. Обровец опубликовано (в том числе в соавторстве) более 150 научных работ в Беларусь и за рубежом – в Польше, Финляндии, Румынии, Германии, Швейцарии, Италии, США и в странах СНГ. За монографию «Верхнепротерозойские и палеозойские комплексы Беларуси и Сибири: геология, нефтегазоносность, проблемы освоения ресурсов углеводородов» Светлана Митрофановна в соавторстве с другими учеными в 2004 г. удостоена премии имени академика В. А. Коптюга НАН Беларусь и Сибирского отделения РАН.

Светлана Митрофановна Обровец была добрым, веселым, жизнерадостным человеком, любящей женой и матерью. Светлая память о ней останется в сердцах родных, близких и всех тех, кто много лет трудился рядом с ней и был близко знаком.

Коллеги, друзья, редколлегия

ХРОНИКА • ХРОНИКА • CHRONICLE



23 января 2025 г. в Международном выставочном центре под эгидой Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды прошла отраслевая научно-практическая конференция «Рациональное использование природных ресурсов: перспективы и достижения». В конференции, приуроченной ко Дню белорусской науки, приняли участие представители научных кругов Беларуси, России, Узбекистана, а также образовательных учреждений Беларуси, в которых ведется подготовка кадров по геологическим и экологическим дисциплинам. Особое внимание на научном мероприятии было уделено вопросам экологической безопасности, развития минерально-сырьевой базы, изменения климата, экологического образования, привлечения в науку молодежи. Кроме того, в рамках конференции был организован круглый стол на тему «Мониторинг подземных вод в Республике Беларусь», целью которого стал обмен опытом и результатами мониторинга подземных вод Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь и сопредельных территорий. При обсуждении проблемы круглого стола заслушаны доклады представителей ФГБУ «Гидроспецгеология» (г. Москва, Россия), ГУ «Узбекгидрогеология» (г. Ташкент, Республика Узбекистан).



Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы наук о земле: устойчивое развитие городов и регионов», посвященная 90-летию со дня рождения известного геолога, профессора Альберта Александровича Богдасарова, прошла **с 15 по 17 мая 2025 г.** в Брестском государственном университете имени А. С. Пушкина. Ее организаторами выступили Институт природопользования НАН Беларусь, Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, Брестский государственный технический университет и Белорусское географическое общество.

Для участия в конференции было подано 160 докладов, которые распределены на три секции, посвященные обсуждению вопросов геологии, географии и урбанистологии, и заслушаны за три дня работы научного мероприятия. Участники конференции обсудили результаты мониторинга подземных вод, рассказали об обновлении тектонической карты Беларуси, разработке ГИС-порталов, результатах климатических наблюдений и о современном состоянии нарушенных земель.

Конференция прошла в теплой и дружественной атмосфере.



С 17 по 23 мая 2025 г. в г. Санкт-Петербурге (Россия) состоялся Первый чемпионат мира по геологии, организованный Всероссийским научно-исследовательским геологическим институтом им. А. П. Карпинского и Правительством Санкт-Петербурга под эгидой ЮНЕСКО. Республику Беларусь на чемпионате представила научный сотрудник государственного предприятия «НПЦ по геологии» Полина Олеговна Сахарук.

На торжественном открытии чемпионата с приветственными словами выступили генеральный директор Института Карпинского П. В. Химченко, вице-губернатор Санкт-Петербурга А. А. Корабельников. После официального старта чемпионата в течение трех дней участники проверяли свои знания в следующих дисциплинах: «Минералогия», «Петрография» и «Теория и практика пробоподготовки для лабораторно-аналитических исследований», «Стратиграфия и палеонтология», «Четвертичная геология», «Тектоника», «Геологическая карта и разрез к ней», «Уникальные геологические памятники» и «Металлогения», «Геологический маршрут», а также во внеконкурсном мероприятии «Геологический квиз». Вне состязания участники чемпионата с экскурсией посетили Центр изотопных исследований, Центральную лабораторию, Геологоразведочный музей имени академика Ф. Н. Чернышева и Всероссийскую геологическую библиотеку.



Полина Олеговна Сахарук достойно представила на чемпионате нашу страну, заняв 1-е место в турнире «Геологический квиз» и 1-е общекомандное место в составе интернациональной команды.



