

Міністэрства прыродных рэсурсаў і аховы навакольнага асяроддзя Рэспублікі Беларусь

Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства «Навукова-вытворчы цэнтр па геалогіі»

ЛІТАСФЕРА

1 (62)

РЭДАКЦЫЙНАЯ КАЛЕГІЯ

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

МІЖНАРОДНЫ РЭДАКЦЫЙНЫ САВЕТ

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

А. А. Махнач (председатель, Беларусь), М. К. Абсаметов (Казахстан), К. Е. Дегтярёв (Россия),
С. К. Кузнецов (Россия), А. Е. Лукин (Украина), Л. Маркс (Польша), Т. Перит (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. Garetsky, R. Giryn, Ya. Gribik, A. Kudzelsky, Ya. Kukharyk, A. Matsveeu, A. Mokh, V. Pashkevich,
U. Shymanovich, H. Tratsiakova, 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), T. Peryt (Poland),
O. Petrov (Russia), S. Shliaupa (Lithuania)

Фота на вокладцы: валун з расколінамі і рукатворным жолабам. Ружовы граніт дробназярністы,
у в. Касцевічы Дзяржынскага раёна; памеры: 2,5×2,4×1,4 м. Фота У. А. Крошынскага

ЗМЕСТ

■ ГЕАЛОГІЯ

Г. Д. Стральцова, А. Г. Лапцэвіч, А. Ф. Кузьмянкова, Л. А. Карымава, В. Ю. Абухоўская, Т. Ф. Сачанка, Н. У. Глаз ЛІТАБІЯСТРАТЫГРАФІЧНАЕ РАСЦЛЯНЕННЕ РАЗРЭЗАЎ ПАРАМЕТРЫЧНЫХ, КАРЦІРОВАЧНЫХ І ПОШУКАВЫХ СВДРАВІН, ПРАСВДРАВАННЫХ ВА ЎСХОДНЯЙ ЧАСТЦЫ БЕЛАРУСІ Ў 2016–2024 ГГ. Паведамленне 1. Параметрычная свідравіна Клімавіцкая 4П.....	4
А. Ф. Кузьмянкова, Г. Д. Стральцова, Т. В. Васкабойнікава, А. Г. Лапцэвіч, Л. А. Карымава, Я. Г. Раеўская, В. Ю. Абухоўская, Т. С. Зайцава, Т. Ф. Сачанка, І. Л. Коласаў БУДОВА ПЛАТФОРМЕННАГА ЧАХЛА Ў РАЗРЭЗЕ СВДРАВІНЫ КОБРЫН 1к (ПАДЛЯСКА-БРЭСЦКАЯ ЎПАДЗІНА, БЕЛАРУСЬ).....	27
В. В. Мурашка КАНАДОНТЫ З АДКЛАДАЎ КУЗЬМІЧОЎСКАГА І ТОНЕЖСКАГА ГАРЫЗОНТАЎ НИЖНЯГА ФАМЕНА ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ (БЕЛАРУСЬ)	47
У. І. Талсташэў, Р. Г. Гарэцкі, П. А. Сахарук ВУГЛЯНОСНАСЦЬ АДКЛАДАЎ НИЖНЕВІЗЕЙСКАГА ПАД'ЯРУСА НИЖНЯГА КАРБОНУ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ	61
І. Д. Клімовіч, Т. В. Якубоўская ВЫКАПНЁВЫЯ РЭПРАДУКТЫЎНЫЯ СТРУКТУРЫ ПАПАРАЦІ AZOLLA LAMARSK ПОЗНЯГА КАЙНАЗОЮ БЕЛАРУСІ	82
С. У. Дзямідава, Т. В. Якубоўская НЕКАТОРЫЯ ВЫНІКІ ДАСЛЕДАВАННЯЎ СТРАТАТЫПУ СТРАТЫГРАФІЧНАЙ МЯЖЫ ЧАЦВЯРЦІЧНАЙ СІСТЭМЫ БЕЛАРУСІ КАЛЯ ВЁСАК ДВАРЭЦ І ХОЛМЕЧ НА ДНЯПРЫ	94
В. У. Васнёва, У. Я. Волкаў, В. А. Бярозка, А. М. Чэравач, Т. А. Конанова, К. Д. Роўкач РЭКАМЕНДАЦЫІ ПА РАЦЫЯНАЛЬНЫМ ВЫКАРЫСТАННІ І АХОВЕ ПАДЗЕМНЫХ ВОД АД СПУСТАШЭННЯ Ў БЕЛАРУСКАЙ ЧАСТЦЫ БАСЕЙНА РАКІ ПРЫПЯЦЬ	104

■ ГЕАХІМІЯ

А. А. Махнач, Б. Г. Пакроўскі, А. Г. Лапцэвіч, А. Ф. Кузьмянкова, Г. Д. Стральцова, Н. С. Якаўлева, В. В. Мурашка ПАРАЎНАЛЬНЫ АНАЛІЗ ІЗАТОПНЫХ (С, О) ВАРЫЯЦЫЙ У АДКЛАДАХ НИЖНЕ- І СЯРЭДНЕДЭВОНСКІХ ГАРЫЗОНТАЎ НА ЛАТВІЙСКАЙ І ЖЛОБІНСКАЙ СЕДЛАВІНАХ, ПАЎНОЧНА-ПРЫПЯЦКІМ ПЛЯЧЫ І ВАРОНЕЖСКАЙ АНТЭКЛІЗЕ (БЕЛАРУСЬ)	117
Н. І. Кандраценка, Я. Г. Грыб'ік ЭКСПЕРЫМЕНТАЛЬНЫЯ ЛАБАРАТОРНЫЯ ДАСЛЕДАВАННІ СІСТЭМЫ «РАСОЛА – ПАРОДА – НАФТА» Ў ПРЫПЯЦКАМ ПРАГІНЕ.....	135
А. П. Гусеў ГАЗАГЕАХІМІЧНЫЯ ІНДЫКАТАРЫ ГЕАДЫНАМІЧНА АКТЫЎНЫХ ЗОН.....	147

■ КАРЫСНЫЯ ВЫКАПНІ

Н. С. Пятрова КАЛІЙНЫЯ РУДЫ ГЛЫБОКАЗАЛЯГАЮЧЫХ ЗАЛЕЖАЎ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ: СТРУКТУРНА-РЭЧЫЎНЫ АСПЕКТ	157
А. А. Чэкан ДАСЛЕДАВАННЕ ЎПЛЫВУ ПЕТРАФІЗІЧНЫХ УЛАСЦІВАСЦЕЙ КАЛЕКТАРАЎ НА ЭФЕКТЫЎНАСЦЬ ПРЫМЯНЕННЯ ШМАТЭТАПНАГА ЦЫКЛІЧНАГА ЎЗДЗЕЯННЯ НА СТАРЫХ ЗАЛЕЖАХ З ТРЭШЧЫННА-ПАРАВЫМІ КАЛЕКТАРАМІ РАДОВІШЧАЎ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ	165
А. А. Шаруноў, Д. М. Барабанова ПОШУК НЕСТРУКТУРНЫХ ПАСТАК ВА ЎМОВАХ ФАРМІРАВАННЯ НАДРАЗЛОМНАЙ ТРЭШЧЫНАВАТАСЦІ ЦЭНТРАЛЬНАГА СТРУКТУРНА-ТЭКТАНІЧНАГА АРЭАЛА ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ	176
С. М. Болдыраў, А. М. Клубук СУПАСТАЎЛЕННЕ ДАНЫХ РАЗВЕДКІ І РАСПРАЦОЎКІ Ш КАЛІЙНАГА ГАРЫЗОНТУ ЧАЦВЕРТАГА ШАХТНАГА ПОЛЯ СТАРОБІНСКАГА РАДОВІШЧА КАЛІЙНЫХ СОЛЕЙ	191
А. Б. Тарбенка, А. М. Галкін, К. С. Малькоў ПРЫМЯНЕННЕ БЕСПЛОТНЫХ ЛЯТАЛЬНЫХ АПАРАТАЎ ДЛЯ ВЫЗНАЧЭННЯ ЗДАБЫВАЕМЫХ АБ'ЁМАЎ ЗЕМЛЯНЫХ МАС З АДКРЫТЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБАТАК	197

■ КАРОТКІЯ ПАВЕДАМЛЕННІ

Д. П. Плакс АБ ЗНАХОДКАХ ПЕРААДКЛАДЗЕННЫХ РЭШТКАЎ ДЭВОНСКАЙ ІХТЫЯФАЎНЫ Ў ЧАЦВЯРЦІЧНЫХ АДКЛАДАННЯХ НАВАКОЛІЯ Г. СТАРЫЯ ДАРОГІ (МІНСКАЯ ВОБЛАСЦЬ, БЕЛАРУСЬ)	205
І. Р. Захарыя ТРАНСФАРМАЦЫЯ ПРЫРОДНЫХ ГЕАЛАГІЧНЫХ СІСТЭМ.....	212

■ ДАВЕДАЧНЫЯ МАТЭРЫЯЛЫ

С. У. Дзямідава, П. А. Сахарук Агляд публікацый, якія ўвайшлі ў справаздачу Стратыграфічнай камісіі Беларусі за 2024 год.....	216
--	-----

■ КРЫТЫКА І ДЫСКУСІІ

Пра кнігу В. М. Бескапыльнага «Нашы скрыжаванні: эвалюцыя прыроды на шляху да чалавецтва»	222
---	-----

■ ЮБІЛЕІ

Роза Адамаўна Зінава (да 90-годдзя з дня нараджэння)	224
Наталля Сямёнаўна Пятрова (да 80-годдзя з дня нараджэння).....	226
Уладзімір Георгіевіч Левашкевіч (да 70-годдзя з дня нараджэння)	228
Аляксандр Мікалаевіч Галкін (да 60-годдзя з дня нараджэння)	232