В Гомельском государственном университете имени Ф. Скорины с 21 по 22 мая 2025 г. прошла VI Международная научно-практическая конференция «Географические аспекты устойчивого развития регионов». Для участия в конференции было заявлено свыше 100 докладов ученых в области геологических, экологических наук и наук о Земле из Азербайджана, Беларуси, Казахстана, России, Узбекистана.

В ходе работы секций рассмотрены вопросы региональных физико-географических и экономико-географических исследований, геологии и разведки недр, геоэкологических проблем и мониторинга окружающей среды, географического образования, рекреационной географии и развития туризма.

С материалами конференции можно ознакомиться на сайте Гомельского государственного университета по ссылке: <https://conference.gsu.by/ru/node/285>.



С 24 июля по 4 августа 2025 г. в Пермском крае Российской Федерации состоялась XV Всероссийская открытая полевая Олимпиада юных геологов, где две белорусские команды – «Юные геологи Республики Беларусь» (г. Минск) и «Агат» (г. Светлогорск) – представляли Беларусь.

Обе белорусские команды юных геологов в соревновательном сезоне 2025 г. показали лучшие результаты за весь период своего участия в международных открытых полевых олимпиадах юных геологов: команда «Юные геологи Республики Беларусь» заняла 2-е место в международном зачете среди всех стран-участниц, команда «Агат» – 8-е место среди 35 команд-участниц в общекомандном зачете.

В подготовке команды традиционно принимали участие специалисты государственного предприятия «НПЦ по геологии» и Белорусского государственного университета.



С 23 по 25 сентября в г. Сиань (Китайская Народная Республика) состоялись Форум по сотрудничеству в области наук о Земле и развития горнодобывающей промышленности стран ШОС и Международная геофизическая конференция «Один пояс – один путь». В работе мероприятий от Республики Беларусь приняли участие представители государственного предприятия «НПЦ по геологии» – генеральный директор Владимир Кузьмич Мельников и научный сотрудник Полина Олеговна Сахарук.

В. К. Мельников выступил с приветственной речью на церемонии открытия форума и представил доклад «О важнейших полезных ископаемых Республики Беларусь» на Семинаре по развитию горнодобывающей промышленности и инвестициям в странах ШОС, проходившем в рамках Международной геофизической конференции «Один пояс – один путь». П. О. Сахарук приняла участие в работе круглого стола «Новые технологии и оборудование для глубинного зондирования», организованном для обсуждения широкого круга геологических вопросов. Участники научных мероприятий заслушали доклады представителей научных организаций и геологических служб Беларуси, Ирана, Китая, Кыргызстана, Пакистана, Узбекистана. Форум стал отличной площадкой для обмена опытом.



25 сентября 2025 г. в г. Астане (Республика Казахстан) прошла XXVIII сессия Межправительственного совета по разведке, использованию и охране недр, в работе которой приняли участие представители Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, России, Таджикистана, Узбекистана и Исполнительного комитета СНГ. Члены Межправсовета обсудили актуальные вопросы развития отрасли, представляющие взаимный интерес.

На заседании сессии обсуждались результаты работы геологических служб государств – участников СНГ по выполнению решений XXVII сессии Межправсовета с сентября 2024 г. по сентябрь 2025 г., а также реализация Перспективного плана совместных работ по разведке, использованию и охране недр государств – участников СНГ на 2023–2030 гг.

По основным вопросам сессии заслушаны доклады о современных методах и подходах к региональному геологическому изучению недр и геологическому картографированию, перспективных направлениях сотрудничества в области геологоразведки на углеводородное сырье, развитии современных информационных технологий в области геологического изучения недр, кадровом потенциале геологической отрасли и др.

Очередную, XXIX, сессию Межправительственного совета по разведке, использованию и охране недр намечено провести в Республике Беларусь.



С 30 сентября по 3 октября 2025 г. в Белорусском государственном университете прошла IV Международная научная конференция «Проблемы региональной геологии Восточно-Европейской платформы и сопредельных территорий», организатором которой выступил факультет географии и геоинформатики БГУ.

В работе конференции, цель которой – консолидация усилий геологов в области четвертичной геологии, обсуждение актуальных проблем, новейших достижений и перспектив научных исследований, активизация международных научных и учебных контактов специалистов геологии квартера, приняло участие более 60 исследователей из научных организаций Беларуси, Канады, Китая, Молдовы, России, Узбекистана.