■ ПАМ'ЯЦІ ВУЧОНАГА

Гаўрыла Іванавіч Гарэцкі (да 125-годдзя з дня нараджэння).....	234
Мікалай Аляксандравіч Карнілаў (да 100-годдзя з дня нараджэння)	236
Альберт Аляксандравіч Багдасараў (да 90-годдзя з дня нараджэння)	238
Міхаіл Андрэевіч Вальчык – таленавіты даследчык геалогіі квартэра Беларусі.....	240

■ НАВІНКІ ЛІТАРАТУРЫ

ПРАВІЛЫ ДЛЯ АЎТАРАЎ	242
ПРАВІЛЫ ДЛЯ АЎТАРАЎ	245

СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

■ ГЕОЛОГИЯ – GEOLOGY

- Г. Д. Стрельцова, А. Г. Лапцевич, О. Ф. Кузьменкова, Л. А. Каримова, В. Ю. Обуховская, Т. Ф. Саченко, Н. В. Глаз
ЛИТОБИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ РАСЧЛЕНЕНИЕ РАЗРЕЗОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ, КАРТИРОВОЧНЫХ И ПОИСКОВЫХ СКВАЖИН,
ПРОБУРЕННЫХ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ В 2016–2024 ГГ. Сообщение 1. Параметрическая скважина Климовичская 4П 4
- О. Ф. Кузьменкова, Г. Д. Стрельцова, Т. В. Воскобойникова, А. Г. Лапцевич, Л. А. Каримова, Е. Г. Раевская, В. Ю. Обуховская,
Т. С. Зайцева, Т. Ф. Саченко, И. Л. Колосов
СТРОЕНИЕ ПЛАТФОРМЕННОГО ЧЕХЛА В РАЗРЕЗЕ СКВАЖИНЫ КОБРИН 1к (ПОДЛЯССКО-БРЕСТСКАЯ ВПАДИНА, БЕЛАРУСЬ) 27
- О. Murashko
CONODONTS FROM THE SEDIMENTS OF THE LOWER FAMENNIAN KUZMICH AND TONEZH HORIZONS OF THE PRIPYAT TROUGH
(BELARUS) (КОНОДОНТЫ ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ КУЗМИЧЕВСКОГО И ТОНЕЖСКОГО ГОРИЗОНТОВ НИЖНЕГО ФАМЕНА
ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА (БЕЛАРУСЬ)) 47
- В. И. Толстошеев, Р. Г. Гарецкий, П. О. Сахарук
УГЛЕНОСНОСТЬ ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕВИЗЕЙСКОГО ПОДЪЯРУСА НИЖНЕГО КАРБОНА ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА 61
- И. Д. Климович, Т. В. Якубовская
ИСКОПАЕМЫЕ РЕПРОДУКТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ ПАПОРОТНИКА AZOLLA LAMARCK ПОЗДНЕГО КАЙНОЗОЯ БЕЛАРУСИ 82
- С. В. Демидова, Т. В. Якубовская
НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЙ СТРАТОТИПА СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ГРАНИЦЫ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ СИСТЕМЫ
БЕЛАРУСИ У ДЕРЕВЕНЬ ДВОРЕЦ И ХОЛМЕЧ НА ДНЕПРЕ 94
- О. В. Васнёва, В. Е. Волков, О. А. Берёзко, Е. М. Черевач, Т. А. Кононова, К. Д. Ровкач
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ОХРАНЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ИСТОЩЕНИЯ В БЕЛОРУССКОЙ
ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ ПРИПЯТЬ 104
- ГЕОХИМИЯ – GEOSCHEMISTRY
- А. А. Махнач, Б. Г. Покровский, А. Г. Лапцевич, О. Ф. Кузьменкова, Г. Д. Стрельцова, Н. С. Яковлева, О. В. Мурашко
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОТОПНЫХ (С, О) ВАРИАЦИЙ В ОТЛОЖЕНИЯХ НИЖНЕ- И СРЕДНЕДЕВОНСКИХ ГОРИЗОНТОВ
НА ЛАТВИЙСКОЙ И ЖЛОБИНСКОЙ СЕДЛОВИНАХ, СЕВЕРО-ПРИПЯТСКОМ ПЛЕЧЕ И ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЕ
(БЕЛАРУСЬ) 117
- Н. И. Кондратенко, Я. Г. Грибик
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ «РАССОЛ – ПОРОДА – НЕФТЬ» В ПРИПЯТСКОМ
ПРОГИБЕ 135
- А. П. Гусев
ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ГЕОДИНАМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЗОН 147
- ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ – MINERAL RESOURCES
- Н. С. Петрова
КАЛИЙНЫЕ РУДЫ ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ ЗАЛЕЖЕЙ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА: СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЙ АСПЕКТ 157
- А. О. Чекан
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОЛЛЕКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
МНОГОЭТАПНОГО ЦИКЛИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗРЕЛЫХ ЗАЛЕЖАХ С ТРЕЩИННО-ПОРОВЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА 165
- А. А. Шарунов, Д. М. Барабанова
ПОИСК НЕСТРУКТУРНЫХ ЛОВУШЕК В УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ НАДРАЗЛОМНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО
СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОГО АРЕАЛА ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА 176
- С. Н. Болдырев, А. М. Клабук
СОПОСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ III КАЛИЙНОГО ГОРИЗОНТА ЧЕТВЕРТОГО ШАХТНОГО ПОЛЯ
СТАРОВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ 191
- А. Б. Торбенко, А. Н. Галкин, К. С. Мальков
ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗВЛЕКАЕМЫХ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ
МАСС ИЗ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК 197
- КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ – RESEARCH BRIEFS
- D. Plax
ON THE FINDINGS OF REDEPOSITED REMAINS OF THE DEVONIAN ICHTHYOFAUNA IN THE QUATERNARY DEPOSITS IN THE VICINITY
OF STARIYE DOROGI (MINSK REGION, BELARUS) (О НАХОДКАХ ПЕРЕОТЛОЖЕННЫХ ОСТАТКОВ ДЕВОНСКОЙ ИХТИОФАУНЫ
В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. СТАРЫЕ ДОРОГИ (МИНСКАЯ ОБЛАСТЬ, БЕЛАРУСЬ)) 205
- И. Р. Захария
ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ 212
- СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – REFERENCE MATERIALS
- С. В. Демидова, П. О. Сахарук
Обзор публикаций, вошедших в отчет Стратиграфической комиссии Беларуси за 2024 год 216
- КРИТИКА И ДИСКУССИИ – CRITIQUE AND DISCUSSION
- О книге В. Н. Бескопыльного «Наши развилки: эволюция природы на пути к человечеству» 222
- ЮБИЛЕИ – ANNIVERSARIES
- Роза Адамовна Зинова (к 90-летию со дня рождения) 224
- Наталья Семеновна Петрова (к 80-летию со дня рождения) 226
- Владимир Георгиевич Левашкевич (к 70-летию со дня рождения) 228
- Александр Николаевич Галкин (к 60-летию со дня рождения) 232
- ПАМЯТИ УЧЕНОГО – IN MEMORIAM
- Гаврила Иванович Горецкий (к 125-летию со дня рождения) 234
- Николай Александрович Корнилов (к 100-летию со дня рождения) 236
- Альберт Александрович Богдасаров (к 90-летию со дня рождения) 238
- Михаил Андреевич Вальчик – талантливый исследователь геологии квартала Беларуси 240
- НОВИНКИ ЛИТЕРАТУРЫ – NEW LITERATURE 242
- ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ – AUTHOR GUIDELINES 245

ГЕАЛОГІЯ

УДК 550.85/86(476)

ЛИТОБИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ РАСЧЛЕНЕНИЕ РАЗРЕЗОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ, КАРТИРОВОЧНЫХ И ПОИСКОВЫХ СКВАЖИН, ПРОБУРЕННЫХ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ В 2016–2024 ГГ.

Сообщение 1. Параметрическая скважина Климовичская 4П

Г. Д. Стрельцова, А. Г. Лапцевич, О. Ф. Кузьменкова, Л. А. Каримова,
В. Ю. Обуховская, Т. Ф. Саченко, Н. В. ГлазГосударственное предприятие «НПЦ по геологии»
Филиал «Институт геологии»
ул. Академика Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь
E-mail: geomin_st@geologiya.by, geomin_lap@geologiya.by

Приведены сведения о строении, вещественном составе, структурно-текстурных особенностях, палинологических, макро- и микрофаунистических характеристиках и условиях образования разновозрастных отложений платформенного чехла, вскрытых параметрической скважиной Климовичская 4П, пробуренной на востоке Беларуси в процессе региональных геологоразведочных работ в рамках Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» (подпрограмма 1 «Недра Беларуси») на 2021–2025 гг.

Ключевые слова: глубинное геологическое картирование, параметрическая скважина, платформенный чехол, Оршанская впадина, Воронежская антеклиз, Климовичская грабен-синклиналь, Краснопольская впадина, шеровичская серия, литобиостратиграфический разрез.

ВВЕДЕНИЕ

В 2016–2020 гг. в восточной части территории Беларуси (восточные районы Гомельской и Могилевской областей) в рамках Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2016–2020 гг., подпрограммы «Изучение недр и развитие минерально-сырьевой базы» проводились региональные геологоразведочные работы по глубинному геологическому картированию масштаба 1 : 200 000 (ГГК 200) территории сочленения Припятского прогиба, Брагинско-Лоевской седловины и Воронежской антеклизы и созданию сети опорных геолого-геофизических профилей и бурению параметрических скважин с целью выявления месторождений полезных ископаемых в недрах слабо изученных в геологическом отношении территорий страны.