В рамках конференции проведена полевая экскурсия: участники ознакомились с краевыми ледниковыми образованиями среднего плейстоцена Минской возвышенности, озерными и озерно-болотными отложениями муравинского межледникового в обнажении «Хмелевка» в районе г. Заславля, посетили опорный разрез муравинских межледниковых отложений и ознакомились с условиями их залегания, строения, произвели отбор образцов торфа для палеонтологических исследований.



ХРОНИКА · ХРОНИКА · CHRONICLE

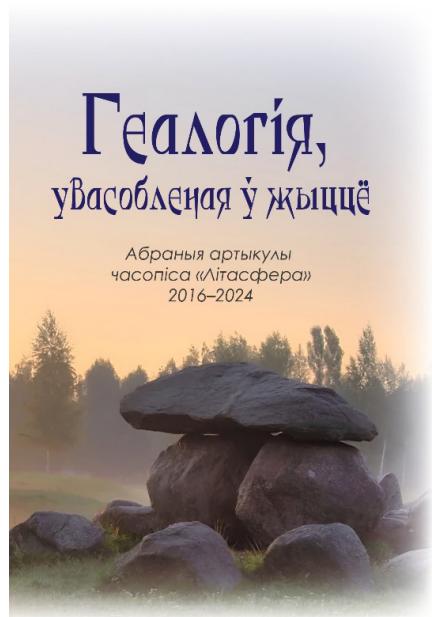
Президиумом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь **22 октября 2025 г.** утверждено решение Совета по защите диссертаций К 12.01.01 о присуждении ученой степени кандидата геолого-минералогических наук Геннадию Аркадьевичу Аронову. Защита диссертации Г. А. Аронова «Особенности современной сейсмотектонической активности на территории Солигорского горнорудного района» на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.01.01 «Общая и региональная геология» состоялась 22 мая 2025 г.



С 11 по 14 ноября 2025 г. в г. Санкт-Петербурге (Россия) состоялось Всероссийское совещание с международным участием «Палеозой России: проблемы региональной стратиграфии и межрегиональной корреляции», организатором которого выступил Институт Карпинского (ВСЕГЕИ). В совещании приняли участие ученые и специалисты ведущих геологических организаций стран СНГ.

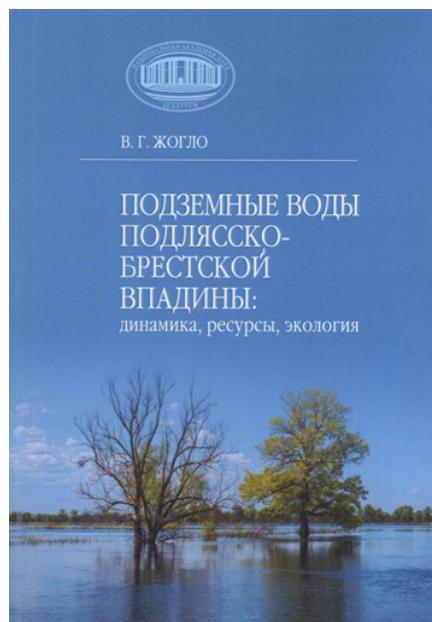
Доклады участников были распределены по пяти тематическим секциям, на которых состоялось обсуждение состояния и проблем стратиграфии палеозоя территории России и ближнего зарубежья; обоснования границ подразделений общей стратиграфической шкалы и региональных шкал; биостратиграфии и других методов расчленения и корреляции отложений палеозоя; комплексного использования методов при межрегиональной корреляции; новых подходов к составлению стратиграфических схем палеозоя; проблем корреляции морских и континентальных отложений; стратиграфии нефтегазоносных бассейнов.

От Республики Беларусь в работе секции по девонской системе приняла участие научный сотрудник государственного предприятия «НПЦ по геологии» Ольга Викторовна Мурашко с докладом «Конодонты из отложений за-донского надгоризонта нижнего фамена Припятского прогиба (Беларусь)».



Геалогія, увасобленая ў жыццё: абраныя артыкулы часопіса «Літасфера», 2016–2024 / Рэспубліканскэ ўнітарнае прадпрыемства «Навукова-вытворчы цэнтр па геалогіі» ; пад агул. рэд. д. г.-м. н. А. А. Махнча, к. г.-м. н. С. У. Дзямідавай. – Мінск : «Калорград», 2025 – 403 с.

У гэтым кніжным выданні сабраны артыкулы па асноўных напрамках геалагічных даследаванняў нетраў Беларусі і сумежных тэрыторый, апублікованы ў навуковым часопісе «Літасфера» ў 2016–2024 гг. Прадстаўленыя артыкулы адлюстроўваюць рэальны ўклад вучоных-геолагаў у эканамічнае развіццё Беларусі. Прызначана для спецыялістаў геалагічнай галіны, работнікаў, занятых у сферы разведкі, пошукаў, ацэнкі радовішчаў карысных выкапняў, выкладчыкаў і студэнтаў устаноў вышэйшай адукацыі, а таксама шырокага кола чытачоў, якія цікавяцца геалогіяй роднага краю.



Жогло, В. Г. Подземные воды Подлясско-Брестской впадины: динамика, ресурсы, экология / В. Г. Жогло ; Национальная академия наук Беларусь, Институт природопользования. – Минск : Беларус. навука, 2025. – 155 с.

В монографии приведены материалы по региональной гидрогеологии подземных вод Подлясско-Брестской впадины, полученные белорусскими гидрогеологами за последние 25 лет. Предложен новый методический подход количественной оценки инфильтрационного водообмена и естественных ресурсов подземных вод слабодренированных речных бассейнов. Его апробация продемонстрирована на примере созданных численных моделей фильтрации и миграции подземных вод водосборов рек Кшна (Польша), Лесная и Мухавец (Беларусь). Калибрация моделей заключалась в получении заданной величины подземного стока в реки и согласовании модельных и фактических напоров грунтовых вод. Выполнено моделирование фильтрации подземных вод в естественных условиях и с учетом работы водозаборов г. Бреста. Даны количественная оценка среднемноголетних значений составляющих баланса грунтовых, межпластовых и поверхностных вод на территории исследуемых водосборов с учетом внутригодовых изменений интенсивности инфильтрации. Построена локальная модель-врезка фильтрации и миграции подземных вод в междуречье Западный Буг – Лесная – Мухавец. Выполнен прогноз загрязнения грунтовых и межпластовых вод на 100-летний период. Составлен пакет цифровых гидрогеологических карт.



Богдасаров, М. А. Геология с основами почвоведения. Практикум : электрон. учеб. пособие / М. А. Богдасаров, В. С. Хадыева, Т. А. Шелест. – Брест : БрГУ, 2025 – URL: <https://rep.brsu.by:443/handle/10353/123456789>.

Электронное учебное издание включает в себя введение, планы практических занятий по общей геологии, исторической геологии и основам почвоведения, список литературы, приложения, тестовые задания, видеоматериалы, гиперссылки на интернет-источники, внутренние гиперссылки. Издание предназначено для формирования у студентов системы основных понятий общей геологии, истории геологического развития Земли, основных функций почвенного покрова Земли, общепланетарного значения почвы; для формирования умений и навыков применять эти знания для решения учебно-познавательных и практических задач.

Геология Туркменистана / Е. Ю. Трацевская, М. Г. Верутин. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. – 110 с. – URL: <http://elib.gsu.by/handle/123456789/1053>.

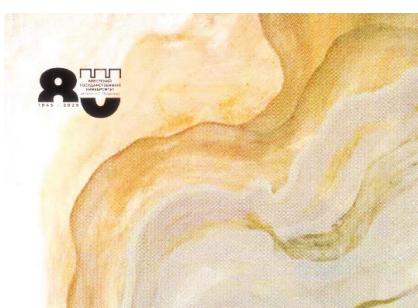
Е. Ю. ТРАЦЕВСКАЯ,
М. Г. ВЕРУТИН

ГЕОЛОГІЯ ТУРКМЕНИСТАНА

Гомель
2025

Авторы монографии ставят своей целью ознакомить студентов и магистрантов, приехавших на обучение в ГГУ имени Ф. Скорины, а также преподавателей, занимающихся с ними, с региональной геологией Туркменистана. Геологическая среда в границах Туркмении формировалась как составная эпигерцинская часть Туранской плиты и Копетдагской альпийской складчатой системы.

Издание адресуется студентам и магистрантам, приехавшим в Беларусь на обучение по естественным специальностям из Туркменистана, преподавателям, а также может быть интересно более широкому кругу читателей.