Работы по ГГК 200 охватывали территорию листов N-36-XIX (Могилев), N-36-XXV (Жлобин), N-36-XXXI (Гомель) и N-36-XXXII (Добруш) в границах Беларуси, в тектоническом отношении представляющую область сочленения структур I порядка Восточно-Европейской платформы: Оршанской впадины, Жлобинской седловины, Воронежской антеклизы и Припятского прогиба, где были пробурены четыре глубокие (на 100 м глубже поверх-

ности кристаллического фундамента) картировочные скважины ГГК-1, ГГК-2, ГГК-3 и ГГК-4 и четыре мелкие (до 50 м глубиной) поисковые. В пределах этой же территории был пройден опорный геофизический профиль Гомель – Могилев (профиль I) с двумя субширотными рассечками – «Жлобин» и «Добруш». Профиль отработан сейсмическим методом общей глубинной точки (СОГТ), а также гравиметрическим, магнитометрическим и атмогеохимическими методами. Вдоль профиля пробурены три параметрические скважины – Прибор 1, Кормянская 1 и Быховская 1 и еще две скважины – Приволье 2П и Добруш 3П – на рассечке «Добруш». Кроме того, одна глубокая скважина – Северо-Полоцкая 1П – пробурена в северной части Беларуси.

В последующие годы региональные геологоразведочные работы по заданию «Комплексное геологическое доизучение и актуализация базы данных в целях составления государственных геологических карт масштаба 1 : 200 000 нового поколения для территории листов N-36-XIII (Орша), N-36-XIV (Мстиславль), N-36-XX (Кричев), N-36-XXI (Хотимск), N-36-XXVI (Светиловичи (Красная Гора, Российская Федерация)), N-36-XXVII (Белынкавичи (Клинцы, Российская Федерация)) в аналоговой и цифровой формах» (в пределах белорусской территории) осуществлялись в рамках вышеназванной

Государственной программы, подпрограммы «Недра Беларуси», принятой на 2021–2025 гг. В процессе выполнения этих работ был заложен и пройден сейсмическим методом общей глубинной точки (СОГТ), а также гравиметрическим, магнитометрическим и атмогеохимическим методами второй профиль (II–II), проведены площадные гравиметрические работы и пробурены три параметрические скважины – Климовичская 4П, 6П (н. п. Смольки) и 5П (н. п. Железники). Целью этих работ было получение новых данных о глубинном строении платформенного чехла и верхней части кристаллического фундамента самых восточных слабоизученных участков недр Беларуси, определение их минерагенического потенциала и корреляция геологической информации о глубинном строении недр республики и РФ.

Кроме того, на 2021–2025 гг. было запланировано бурение четырех глубоких скважин в рамках мероприятия «Геологическое доизучение Гомельско-Добрушской территории в целях определения минерагенического потенциала пород кристаллического фундамента и платформенного чехла». Бурение трех скважин завершено, однако в рамках научного сопровождения палеонтологическим методом изучены дочетвертичные отложения лишь скв. ГДП-2, а литолого-геохимическое изучение отложений платформенного чехла осуществлялось в качестве методического сопровождения лишь для скв. ГДП-1.

Расположение картировочных и параметрических скважин и сейсмических профилей на территории проведения региональных геологоразведочных работ в 2016–2024 гг. показано на рисунке 1.

Таким образом, за последнее десятилетие в восточной части Беларуси пробурены 16 глубоких скважин, прошедших платформенный чехол и вскрывших верхние 100 м кристаллического фундамента. И хотя 16 глубоких скважин для столь значительной территории не так уж и много, геологические материалы, полученные при бурении, в значительной мере уточняют и детализируют строение недр Беларуси, а иногда и существенно меняют наши представления о них.

Авторские лито- и биостратиграфические исследования отложений платформенного чехла выполнялись в качестве методического сопровождения и научного обеспечения региональных геологоразведочных работ. Стратиграфическое расчленение геологических разрезов скважин осуществлялось в соответствии со Стратиграфическими схемами, утвержденными к использованию в 2010–2017 гг. [8]. В результате по разрезу каждой из скважин получен значительный и качественный материал, дающий детальное представление о составе и строении отложений платформенного чехла в восточной части территории Беларуси. Публикацию этих материа-

лов авторы решили начать с геологического разреза скв. Климовичская 4П как самой глубокой из недавно пробуренных и вскрывшей наиболее полный разрез платформенного чехла в восточной части Беларуси.

МЕТОДИКА, МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Методика исследований была одинаковой для всех скважин и включала изучение и интерпретацию первичных геолого-геофизических данных текущих работ и актуализацию геолого-геофизических материалов прошлых лет, выполнение комплексных литолого-геохимических и биостратиграфических исследований, корреляцию геологических разрезов и картопостроительные работы.

Объектом исследований являлись горные породы (кern), слагающие дочетвертичные отложения платформенного чехла. Работы включали изучение, описание и фотодокументацию геологического разреза скважины, отбор образцов и проб на аналитические исследования, изучение вещественного состава и структурно-текстурных особенностей пород, заключенных в них фаунистических и флористических остатков, интерпретацию полученных данных, литобиостратиграфическое расчленение разрезов, установление формационной и фациальной принадлежности отложений и определение их минерагенического потенциала. Основными анализируемыми характеристиками являлись глубина залегания, мощность, литологические и петрографические типы пород, минеральный и химический составы, структурно-текстурные особенности, палинологические и фаунистические комплексы и др.

Вещественный (минеральный и химический) состав и структурно-текстурные характеристики пород были изучены с использованием оптического петрографического, рентгендифрактометрического (рентгеноструктурного), рентгенофлюоресцентного, минералогического, спектрального эмиссионного, электронно-зондового, масс-спектрометрического с индуктивно связанной плазмой методов, а также газометрического метода определения общей карбонатности пород и оксидометрического метода определения органического углерода, а ископаемые флористические и фаунистические остатки, заключенные в породах, – с применением споро-пыльцевого, макро- и микрофаунистического анализов. На основе комплекса аналитических исследований осуществлялось окончательное литобиостратиграфическое расчленение и корреляция геологических разрезов картировочных и параметрических скважин с разрезами скважин из актуализированной базы данных буровой изученности; завершающими были работы по составлению литобиостратиграфических колонок-разрезов по каждой из скважин.



Рисунок 1 – Расположение картировочных и параметрических скважин и сейсмических профилей I-I и II-II на территории проведения региональных геологоразведочных работ (листы масштаба 1 : 200000 N-36-XIII (Орша), N-36-XIV (Мстиславль), N-36-XIX (Могилев), N-36-XX (Кричев), N-36-XXI (Хотимск), N-36-XXV (Жлобин), N-36-XXVI (Светиловичи (Красная Гора, РФ)), N-36-XXVII (Белынкавичи (Клинцы, РФ)), N-36-XXXI (Гомель) и N-36-XXXII (Добруш (Новозыбков, РФ)). Цифрами обозначены: 1 – Гомельская структурная перемычка, 2 – северный борт Днепровского грабена

ГЕАЛОГІЯ

Литологическое расчленение отложений платформенного чехла осуществлялось по керну и контролировалось данными каротажных диаграмм:

положение литологических и литостратиграфических границ и перерывов определялось по смене литологических разностей пород и кривым ГИС.

Выделение литологических типов пород основывалось на визуальной оценке вещественного состава (минеральных и органических компонентов), структурно-текстурных особенностей и соотношении главным образом карбонатной и терригенной составляющих и корректировалось с учетом результатов оптического петрографического, рентгенофлуоресцентного, рентгенофазового, газометрического и оксидометрического анализов. Окончательное литобиостратиграфическое расчленение осуществлялось после выполнения микрофаунистических и палинологических определений.

ЗАДАЧИ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Параметрическая скв. Климовичская 4П пробурена в 2022 г. в юго-восточной части территории листа N-36-XX (Кричев), юго-западнее н. п. Высокое Климовичского района Могилевской области (близ зоны отселения). Абсолютная отметка устья скважины – 180,72 м, глубина проходки скважины – 1102 м, это самая глубокая скважина в регионе, с наибольшей мощностью платформенного чехла, составляющей 1057,1 м. Бурением скв. Климовичская 4П предполагалось решить несколько задач. В соответствии с общепринятыми представлениями о геологическом строении кристаллического фундамента Беларуси [1; 2; 3] рассматриваемый район приходится на северо-восточную часть Осницко-Микашевичского вулcano-плутонического пояса, где в области развития гранитов и гранодиоритов раннепротерозойского микашевичского комплекса на их поверхности по данным комплексных геофизических исследований установлена наложенная отрицательная структура, называемая Краснопольской впадиной, или Климовичской грабен-синклиналью.

Предполагалось, что эта впадина, подобно Бобруйской кольцевой структуре, выполнена позднепротерозойскими стратифицированными образованиями лучковской и мышковичской свит бобруйской серии. Уточнить вещественный состав (петрографический тип) пород микашевичского комплекса здесь и заверить бурением наличие впадины и ее выполнение стратифицированными образованиями бобруйской серии было первоочередной задачей при выборе места заложения скважины.

Второй и главной задачей, как и вообще всех региональных работ, было уточнение здесь, в зоне сочленения Оршанской впадины и Суражского погребенного выступа Воронежской антеклизы, строения платформенного чехла и минерагеническая оценка слагающих его отложений, особенно верхних горизонтов, на наличие возможных рудопроявлений

и месторождений, в частности, минерального сырья, применяемого в качестве строительных материалов или используемого для их производства.

Выполнение этих задач позволяет попутно решить и другие актуальные вопросы, такие как биостратиграфическая корреляция осадочных образований в пределах восточной части Беларуси и с сопредельными территориями России; интерпретация петрофизических параметров опорного регионального геофизического профиля; маркирование в вертикальном геологическом разрезе тектонических нарушений, фиксируемых геофизическими методами.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Авторские исследования касались литолого-геохимического и палеонтологического изучения пород. Литолого-геохимическое изучение пород платформенного чехла проводилось с применением ряда вышеназванных аналитических методов, доступных в государственном предприятии «НПЦ по геологии». В частности, комплекс аналитических исследований включал оптическую микроскопию, позволяющую определить вещественный состав (породообразующие и акцессорные минералы, органические компоненты) и структурно-текстурные особенности породы (изготовлено, изучено и зафотодокументировано 90 шлифов); рентгеноструктурный (рентгенодифрактометрический, или рентгенофазовый) анализ, позволяющий установить присутствие кристаллических минеральных фаз, содержащихся в породе в количестве более 5–10 % (проанализировано 149 порошковых проб); определение общей карбонатности породы и содержания карбонатных минералов объемным газометрическим методом (110 порошковых проб); определение содержания органического углерода ($C_{орг}$) оксидометрическим методом (2 пробы); эмиссионный спектральный полуколичественный анализ (82 пробы); макро-, микрофаунистическим и споро-пыльцевым анализом охвачены девонские, юрские и меловые стратоны (изучено 250 проб-препаратов).

Описательная часть литобиостратиграфического разреза завершилась его графическим построением в масштабе 1 : 500 и подготовкой заключения о литолого-геохимических и структурно-текстурных особенностях пород из дочетвертичных отложений платформенного чехла, вскрытых скв. Климовичская 4П. Полный литобиостратиграфический разрез платформенного чехла, вскрытый скв. Климовичская 4П, представлен на рисунках 2–6. Литобиостратиграфическое описание этого разреза снизу вверх (от подошвы к кровле) приведено ниже.

	Валунно-галечный материал		Мел		Ожелезнение
	Песок крупнозернистый		Мел опесчаненный		Карбонатность
	Песок среднезернистый		Мел сильно опесчаненный		Ксенолиты
	Песок мелкозернистый		Мел глинистый		Перерывы в осадконакоплении
	Песок глауконитово-кварцевый		Мергель		Растительные остатки
	Алевролит		Мергель доломитовый		Включения раковинного детрита
	Глина		Доломит		Аммониты
	Глина алевролитовая		Доломит органогенный		Двустворки
	Глина известковая		Доломит опесчаненный		Включения костных остатков рыб
	Глина доломитовая		Доломит глинистый		Черви
	Глина аргиллитоподобная		Доломит оолитовый		Ходы илоедов
	Песчаник		Гипс		Туффит
	Гравелит		Углистый прослой		Туф алевролитовый
	Песчаник грубозернистый до гравелита		Сидерит		Трещиноватость
	Песчаник разнозернистый		Фосфоритовая галька, стяжения и конкреции		Зеркала скольжения
	Песчаник среднезернистый и мелкозернистый		Конкреции пирита, пиритизация		Кора выветривания
	Песчаник карбонатный		Глауконит		Граниты
	Песчаник кварцитовидный		Каолинитизация		
	Тиллит песчаный разнозернистый		Кавернозность		
	Алевролит		Слюдистость		
	Алевролит глинистый		Оолиты		

Рисунок 6 – Условные обозначения к рисункам 2–5

Литобиостратиграфический разрез дочетвертичных отложений платформенного чехла, вскрытых скважиной Климовичская 4П

Разрез платформенного чехла, вскрытый скв. Климовичская 4П, представлен мощной, более чем километровой (1057,1 м) толщиной осадочных и вулканогенно-осадочных отложений, залегающих на коре выветривания пород кристаллического фундамента.

Породы кристаллического фундамента вскрыты в интервале 1057,1–1102,0 м и представлены в верхней части биотит-полевошпат-кварцевыми среднекристаллическими гранитами с невысоким содержанием роговой обманки. Самый верхний интервал (1057,1–1058,1 м) фиксируется в керне развитием некрепких, разбитых субвертикальными трещинами зеленовато-серых милонитизированных, сильно измененных гранитов – корой выветривания кристаллического фундамента.

В геологическом строении вышележащего дочетвертичного разреза платформенного чехла принимают участие верхнепротерозойские терригенные (рифейские и вендские) и вулканогенно-осадочные (вендские) отложения, а также палеозойские (девонские) и мезозойские (юрские и меловые) терригенно-карбонатные отложения, характеризующиеся разнообразием слагающих их литологических типов пород, отражающих особенности условий осадочного пороодообразования в рассматриваемом регионе в течение позднего протерозоя и фанерозоя.

Верхнепротерозойская эонотема Средне-верхнерифейская (?) эратемы

В основании платформенного чехла в интервале глубин 639,0–1057,1 м залегает неоднородная терригенная толща мощностью 418,1 м, по положению в разрезе и литологическим особенностям отнесенная к рифейским образованиям. В строении рифейской толщи при макроскопическом изучении керна по вещественному составу и структурно-текстурным характеристикам достаточно отчетливо выделяются три литологические подтолщи.

В основании рифейских отложений (1040,6–1057,1 м) залегает подтолща конгломератов и гравелитов (нижняя подтолща), состоящая из обломков измененных пород (гранитов) кристаллического фундамента, сцементированных красно-коричневым железисто-глинистым и светлым зелено-серым песчано-глинистым материалом. Обломки разного размера (от крупногравийного до крупновалунного), формы (от округлых до неправильной формы) и степени окатанности (от оскольчатых до окатанных) представлены фрагментами измененных гранитов и слагающих их кварцевых и полевошпатовых кристаллов. В этой подтолще конгломератов и гравелитов отмечаются маломощные (в керне от 2 до 20 см) прослои песчаников аркозовых биотит-полевошпат-кварцевых и олигомиктовых полевошпат-кварцевых, светлых бежево-серых и зеленовато-серых, разномерных, преимущественно мелко-среднезернистых с примесью тонко- и крупнопсаммитовых зерен. Песчаники крепкие, массивные, с глинистым и доломитово-глинистым цементом базального типа, также содержат обломки измененных пород фундамента гравийного размера и слойки песчано-глинистого материала. Ассоциация литотипов пород, их вещественный состав и структурно-текстурные особенности наводят на мысль о коллювиально-пролювиальном происхождении обломочных масс и их накоплении в локальном мелководном бассейне, возможно, временами с повышенной соленостью, на что указывает участие доломита в составе глинистого цемента базального типа

в песчаниках. Возможна, однако, и более поздняя, катагенетическая кристаллизация карбоната в пустотном пространстве песчаников.

Над подтолщей конгломератов в интервале 958,5–1040,6 м обособляется подтолща мощностью 82,1 м красноцветных слоистых песчаников. Размер обломочного материала, слагающего песчаники, цвет и плотность его упаковки варьируют по разрезу: чередуются разномерные и равномернозернистые песчаники (преимущественно средне-мелкозернистые) кварцевого состава, горизонтально- и косослоистые, то крепкие и плотные (преимущественно в нижней части подтолщи), то некрепкие и рыхлые (до песков в керне) – в зависимости от состава, количества и типа цементирующей массы. На гл. 988,3 м залегает кварцевый гравелистый песчаник (до гравелита), фиксирующий новый эпизод осадконакопления и сменяемый вверх по разрезу сначала песчаниками, в основном среднезернистыми, с хорошо сортированным, в разной степени окатанным кварцевым материалом, а затем более мелкозернистыми разностями с примесью крупного псаммитового материала или с бимодальным распределением обломков мелкого и крупного размера. Наиболее часто встречаются песчаники кварцевые разномерные, преимущественно среднезернистые с заметным количеством зерен кварцитовидного строения. Обломочные зерна большей частью окатанные, имеют железистые «рубашки» и цементируются небольшим количеством железисто-гидрослюдисто-каолинистого вещества порового типа, распределенного в породе фрагментарно, в виде мелких гнезд. Соотношения зерен конформные, контакты в основном линейные, внизу пачки слабоизвилистые. Судя по литологическим признакам, песчаники представляют собой мелководно-морские или прибрежные отложения зрелого материала, аккумуляровавшегося в окислительных условиях пресноводного бассейна, с заметным стратиграфическим перерывом перекрывающие нижележащие коллювиально-пролювиальные образования.

Выше, в интервале 896,5–958,5 м (мощность 62,0 м), залегает подтолща красноцветных слоистых преимущественно кварцевых песчаников с тонкими, миллиметровыми (до 0,5 см) прослоями лилово-терракотовых гидрослюдистых глин и алевроитового материала, с пятнами и полосами вторичного осветления. Как и в нижележащих отложениях размер обломочного материала, цвет и плотность упаковки варьируют по разрезу, определяя ее пятнисто-полосчатый облик. В основании подтолщи фиксируется прослой гравелита мощностью 0,2 м с обломками минералов (кварца) и пород размером до 0,5 см.

Цементация обломочного материала песчаников неравномерная за счет «рубашек»-каемок железистого и малого количества глинистого (гидрослюдисто-каолинитового) вещества порового типа, а на отдельных участках зерна контактируют без цемента. Конформные соотношения зерен более извилистые со следами вдавливания, растворения и регенерации. Прослойки терракотовых аргиллитов с трещинами усыхания в кровле пачки свидетельствуют о некотором перерыве в осадконакоплении или существенном обмелении бассейна седиментации. Можно предполагать, что отложения пачки отвечают периодам активизации гидродинамики в мелководных и прибрежных условиях пресного бассейна.

Завершает разрез рифейских образований (639,0–896,5 м) подтолща кварцевых коричневато-розовых, кремневых песчаников (мощность 257,5 м), большей частью массивных, от мелко- до крупнозернистых, равномерно- и разнозернистых, с пятнами и полосами вторичного осветления, с гравийно-галечными конгломератами в базальных слоях и несколькими горизонтами валунов лилово-серых кварцитов в нижней половине подтолща. В верхней части подтолща отмечаются трещины под углом $\sim 45^\circ$ к оси ядра со слабо выраженными зеркалами скольжения.

В строении подтолща среди мономинеральных кварцевых песчаников обнаружено два интервала развития полевошпатсодержащих песчаников: маломощный (871,0–873,0 м) интервал олигомиктовых полевошпат-кварцевых песчаников (калиевых полевых шпатов до 20–25 %) – единственный в объеме рифейских подтолщ, и второй интервал (750,0–834,0 м) кварцевых песчаников с примесью полевых шпатов до 5–10 %. В цементации обломков всех песчаников участвует небольшое количество рентгеноаморфного железистого и тонкошелушчатого глинистого (каолинитового) вещества порово-каемочного типа. Характерной особенностью верхней подтолща является широкое развитие в песчаниках регенерационного кварцевого цемента обрастания зерен в интервале 854,0–896,0 м. В верхней части подтолща выявлены интервалы развития вторичного пойкилитового гипсового цемента порового типа (гл. 811,1; 805,0; 796,0; 731,0; 691,3 м).