А. Н. МАЕВСКАЯ
ГІС-МОДЕЛІРОВАННЯ
СТРОЕНИЯ КАЙНОЗОЙСЬКОЇ ТОЛЩІ
ТЕРРИТОРІІ БРЕСТСЬКОЇ ОБЛАСТІ
ДЛЯ ПРОГНОЗУ І ОЦЕНКИ ЗАЛЕЖЕЙ
ОБЩЕРАСПРОСТРАНЕННИХ
ПОЛЕЗНИХ ИСКОПАЕМЫХ



Маевская, А. Н. ГІС-моделювання структури кайнозойської толщі території Брестської області для прогнозу та оцінки залежей общарапространених полезних іскопаємих : монографія / А. Н. Маевская ; М-во образування Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т ім. А. С. Пушкіна. – Брест : БрГУ, 2025. – 159 с.

В монографии изложен адресный научно-методический подход к геологическому моделированию строения недр территории Брестской области и локализованных в них залежей общераспространенных полезных ископаемых. Разработанная на его основе цифровая геологическая модель регионального масштаба обеспечивает возможность первичного прогнозирования месторождений общераспространенных полезных ископаемых, связанных с кайнозойскими отложениями.

Адресуется специалистам в области наук о Земле, а также студентам и аспирантам геологических и географических специальностей.



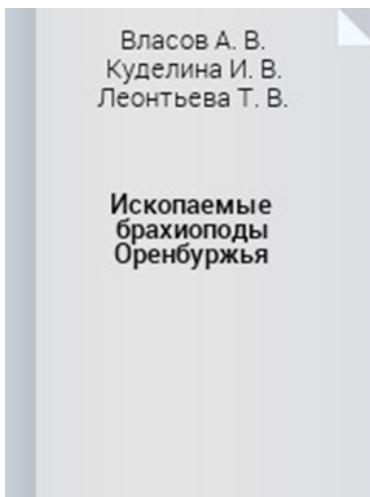
Лебедев, Б. А. Гигантские рудные месторождения: распространение, строение, генезис / Б. А. Лебедев – СПб. : Наукоемкие технологии, 2025. – 268 с. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82897186_86073129.pdf.

Эта книга завершает разработку автором концепции рудогенеза. Для этого критически важными были две предыдущие монографии, где рассматривались процессы эпигенеза в осадочных бассейнах (1992) и механизм нефтогенеза (2010), в котором рудообразование обязательно предварялось нефтеобразованием. В 5 главах данной книги и в двух табличных Приложениях рассмотрено 320 гигантских рудных месторождений на территориях Африки, Австралии, Южной Америки, Азии и Европы. На этих территориях впервые выделено 50 рудных районов, в пределах которых размещены 215 месторождений-гигантов. Дополнительно охарактеризовано еще 105 рудных гигантов вне контуров этих районов. По преобладающему источнику рудного вещества выделены две группы рудных гигантов: эпимантийная (преобладающий источник – изверженные горные породы) и эпосадочная (преобладающий источник – осадочные горные породы). Выделена причина рудогенеза (то есть концентрации рудного вещества в небольшом объеме): движение и последующее смешение резко неравновесных рудоносных флюидов вследствие изменения термодинамической обстановки. Преобладающим механизмом рудогенеза является трансвапоритовый. Этот механизм предложен еще в 1967 г. Э. Садецки-Кардошем и для своей реализации требует обязательного присутствия в осадочной толще эвапоритов.



Немова, В. Д. Изучение верхнеюрских отложений Западно-Сибирского бассейна – развитие одной инновации : пособие для тех, кто хочет трудиться осознанно и с драйвом / В. Д. Немова. – 2-е изд., с изм. – М. : МАКС Пресс, 2025. – 150 с.