Необходимо отметить, что при проходке скважины на гл. около 896,0 м произошла авария, в процессе послеаварийной проходки мог произойти сбой в последовательности поднятия ядра; эта же глубина стала «стыковочной» в записи кривых каротажа. По этой или другой объективной причине ядро в интервале 877,0–896,0 м представляет собой многократное чередование кремневых и красноцветных кварцевых песчаников, разбитых косы-

ми и субвертикальными трещинами, с горизонтами окатанных валунов лиловых овручских кварцитов и гравийно-галечным обломочным материалом.

Достаточно уверенно расчлененная в ядре по литологическим признакам рифейская толща была предварительно идентифицирована и в стратиграфическом отношении: нижняя подтолща конгломератов и гравелитов (1040,6–1057,1 м) предположительно рассматривалась как возможный аналог нижней части среднерифейской шероховатой серии (аналог гатынской свиты в скв. Рудня 1 на территории Смоленской области РФ), а вышележащая подтолща слоистых красноцветных песчаников (958,5–1040,6 м) – в качестве верхней части шероховатой серии – бортниковской свиты (аналога рутавечской свиты в скв. Рудня 1). Перекрывающая подтолща красноцветных песчаников с маломощными прослоями лилово-терракотовых глин и алевролитов выделялась как руднянская свита (аналог пинской свиты) средне-верхнерифейской белорусской серии, а венчающая разрез рифейских отложений подтолща коричневато-розовых и кремневых массивных песчаников – как оршанская свита (белорусская серия). Однако после детального изучения пород оптическим микроскопическим методом обнаружилось, что вещественный (минеральный) состав и структурно-текстурные характеристики песчаников изученных подтолщ не вполне соответствуют литологическим характеристическим особенностям, предлагавшимся ранее [4; 7] для отложений вышеназванных свит. Так, в разрезе руднянской свиты на других участках ее распространения преобладают олигомиктовые полевошпат-кварцевые песчаники, лишь в верхней части сменяющиеся песчаниками кварцевыми, что закономерно отражает смену менее зрелого обломочного материала, содержащего калиевые полевые шпаты, на более зрелый кварцевый материал, сносимый с прилегающей суши в область осадконакопления во второй половине руднянского времени и оршанское время.

Отсутствие калиевых полевых шпатов в рифейских песчаниках в скв. Климовичская 4П в интервале 877,0–1040,6 м и широкое развитие в верхних метрах этого интервала кварцевого регенерационного цемента навевают мысль о возможной литостратиграфической принадлежности этих песчаников к руднянской свите, а нижней подтолща конгломератов и гравелитов с прослоями песчаников с доломитовым цементом – так называемым рогачевским слоям – единственному известному стратиграфическому горизонту песчаников с седиментогенным доломитовым цементом в среднерифейских отложениях (не считая верхнерифейской лапичской свиты). Завершающая рифейский разрез подтолща массивных розовых кварцевых песчаников может быть отнесена к оршанской свите.

Таким образом, время формирования подтопш, выделяемых в составе рифейских отложений, остается не вполне ясным и требует дальнейшего изучения и объяснения. И хотя наиболее впечатляющим было бы подтверждение находки на территории Беларуси отложений среднерифейской шеровичской серии в составе гатынской и бортниковской (аналог рутавечской) свит, при последующем рассмотрении этого вопроса необходимо учесть то обстоятельство, что в разрезе скв. Орша 2оп, пробуренной северо-западнее скв. Климовичская 4П, рифейские отложения в интервале от 757,0 м до приблизительно 1340,0 м также сложены исключительно кварцевыми песчаниками, отнесенными к оршанской свите R_{3or} , и лишь в основании переходящими в олигомиктовые полевошпат-кварцевые и аркозовые песчаники (1340,0–1377,0 м). Подстилающие отложения, залегающие непосредственно на кристаллическом фундаменте, отнесены к рогачевской свите R_{2rg} [3]. Нельзя исключить, что именно такая модель строения рифейских отложений может оказаться наиболее приемлемой и для геологического разреза скв. Климовичская 4П.

Что касается минерагенического потенциала рифейских кварцевых песчаников, то глубокое залегание лишает их каких бы то ни было перспектив использования в обозримом будущем.

Вендская система. Нижний отдел

На размытой в течение длительного перерыва поверхности верхнерифейских отложений оршанской свиты залегает толща отложений ранневендского времени, в составе которых установлены образования вильчанской и воынской серий.

Вильчанская серия V_1vc . Отложения вильчанской серии мощностью 126,0 м вскрыты в интервале глубин 513,0–639,0 м и представлены толщей обломочных отложений континентальной покровно-ледниковой формации. Среди них по вещественному составу и структурно-текстурным особенностям предположительно выделены отложения блонской и глусской свит.

Блонская (?) свита V_1bl . Отложения блонской свиты представляют собой песчаные тиллиты – наиболее ранние моренные образования без грубого материала, которые выполняют локальные отрицательные формы предвильчанского рельефа [7; 9]. Они сложены в основном материалом подстилающих рифейских пород, захваченных ледником, и содержат очень мало материала дальней транспортировки. На рассматриваемой территории преобладают водно-ледниковые отложения зандровой равнины, существовавшей здесь в блонское время, а прослой песчаных тиллитов

фиксируются только в северной части развития этих отложений.

В скв. Климовичская 4П предположительно к блонской свите отнесена залегающая в основании ранневендской толщи (626,5–639,0 м) пачка лилово-бурых некрепких мелкозернистых песчаников, неявно горизонтальнослоистых мощностью 12,5 м. Песчаники олигомиктовые полевошпат-кварцевые с глинистым (гидрослюдисто-монтмориллонит-каолинитовым) цементом базально-порового типа, хорошо сортированные. Слоистость подчеркивается сменой интенсивности окраски; в наиболее темноцветных прослоях цемент песчаников сложен гидроксидами железа, а обломочные зерна имеют железистые рубашки. Отмечаются пятна и полосы вторичного осветления. В самом низу разреза, с гл. ~635,0 м, песчаники сменяются алевритами. Как и в ранее изученных параметрических скважинах Быховская и Кормянская, эти олигомиктовые песчаники, по-видимому, представляют собой флювиогляциальные отложения зандровой равнины с временными потоками и перигляциальными озерами, существовавшей на рассматриваемой территории в блонское время [9].

Глусская свита V_1gl . Залегающие выше (513,0–626,5 м, мощность 113,5 м) отложения глусской свиты представляют собой переслаивание глин, олигомиктовых полевошпат-кварцевых песчаников и песчано-гравийных тиллитов. В основании свиты (559,5–626,5 м, мощность 67,0 м) залегает подтиллитовая пачка переслаивания олигомиктовых полевошпат-кварцевых песчаников и гидрослюдисто-каолинитовых глин – флювиогляциальных отложений временных водотоков и лимногляциальных отложений перигляциальных озер [7; 9]. В интервале 582,5–626,5 м преобладают пестроокрашенные (белые, зеленовато-серые, красно-коричневые) мелко- и разнозернистые песчаники с мало-мощными (15–20 см) прослоями коричневых глин. Песчаники горизонтально- и линзовиднослоистые, местами массивные с каолинитовым и гидрослюдисто-каолинитовым цементом гнездово-порового типа. Глины коричневые, гематитсодержащие, горизонтально- и линзовиднослоистые со следами взмучивания и местами (гл. 620,0 м) невыразительными зеркалами скольжения, в нижней части алевритистые. Выше, в интервале 559,5–582,5 м, преобладают глины; мощность песчаных прослоев – 10–50 см. Глины красно-коричневые и зеленовато-серые, монтмориллонит-гидрослюдисто-каолинитовые; песчаники светло-серые мелко-среднезернистые с гнездово-поровым каолинитовым цементом. В кровле подтиллитовой пачки (гл. 555,8–559,5 м) песчаники коричневатого-серые полевошпат-кварцевые,

тонкозернистые вверху и мелко- и средне-крупнозернистые в средней и нижней части, слюдястые с каолининовым цементом гнездового типа, массивные и горизонтальнослоистые, по поверхностям напластования и в основании интервала – прослой бурых слюдястых глин. Отмечаются текстуры взмучивания и карманообразные контакты песчаников с разным размером зерна.

Подтиллитовые флювио- и лимногляциальные отложения в интервале 537,0–555,8 м (мощность 18,8 м) сменяются пачкой светлых сиренево-серых песчаных тиллитов, представленных некрепкими разнозернистыми гравелистыми песчаниками, переходящими в песчаные гравелиты с неравномерным распределением гальки кварца и кварцитов. Количество грубообломочного материала (от гальки размером от 0,5 см до валунов) увеличивается вниз по разрезу. Форма обломков уплощенная и изометричная до округлой. Породы полевошпат-кварцевые, слюдястые, разнозернистые, несортированные, микститовой текстуры, с каолининовым цементом гнездово-порового типа; более крупные зерна цементируются мелкозернистым песчано-алевритовым материалом. По интервалу отмечаются охристые разводы и пятна вторичного осветления, в подошве пачки – галька розового кварцита. Можно предполагать, что эти песчано-гравийные тиллиты представляют собой моренные образования Туровско-Клинцовской стадии оледенения [7; 9].

Надтиллитовая пачка (513,0–537,0 м) представлена водно-ледниковыми (516,4–537,0 м) олигомиктовыми песчаниками и озерно-ледниковыми (513,0–516,4 м) глинами.