В монографии изложены ключевые этапы целенаправленного изучения верхнеюрских отложений Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна, длившегося 14 лет, объединившего исследования керна, каротажа, данных сейсморазведки, промысловых экспериментов. Ключевым направлением исследований стали литологические подходы, которые в совокупности с другими методами позволили обосновать геологическую концепцию развития коллекторов внутри данной формации и установить основные направления изменения их емкостных параметров. С опорой на геологическую концепцию существенно уточнены методики построения трехмерных геологических и гидродинамических моделей сложнопостроенных верхнеюрских отложений, позволивших вести расчеты прогноза добычи нефти и спланировать эффективную разработку первых месторождений нефти верхнеюрских отложений с помощью горизонтальных скважин с гидроразрывом пласта, подтвердив модельные расчеты впервые рентабельной добычей нефти. Монография отличается тем, что, помимо этапов развития научно-методических подходов к исследованиям верхнеюрских отложений, в ней описаны и биографические моменты трудовой деятельности автора, отражающие успехи и сложности, с которыми научные коллективы сталкиваются на своем пути, что дает дополнительную пищу для размышления молодым ученым.



Ископаемые брахиоподы Оренбуржья монография / А. В. Власов [и др.]. – Оренбург : ОГУ, 2025. – 185 с. – URL: http://artlib.osu.ru/web/books/work_all/222252_20250529.pdf.

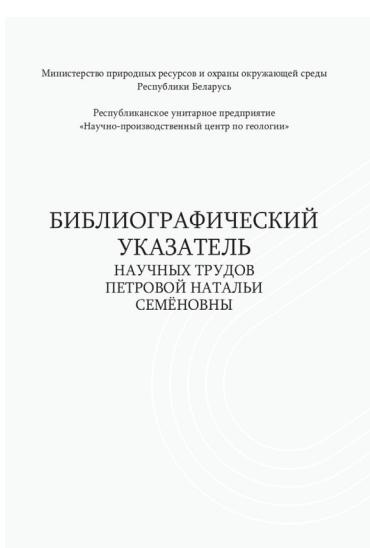
В монографии представлены результаты научных исследований, собраны и описаны виды девонских брахиопод класса Articulata (замковые), встреченные в Оренбургской области и за ее пределами. Авторы приводят подробное описание родов и видов с зарисовкой внутреннего строения и с фотографиями в различном ракурсе, как это принято в мировой практике. Монография является продолжением исследования, нашедшего свое отражение в монографии «Девонские брахиоподы Оренбуржья» тех же авторов.

Выводы и рекомендации основываются на реальных результатах исследования и могут быть внедрены в практике поисково-разведочных работ и в процессе реализации образовательных программ высшего образования.



Белорусские антарктические исследования : ежегодный научно-информационный бюллетень : посвящается 65-летию со дня подписания Договора об Антарктике (1 декабря 1959 г.). Вып. 2 / Национальная академия наук Беларусь, Институт природопользования, Республиканский центр полярных исследований ; под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Беларусь навука, 2025. – 266 с.

Представлены основные результаты деятельности XVI Белорусской антарктической экспедиции, связанные с развитием инфраструктуры Белорусской антарктической станции, проведением научно-исследовательской деятельности, укреплением международного сотрудничества с национальными антарктическими программами других стран. Приводятся сведения о сейсмологических, геолого-геофизических и термометрических исследованиях Антарктиды.



Библиографический указатель научных трудов Петровой Натальи Семёновны / Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр по геологии». – Минск : Колорград, 2025 – 68 с.

В издании приведена краткая автобиография и полный перечень научных трудов известного ученого-геолога Беларусь, кандидата геолого-минералогических наук, доцента Натальи Семёновны Петровой.

ПРАВІЛЫ ДЛЯ АЎТАРАЎ

I. У часопісе «Літасфера» публікуюцца арыгінальныя (раней не апублікаваныя) артыкулы, якія адпавядаюць тэматыцы часопіса. Да артыкула, якія накіроўваецца ў рэдакцыю часопіса, павінны прыкладацца наступныя дакументы:

раздрукаваны тэкст артыкула, падпісаны аўтарам або аўтарамі, і яго эквівалентная электронная копія;
дазвол на апублікаванне прадстаўленых матэрыялаў у адкрытым доступе;
рэцэнзія (пры наяўнасці);
суправаджальны ліст ад арганізацыі.

II. Артыкул прадастаўляецца ў рэдакцыю ў адным экзэмпляры на беларускай, рускай або англійскай мове; шрыфт – Times New Roman, кегль – 12 (у тым ліку ў формулах); міжрадковы інтэрвал – 1,15; абзац – 1,25 см; палі: злева – 2,5 см, знізу – 2 см, справа і зверху – 1,5 см; нумар старонкі прадастаўляецца ўнізе па цэнтры. Занумараваныя формулы выносяцца ў асобны радок.