Пачка песчаников (516,4–537,0 м) представлена зеленовато-, бежево- и розово-серыми, местами (в верхней части) лиловыми разнозернистыми (от мелко-среднезернистых до мелко-крупно- и грубозернистых) полевошпат-кварцевыми песчаниками, слюдястыми, с мелкими обломками кварцитов, в верхнем метре – с регенерационным кварцевым и гнездово-поровым каолинит-карбонатным цементом, с корочками гипса и светло-серыми волнистонаслоенными песчано-глинистыми прослоями. На остальной, большей части интервала цемент в песчаниках каолининовым гнездово-порового типа, а породы в основном некрепкие, пористые. В нижней части (528,6–537,0 м) песчаники крупнозернистые, гравелистые, косослоистые с интракластами глины, охристыми слойками и пятнами вторичного осветления. Базальный песчаник имеет пойкилитовый гипсовый цемент. В верхней части песчаники местами алевритистые, а на отдельных уровнях отмечаются прослой алевролита и присыпки слюды, что придает породам горизонталь-

ную слоистость. Местами слоистость меняется на косую и перекрестную.

Завершает разрез глусской свиты вильчанской серии (513,0–516,4 м) пачка переслаивания озерно-ледниковых отложений: разноокрашенных хлорит-гидрослюдисто-каолининовых глин (коричневых, лилово-коричневых, серых, темно-серых), а в нижней части – пятнистых, окрашенных в лилово-зелено-серые тона. Глины плитчатые, с ровными и бугристыми поверхностями наслоения и присыпками слюдистого материала, с тонкими прослоями песчаника полевошпат-кварцевого разнозернистого, мелко-крупнозернистого с гипсовым цементом. По всему интервалу отмечаются миллиметровые субгоризонтальные прожилки рыжеватого гипса.

Волынская серия V_1vI , лукомльская свита V_1lk . Отложения лукомльской свиты (498,0–513,0 м, мощность 15,0 м) со стратиграфическим и азимутальным несогласием залегают на отложениях вильчанской свиты и представлены терригенными и вулканогенно-осадочными отложениями, накапливавшимися во внутриконтинентальном мелководноморском бассейне. В скв. Климовичская 4П в составе свиты выделяются две пачки: нижняя пачка осадочных пород и верхняя – вулканогенно-осадочных и вулканогенных пород.

Нижняя пачка (505,4–513,0 м) представлена ритмичным чередованием песчаников, глин и алевро-глинистых пород. Песчаники в основании пачки (511,0–513,0 м) блекло-сиреневые полевошпат-кварцевые разнозернистые, средне-крупнозернистые, слоистые (линзовидно- и наклонно-слоистые) с пойкилитовым гипсовым цементом и тонкими прослоями шоколадно-коричневых слюдястых глин. Вниз по разрезу количество и размер крупнозернистого материала увеличивается до гравелитов, залегающих в виде прослоев, линз и карманов. Выше (506,0–511,0 м) залегают тонкослоистые глины, окрашенные в коричневые цвета, с ровными и волнистыми поверхностями напластования, с редкими миллиметровыми прослоями слюдисто-алевритового материала и тонкими субгоризонтальными прожилками рыжего гипса. Глины в разной степени алевритистые и слюдястые с тонкими прослоями песчаного состава и прослоем (507,8–508,8 м) сиренево-серого полевошпат-кварцевого мелкозернистого песчаника, слоистого, с каолинит-карбонатно-гипсовым цементом базального типа, с сантиметровыми прослоями грубопесчаного материала с каолинитом. В самой верхней части пачки осадочных пород (505,4–506,0 м) – песчаники полевошпат-кварцевые разнозернистые, преимущественно грубозернистые до гравелитов, с карбонатно-гипсовым це-

ментом, линзовидно- и косослоистые, с тонкими прослойками и линзами глинисто-алевритового материала.

Верхняя пачка (498,0–505,4 м) представлена туффитами пелито-алевритовыми и туфами витрокластическими основного состава. Туффиты алевритовые – темно-лилово-серые, горизонтально-слоистые, слюдистые по напластованию, содержат 30–40 % осадочного материала в виде неокатанных угловатых зерен кварца и в различной степени каолинитизированных полевых шпатов, сцементированных глинистым (гидрослюдисто-хлоритовым) тонкочешуйчатым веществом. Туффиты пелитовые – шоколадно-коричневые, горизонтально-слоистые, тонкослоистые, также со слюдой по поверхностям напластования и тонкими прослоями светло-серого песчаного материала. В интервале 503,6–504,0 м – прослой туфов витрокластических алевритовых с глинисто-карбонатным (доломитовым) цементом гнездово-базального типа и примесью (до 10 %) осадочного терригенного материала.

Как и рифейские отложения, глубокозалегающие образования вендского возраста в минерально-сырьевом отношении бесперспективны.

Фанерозойская эонотема (РН). Палеозойская эратема (PZ). Девонская система (D).

Девонские образования в разрезе скв. Климовичская 4П вскрыты в интервале 156,0–498,0 м (мощность 342,0 м) и представлены отложениями нижнего, среднего и верхнего отделов.

Нижний отдел (D₁). Эмский ярус (D_{1e}). Витебский горизонт (свита) (D_{1vt}). Отложения *витебской свиты* (интервал глубин 457,0–498,0 м, мощность 41,0 м) трансгрессивно, с большим стратиграфическим перерывом залегают на нижневендских вулканогенно-осадочных образованиях и представлены толщей терригенно-карбонатных пород, образовавшихся в нормальноморских, местами осолоненных условиях мелкого моря раннедевонского времени. В составе свиты по литологическим особенностям выделяются две подсвиты (пачки), соответствующие (снизу вверх) обольским и лепельским слоям.

Нижняя подсвита (D_{1vt1}) (обольские слои (D_{1ob}), интервал глубин 485,0–498,0 м, мощность 13,0 м) представлена ритмичным переслаиванием сиреневато-серых и розовато-бежевых песчаников и зелено-серых глин. Песчаники разнозернистые, большей частью средне-крупнозернистые, полевошпат-кварцевые, преимущественно кварцевые с доломитовым и глинисто-доломитовым и гипсовым цементом, с гнездами и линзами зеленых глин, иногда с остатками ихтиофауны. Глины зелено-серые, местами лиловые, мелкощебенчатые и листоватые,

с охристыми пятнами, с гнездами и прожилками оранжевого гипса. Отмечаются прослой зелено-серых глин, насыщенные мелким раковинным детритом и форменными органическими остатками. В основании подсвиты и выделяемых ритмов залегают песчаники. На нескольких уровнях отмечаются маломощные прослой пелитоморфных корковых доломитов (стром).

Верхняя подсвита (D_{1vt2}) (лепельские слои (D_{1lp}), интервал глубин 457,0–485,0 м, мощность 28,0 м) представлена неритмичным чередованием песчаников (преимущественно в нижней части подсвиты), разноокрашенных глин в разной степени доломитистых (преобладают в разрезе), опесчаненных доломитовых мергелей и доломитов.

Песчаники встречаются в нижней половине подсвиты (465,0–485,0 м), где переслаиваются с разноокрашенными глинами. В основании подсвиты – зелено-серый песчаник разнозернистый полевошпат-кварцевый с глинисто-гипсовым цементом, с гальками зеленой глины и ходами илоедов. Выше по разрезу (465,8–470,0 м) песчаники зеленовато-серые и бежево-серые, разнозернистые, полевошпат-кварцевые, преимущественно кварцевые, с примазками и гнездами зеленой глины; размерность обломочных зерен уменьшается вверх по разрезу от крупной до мелкой. Песчаники большей частью крепкие, с гипсом и доломитом в составе цемента; на отдельных участках песчаники с глинистым цементом, некрепкие, рыхлые, до песка в керне.

В верхней части преобладают глинистые разности: в основном это доломитовые и доломитистые глины, равномерно и пятнисто окрашенные в зелено-серые, лилово-серые, бежево-серые, охристые, красно-коричневые и шоколадно-коричневые цвета. Глины мелкощебенчатые и листоватые, в разной степени доломитистые (до мергелей доломитовых глинистых), местами с включениями гипса и скоплениями фрагментов органических остатков. На отдельных участках глины пестроокрашенные зелено-терракотово-серые, яшмовидные с неравномерным распределением в глинистой массе алевритовой и песчаной примеси. В верхней половине интервала среди глин отмечаются прослой кремевых, кремво-белых доломитов большей частью с волнистыми поверхностями напластования.

Доломиты светлые пелитоморфные и микрокристаллические, неявнослоистые, иногда плотные, коркового типа (строматолитовые), а местами мелкокавернозные, оолитовые и оолитоидные. В доломитах отмечаются трещины усыхания, заполненные тонким (песчано-глинистым) материалом.

Отложения как нижней, так и верхней под-свит витебской свиты накапливались в прибрежных и мелководноморских условиях с повышенной соленостью вод, в зоне активной гидродинамической среды.

В отложениях витебского горизонта в результате комплексных палеонтологических исследований установлены брахиоподы (гл. – 466,5 м; 489,9 м; интервал глубин – 493–498 м): *Laima latgalica* Gravitis; миоспоры лоны *Rhabdosporites mirus* – *Gneudnaspора divellomedia* (интервал глубин – 486,2–487,5 м): *Rhabdosporites mirus* Archang, *Gneudnaspора divellomedia* (Tschibr.) Balme, *Grandispora* cf. *endemica* (Tschibr.) Tschibr., *Calyptosporites tener* (Tschibr.) Obuch. var. *concinus* Tschibr., *Dibolisporites triangularis* Tiwari et Schaarschmidt, *Retusotriletes raisae* Tschibr., *Apiculiretusispora aculeolata* (Tschibr.) Archang., *A. quesita* (V. Umn.) Archang., *A. gibberosa* (Kedo) Archang., *A. verrucosa* (Kedo) Archang., *Dibolisporites capitellatus* (Tschibr.) Archang., *D. antiquus* Richardson, *D. radiatus* Tiwari et Schaarschmidt и акритархи (интервал глубин 486,2–487,5 м): *Leiosphaeridia* spp.