III. Артыкул павінен мець наступную структуру:

індэкс па ўніверсальнай дзесятковай класіфікацыі (УДК);

назва артыкула (вялікія літары, паўтлусты шрыфт, выраўноўванне па цэнтры);

ініцыялы і прозвішчы аўтараў (паўтлусты шрыфт, выраўноўванне па цэнтры);

поўнае найменне ўстаноў з указаннем паштовага адреса, паштовага індэкса, горада, краіны для кожнага аўтара, адрес 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 абзацнага водступу, выраўноўванне па шырыні);

ключавыя слова на мове артыкула (5-10 слоў, звычайны тэкст без абзацнага водступу, выраўноўванне па шырыні);

асноўны тэкст артыкула;

спіс выкарыстаных крыніц;

анатацыя (не менш за 100 слоў) і ключавыя слова (5-10 слоў) на дзвюх іншых афіцыйных мовах часопіса.

Анатацыя (аўтарскае рэзюмэ) павінна коратка прадстаўляць вынікі работы і быць інфарматыўнай, структураванай, зразумелай у адрыве ад асноўнага тэксту артыкула.

Ключавыя слова – набор слоў, якія адлюстроўваюць змест тэксту ў тэрмінах аб'екта, 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.). Аб'ём кароткіх паведамленняў, рэцэнзій і хронікі – да 0,5 аўт. арк. (20 тыс. знакаў, або 8 с.). У аўт. артыкула таксама ўваходзяць табліцы і малюнкі, колькасць якіх не павінна перавышаць 15. Выкладзены матэрыял павінен быць дакладна структураваным і змяшчаць раздзелы: уводзіны, мэты і задачы, метады, вынікі, заключэнне (высновы). Назвы раздзелаў друкуюцца вялікімі літарамі паўтлустым шрыфтам з абзацным водступам, выраўноўванне па цэнтры.

Спіс выкарыстаных крыніц (рэкамендуецца да 40 спасылак) афармляецца ў адпаведнасці з патрабаваннямі ДАСТ 7.1-2003. Цытаваная літаратура прыводзіцца агульным спісам у алфавітным парадку, спасылкі ў тэксле даюцца парадковым нумарам у квадратных дужках (напр., [1]), раздзяляльнік – кропка з коскай; спасылкі на неапублікаваныя работы 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 – спасылку на беларускай мове, затым на англійскай; у англамоўных – спасылку на беларускай, потым на рускай; у беларускамоўных – спасылку на рускай, потым на англійскай. Пасля тэксту анатацыі прыводзяцца ключавыя слова на адпаведнай мове (5-10 слоў, звычайнае напісанне, без абзацнага водступу, выраўноўванне па шырыні).

IV. Электронны варыянт артыкула прадастаўляецца на электронным носібіце або дасылаецца па электроннай пошце ў рэдакцыю часопіса – litasfera@geologiya.by. Тэкст павінен быць набраны ў фармаце, які падтрымліваецца праграмай Microsoft Word (рэкамендуецца фарматы *.doc, *.docx), формулы – у рэдактары MathType. Устаўка сімвалаў выконваецца праз меню «Устаўка / Сімвал», верхнія і ніжнія індэксы (C^2 , C_4) – праз меню «Шрыфт / Верхні індэкс», «Шрыфт / Ніжні індэкс». Для вылучэння тэкстовых фрагментаў выкарыстоўваецца паўтлусты шрыфт ці курсіў. Для раздзялення дзесятковых дробоў выкарыстоўваецца коска (у артыкулах на англійскай мове – кропка).

V. Чорна-белья і каляровыя малюнкі ўстаўляюцца ў тэкст артыкула пасля першай згадкі, а таксама даюцца ў выглядзе асобных файлаў у высокім распазнаванні (не менш за 300 пунктаў на цалю). Пажадана таксама падаваць іх у фармаце арыгінала (Corel, дыяграмы ў Excel, Origin Pro і г. д.). Тэкст на малюнках набіраецца асноўнай гарнітурай, прычым напісанне сімвалau (грэчанскае, лацінскае) павінна адпавядаць іх напісанню ў тэксце. Памер кегля сувымерны з памерам малюнка. Фатаграфіі падаюцца ў выглядзе файлаў (tif, jpg, png, eps) і ў надрукаваным выглядзе.