Средний отдел (D₂). Эйфельский ярус (D_{2ef}). В разрезе скв. Климовичская 4П среднедевонские отложения эйфельского яруса (интервал глубин 335,7–457,0 м, мощность 121,3 м) представлены отложениями адровского, освейского, городокского и костюковичского горизонтов (свит), являющими собой мелководные карбонатные и терригенно-карбонатные образования трансгрессирующего и опресняющегося во времени морского бассейна.

Адровский горизонт (свита) (D_{2ad}) (интервал глубин 449,0–457,0 м, мощность 8,0 м) в нижней части (4,7 м) сложена карбонатными породами – доломитами серыми пелитоморфными и доломитами оолитовыми и оолитоидными, известковистыми, опечаненными, местами кавернозными, бугристыми слоенными с тонкими прослоями зеленовато-серых глин по наслоению. Отмечаются прослойки сульфатно-карбонатных пород с тонким срастанием пелитоморфного карбонатного и волокнистого гипсового агрегата, указывающие на осолоненную среду осадкообразования в условиях морской лагуны.

Верхнюю часть свиты (449,0–452,3 м) составляют глины зеленовато-серые и терракотово-бурые, оскольчатые и комковатые, доломитовые (до мергеля) и доломитистые, в основании опесчаненные.

В отложениях адровского горизонта (свиты), преимущественно в верхней, глинистой пачке, обнаружены миоспоры нижней части лоны *Periplecotriletes tortus* – *Elenisporis biformis* (гл. 452,2 м; 452,4 м; 453,9 м): *Periplecotriletes tortus* Egor., *Retusotriletes fragosus* Archang., *Rhabdosporites mirus* Archang., *Sinuosisporis sinuosus* (V. Umn.) Archang.,

Calyptosporites velatus (Eisenack) Richardson, *Acinospores acanthomammillatus* Richardson, *Camarozonotriletes antiquus* Kedo, *Apiculiretusispora verrucosa* (Kedo) Archang., *A. quesita* (V. Umn.) Archang., *A. aculeolata* (Tschibr.) Archang., *A. gibberosa* (Kedo) Archang. var. *major* Kedo, *A. gibberosa* (Kedo) Archang., *Dibolisporites antiquus* Richardson, *D. radiatus* Tiwari et Schaarschmidt, *D. crassus* (Tschibr.) Archang., *D. capitellatus* (Tschibr.) Archang., *Retusotriletes lanceolatus* Kedo и акритархи (гл. 452,2 м; 453,9 м): *Leiosphaeridia* spp., *Gorgonisphaeridium* spp., а на гл. 450,4 м – миоспоры *Camarozonotriletes minutus* (Tschibr.) Kedo (единичные).

Освейский горизонт (свита) (D_{2os}) (интервал глубин 422,0–449,0 м, мощность 27,0 м). По особенностям вещественного состава и строения в разрезе свиты обособляются две литологические пачки: нижняя сульфатно-карбонатная и верхняя доломитово-мергельная.

Сульфатно-карбонатная пачка (интервал глубин 441,6–449,0 м, мощность 7,4 м) сложена глинисто-доломитовыми и глинисто-гипсово-доломитовыми (сульфатно-карбонатными) породами, в которых сульфатный материал (гипс) входит в состав глинисто-сульфатно-доломитового матрикса или концентрируется в глинисто-доломитовой породе в виде сингенетичных пластовых выделений (прослоев). Для глинисто-сульфатно-карбонатных пород наиболее характерна слоисто-полосчатая текстура, а угол наклона слоев к оси керна составляет от 30 до 60°, что, по-видимому, является следствием так называемой гипсовой тектоники. Гипс в породах представлен мелкозернистыми (сахаровидными) и тонковолокнистыми (селенит) агрегатами светло-серого цвета и крупнокристаллическими (шпатовыми) розетковидными и палисадными агрегатами темного коричнево-серого цвета. Помимо пластовых сульфатсодержащих тел в пачке отмечаются и субвертикальные прожилки розового гипса.

В основании пачки фиксируется прослой песчаника полевошпат-кварцевого разнозернистого, преимущественно среднезернистого с карбонатным цементом порового, местами базально-порового типа. Обломочные зерна в основном слабоокатанные. Отмечаются тонкотрубчатые, слегка изогнутые органические остатки, выполненные карбонатом, и выделения бурого органического вещества типа инситных битумов.

В разрезе **доломитово-мергельной пачки** (422,0–441,6 м, мощность 19,6 м) достаточно отчетливо фиксируются следы нарастания освейской трансгрессии. В нижней части пачки (436,0–449,0 м) в разрезе чередуются глины зеленовато-серые до-

ломитовые, мергели доломитовые глинистые с седиментогенными линзами зернистого и тонковолокнистого гипса и пелитоморфные доломиты с просечками (включениями) гипса того же цвета, что и вмещающий доломит, пронизанные многочисленными субгоризонтальными и секущими прожилками розового, коричневатого и светло-серого гипса-селенита. В верхней части пачки (422,0–436,0 м) к глинисто-карбонатным породам прибавляются многочисленные прослои бежево-серых песчаников, разнозернистых, полевошпат-кварцевых с пойкилитовым порово-базального типа гипсовым цементом, иногда почти сливной (афанитовой) текстуры. В отдельных интервалах мощность прослоев песчаников достигает 0,1–1,0 м, и они начинают преобладать над другими литологическими типами пород.

Такое опесчанивание верхнеосвейского разреза отражает нарастание освейской трансгрессии и, как следствие, некоторое опреснение морских вод, т. е. смену лагунных условий седиментации в среде высокой солености на мелководноморские условия повышенной солености. Вместе с тем надо отметить, что в разрезе скв. Климовичская 4П условия засоленной до садки гипса лагуны просуществовали вплоть до конца раннегородокского времени, о чем свидетельствует наличие пластовых гипсовых тел в разрезе раннегородокской пачки.

В образцах пород освейского горизонта (*свиты*), в основном из верхней, доломитово-мергельной пачки, обнаружены миоспоры верхней части лоны *Periplecotriletes tortus* – *Elenisporis biformis* (гл. 431,0 м; 432,1 м; 436,1 м; 434,9 м; 435,9 м; 438,6 м; 441,5 м; 448,9 м): *Periplecotriletes tortus* Egor., *Retusotriletes fragosus* Archang., *Calyptosporites velatus* (Eisenack) Richardson, *Rhabdosporites mirus* Archang., *Sinuosisporis sinuosus* (V. Umn.) Archang., *Auroraspora aurora* (Richardson) Archang., *Acinosporites acanthomammillatus* Richardson, *Camarozonotriletes minutus* (Tschibr.) Kedo, *C. monomorphus* Kedo, *Retusotriletes lanceolatus* Kedo, *R. microsetosus* Kedo, *R. clivosiformis* Kedo, *Apiculiretusispora aculeolata* (Tschibr.) Archang., *A. verrucosa* (Kedo) Archang., *Dibolisporites capitellatus* (Tschibr.) Archang. и (гл. 422,5 м): *Perotriletes meonacanthus* (Naum.) Archang. var. *rugosus* Kedo (единичные), а также акритархи (гл. 422,1 м): *Leiosphaeridia* spp.

В строении **городокского горизонта** (*свиты*) (D_2gr) (интервал глубин 359,0–422,0 м, мощность 63,0 м) в скв. Климовичская 4П, как и в разрезах многих других скважин на востоке Беларуси, можно выделить три литологические пачки: нижнюю, среднюю и верхнюю. *Нижняя пачка* (D_2gr_1) (391,0–422,0 м, мощность 31,0 м), как и верхняя в освейской

свите, является доломитово-мергельной и отражает сходство строения и условий образования этих двух пачек. При этом в скв. Климовичская 4П, помимо основных пачкообразующих литотипов – доломитов, мергелей и глин доломитовых, в строении доломитово-мергельных пачек освейской и городокской свит дополнительными пачкообразующими литологическими разностями являются песчаники и сульфатные, сульфатно-карбонатные породы – пластовые тела гипсового и гипсово-доломитового состава. Характеризуя строение этой тридцатиметровой нижней пачки в целом, можно сказать, что вся нижняя часть пачки сложена глинисто-мергельными породами с прослоями пелитоморфных доломитов и с многочисленными прожилками гипса (селенита).

В составе нижней пачки в интервале 403,2–422,0 м – глинисто-мергельные отложения, состоящая из частого переслаивания зеленовато-серых гидрослюдистых глин, тонколистоватых, мелкощбенчатых, светло-серых пелитоморфных доломитов и зеленовато-серых мергелей с субгоризонтальными прожилками белого гипса-селенита и разноориентированными прожилками розового гипса. По интервалу отмечается несколько прослоев глинисто-доломитовых пород, обогащенных ОВ, с содержанием $C_{орг}$ до 14 %. На гл. ~410,0 м – глинисто-доломитовая порода брекчиевидной текстуры (обломки доломита скреплены зелено-серой глиной).

Выше, среди глинисто-мергельных пород и доломитов, фиксируются три пластовых тела сульфатов: в интервале 393,0–399,0 м – два пластовых тела гипса, разделенных интервалом глинисто-доломитовых пород; третье пластовое тело залегает в интервале 401,6–403,8 м; второе и третье пластовые тела разделены мощной пачкой тонкослоистых, тонколистоватых глин. В самой верхней части этой пачки (391,0–393,0 м), среди переслаивания зелено-серых доломитистых глин, мергелей и пелитоморфных доломитов, проявлена гипсовая тектоника: фиксируется разбитый и деформированный гипсовыми прожилками прослой доломита.

Средняя пачка (D_2gr_2) (интервал глубин 384,3–391,0 м, мощность 6,7 м) сложена слоистыми пелитоморфно-микрористаллическими, возможно, органогенно-водородослевыми доломитами брекчиевидной текстуры, кавернозными, разделенными маломощными (1–15 см) прослоями тонколистоватых, тонкослоистых темно-серых глин. В нижней части в доломитах отмечаются тонкие пропластки глин с повышенным содержанием ОВ ($C_{орг}$ 6,36 %).