VI. Артыкул, які паступіў у рэдакцыю, накіроўваецца 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. 377, рэдакцыя навуковага часопіса «Літасфера», 220084, г. Мінск, Рэспубліка Беларусь, тэл. для даведак: +375 17 395 99 78; альбо па электроннай пошце: litasfera@geologiya.by.

Часопіс выходзіць 2 разы на год, па адным нумары на паўгоддзе, артыкулы для апублікавання прымаюцца круглагадова.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

I. В журнале «Літасфера» публикуются оригинальные (ранее не опубликованные) статьи, соответствующие тематике журнала. К статье, направляемой в редакцию журнала, должны прилагаться следующие документы:

распечатанный текст статьи, подписанный автором или авторами, и его эквивалентная электронная копия;

разрешение на опубликование представленных материалов в открытом доступе;

рецензия (при наличии);

сопроводительное письмо от организации.

II. Статья предоставляется в редакцию в одном экземпляре на белорусском, русском или английском языке; шрифт – Times New Roman, кегль – 12 (в том числе в формулах); межстрочный интервал – 1,15; абзац – 1,25 см; 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.

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 без абзацного отступа, выравнивание по ширине);

основной текст статьи;

список использованных источников;

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). Названия разделов печатаются прописными буквами полужирным шрифтом с абзацным отступом, выравнивание по центру.

Список использованных источников (рекомендуется до 40 ссылок) оформляется в соответствии с требованиями 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; 3; 8 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. Текст должен быть набран в формате, поддерживаемом программой Microsoft Word (рекомендуются форматы *.doc, *.docx), формулы – в редакторе MathType. Вставка символов выполняется через меню «Вставка / Символ», верхние и нижние индексы (C^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 (в статьях на английском языке – точка).

V. Черно-белые и цветные рисунки вставляются в текст статьи после первого упоминания, а также даются в виде отдельных файлов в высоком разрешении (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 представляются в виде файлов (tif, jpg, png, eps и др.) 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 редакции не принимаются.

Материалы для публикации следует направлять по адресу: ул. Академика Купревича, 7, к. 377, редакция научного журнала «Літасфера», 220084, г. Минск, Республика Беларусь, тел. для справок: +375 17 395 99 78; либо по электронной почте: litasfera@geologiya.by.

Журнал выходит 2 раза в год, по одному номеру в полугодие, статьи для опубликования принимаются круглогодично.

AUTHOR GUIDELINES

I. The journal "Litasfera" publishes original (previously unpublished) articles that correspond to the topics of the journal. The following documents must be attached to the article sent to the editorial office:

printed text of the article, signed by the author/authors, and its equivalent electronic copy;
permission to publish submitted materials in the public domain;
review (if available);
cover letter from the organization.

II. The article is submitted to the editorial office in one copy in Belarusian, Russian or English; font – Times New Roman, size – 12 (including in formulas); line spacing – 1.15; paragraph – 1.25 cm; 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.

III. The article should have the following structure:

Universal Decimal Classification index (UDC);

title of the article (capital letters, bold type, 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;

list of 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 (up to 40 links recommended) is drawn up in accordance with the requirements of the GOST 7.1-2003. The cited literature is listed in alphabetical order, references in the text are given by number in square brackets (e. g., [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 (e. g., [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. The text must be typed in a format supported by Microsoft Word (*.doc, *.docx formats are recommended), 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 (in articles in English – a period).

V. Black-and-white and color drawings are inserted into the text of the article after the first mention, and are also provided as separate files in high resolution (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 Akademika Kuprevicha St, room 377, 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.

The journal is published twice a year, one issue per six months, articles are accepted for publication year-round.

Навуковае выданне

ЛІТАСФЕРА

2 (63)

2025

Камп'ютарная вёрстка *В. М. Вараб'ёва*
Карэктар *Т. В. Малеева*

Падпісана ў друк 24.11.2025. Фармат 60×90/8.

Папера каландраваная. Друк лічбавы.

Ум. друк. арк. 21. Ул.-выд. арк. 16,90.

Наклад 100 экз. Заказ 25551-2.

Заснавальнік: Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства
«Навукова-вытворчы цэнтр па геалогіі».
Вул. Акадэміка Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь.
Тэл. (+375 17) 248 69 24.
E-mail: litasfera@geologiya.by.

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
segment.by