Верхняя пачка (D_2gr_3) (интервал глубин 359,0–384,3 м, мощность 25,5 м) представлена грубым

переслаиванием доломитистых и доломитовых глин, доломитовых мергелей и доломитов. В нижней части пачки (379,5–384,3 м, мощность 4,8 м) – переслаивание зеленовато-серых мелкощебенчатых глин и пелитоморфных доломитов; отмечаются два тонких (1–2 см) прослоя темно-серых, бежево-серых доломитистых глин, возможно, с ОВ. Мощность прослоев глин – 20–50 см, а доломитов – 5–50 см. Вверху интервала залегает комковатый кавернозный доломит псевдобрекчиевой текстуры.

В интервале 372,5–379,5 м – грубое переслаивание зеленовато-серых, табачно-серых мелкощебенчатых и листоватых глин и пелитоморфных доломитов, возможно, глинистых до мергелей. Глины преобладают. В породах обнаружены фрагменты раковин двустворчатых моллюсков.

В верхней части пачки (359,0–372,5 м, мощность 13,5 м) – переслаивание доломитовых мергелей, доломитистых и бескарбонатных глин и известково-доломитовых пород. Переходы между литологическими разностями трудноуловимы. Вверху интервала преобладают мергели, а внизу – глины с прослоями доломитовых мергелей. Ниже (до гл. 364,7 м) – пачка мергелей, пятнистоокрашенных в бордово-зелено-серые цвета, так называемых яшмовидных мергелей с маломощными прослоями (~20 см) известково-доломитовых пород. С гл. 364,7 м – красно-бурые (в верхней части) и зеленовато-серые глины, мелкощебенчатые, бескарбонатные или слабо доломитистые, с прослоями мергелей и известково-доломитовых пород.

Споро-пыльцевым анализом в существенно глинистых породах на разных стратиграфических уровнях установлены миоспоры (гл. 418,2 м, нижняя пачка): *Grandispora naumovii* (McGregor) Kedo, *Periplecotriletes tortus* Egor., *Ancyrospora grandispinosa* Richardson, *Hystricosporites setigerus* (Kedo) Obuch., *Dibolisporites capitellatus* (Tschibr.) Archang., *Apiculiretusispora aculeolata* (Tschibr.) Archang. (лона *Grandispora naumovii*); в интервале глубин 372,0–374,0 м (средняя? пачка) и на глубинах 399,1 м и 401,5 м; в интервалах глубин 404,0–407,0 м и 409,5–412,0 м (нижняя пачка) – *R. langii* (Eisenack) Richardson, *R. langii* (Eisenack) Richardson var. *antiquus* V. Obuch. var. nov., *R. scamnus* Allen, *Cirratriradites monogrammos* (Archang.) Archang., *C. punctomonogrammos* (Archang.) Archang., *Grandispora naumovii* (Kedo) McGregor, *Sinuosisporis kalugianus* Archang., *Densosporites devonicus* (Kedo) Richardson, *Ancyrospora grandispinosa* Richardson, *Grandispora macrotuberculata* (Archang.) Archang., *Corrystisporites collaris* Tiwari et Schaarschmidt, *H. melanidus* Naum., *H. polyacanthus* Naum., *H. pachyacanthus* Naum., *Perotriletes meonacanthus*

(Naum.) Archang. var. *rugosus* Kedo, *Grandispora longa* (Kedo) Obuch., *Calyptosporites velatus* (Eisenack) Richardson, *C. proteus* (Naum.) Allen, *Camarozonotriletes glaber* Kedo, *C. antiquus* (Naum.) Kedo, *C. apertus* Kedo, *Acinosporites acanthomammilatus* Richardson, *Diatomozonotriletes devonicus* Naum., *Apiculiretusispora aculeolata* (Tschibr.) Archang., *A. verrucosa* (Kedo) Archang., *Retusotriletes hychovii* Naum. (лона *Cirratriradites monogrammos*), а на гл. 390,8 м – *Dibolisporites capitellatus* (Tschibr.) Archang. (единичные).

Кроме миоспор в средней и нижней частях городокской свиты (в интервалах глубин 372,0–374,0 м; 394,1 м; 399,1 м; 401,5 м; 404,0–407,0 м и 409,5–412,0 м) обнаружены акритархи *Leiosphaeridia* spp., а в верхней пачке, на гл. 379,4 м найдена брахиопода *Lingula* sp.

Завершает непрерывный среднедевонский терригенно-карбонатный разрез **КОСТЮКОВИЧСКИЙ ГОРИЗОНТ** (свита) (D,ks) (интервал глубин 335,7–359,0 м, мощность 23,3 м), практически нацело сложенный разноокрашенными гидрослюдистыми глинами: вверху и внизу однотонно окрашенные глины, а в средней части – пятнистоокрашенные. В подошве свиты (358,3–359,0 м, мощность 0,7 м) – доломит пелитоморфно-микро-мелкокристаллический, массивный с неровными поверхностями напластования, напоминает водорослевое образование. Под доломитом залегает песчаник с доломитовым цементом, кавернозный мощностью 10–15 см.

В нижней части среди глин преобладают однотонные серые, сиренево-серые, горчично-серые разности, плитчатые, массивные или неявнослоистые, некарбонатные или слабо доломитистые, в средней – глины, пятнистоокрашенные в лилово-буровато-зеленые тона, тонко- и неявнослоистые, плитчатые и щебенчатые, с прослоями глинисто-алевритовых пород, с гнездами и прожилками сульфидов железа, а вверху – глины серые, палево-серые, сиренево-серые плитчатые, слоистые и неявнослоистые, массивные, местами с зеркалами скольжения, на отдельных участках (335,7–338,5 м) – с примесью алевритового материала. На гл. ~337,0 м в серых глинисто-алевритовых породах отмечаются многочисленные удлиненные по напластованию и округлые в поперечном срезе охристые червеобразные выделения, выполненные гетитом с примесью гидрослюды. Присутствуют причудливой формы линзовидные обособления (стяжения?) лилового цвета. В однотонно окрашенных глинах отмечаются крупные растительные и форменные органические остатки. Все глины интервала некарбонатные или слабо доломитистые (в основании). Глины костюковичской свиты представляют несколько удаленную

от берега фацию мелководного бассейна конечной стадии его опреснения, отлагавшуюся на участках с неактивным гидродинамическим режимом.

В породах костюковичской свиты обнаружены брахиоподы (гл. 336,5 м; 338,9 м; 354,9 м; 357,5 м; 358,5 м): *Bicarinatina tichomirovi* Batrucova, *B. livica* Gravitis, *Productella* ex. gr. *subaculeata* (Murchison), *Lingula* cf. *aperta* Batrucova, *Variatrypa sokolovae* (Ljaschenko), *Emanuella* sp.; рыбы (интервалы глубин – 338,0–340,0 м; 340,0–342,5 м; 345,0–347,5 м; 357,5–360,0 м) – *Nostolepis kernavensis* Valiuk., *Asterolepis* cf. *estonica* Gross, *Placodermi* indet., *Coccosteidae* gen. indet., *Onychodontiformes* indet., чешуя *Acanthodes?* sp., *Osteolepididae* gen. indet.; сколекодонты (355,0–357,5 м) и акритархи (334,5 м; 344,5 м; 335,5–338,0 м; 355,0–357,5 м) *Leiosphaeridia* spp., *Psophosphaera* spp., *Gorgonisphaeridium* spp., а на глубинах 223,5 м; 334,5 м; 344,5 м; 335,5–338,0 м; 338,0–340,0 м и 355,0–357,5 м – миоспоры лоны *Rhabdosporites langii* – *Chelinospora timanica*: *Rhabdosporites langii* (Eisenack) Richardson, *R. parvulus* Richardson, *R. streelii* Marshall, *R. micropaxillus* Owens, *Retispora archaeolepidophyta* (Kedo) McGregor et Camfield, *R. archaeolepidophyta* (Kedo) McGregor et Camfield var. *microreticulata* (Kedo) var. nov., *Grandispora inculta* Allen, *Raistrickia aratra* Allen, *Chelinospora ligurata* Allen, *Lophotriletes paucus* Kedo, *Acanthotriletes variaculeatus* Kedo, *Hymenozonotriletes verus* Naum., *H. pachyacanthus* Naum., *Verrucosisorites scurrus* (Naum.) McGregor et Camfield, *Perotriletes meonacanthus* (Naum.) Archang. var. *rugosus* Kedo, *P. meonacanthus* (Naum.) Archang., *Stenozonotriletes conformis* Naum., *Camarozonotriletes glaber* Kedo, *Calyptosporites velatus* (Eisenack) Richardson, *C. proteus* (Naum.) Allen, *Diatomozonotriletes devonicus* Naum., *D. devonicus* Naum. var. *azonatus* Tschibr., *Hystricosporites gravis* Owens и *Retusotriletes pychovii* Naum.

Литолого-геохимических признаков обнаружения полезных ископаемых в эмских и эйфельских отложениях не выявлено, а сами карбонатные (преимущественно доломиты), сульфатные (гипсы) и глинистые породы в силу их глубокого залегания промышленного значения не имеют.

Живетский ярус (D₂g). Полоцкий горизонт (свита) (D₂plc) (интервал глубин 175,0–335,7 м, мощность 160,7 м). Мощная терригенная толща полоцкой свиты трансгрессивно, с угловым несогласием перекрывает эйфельские отложения и условно разделена нами на три подтолщи, которые в целом соответствуют горынским, столинским и морочским слоям полоцкого горизонта. В скв. Климовичская 4П эти подтолщи имеют особенности строения и состава, отличающие их от одновозраст-

ных подтолщ в соседних скважинах. Так, мощность отложений полоцкой свиты здесь на 40 м больше, чем в близпробуренных скважинах, что, вероятно, свидетельствует о конседиментационном погружении (возможно, связанном с гипсовой тектоникой или десцендентными процессами в освейско-городокских отложениях) этого участка дна бассейна полоцкого времени. В нижней подтолще (интервал 254,2–335,7 м) практически отсутствуют песчаники, обычно свойственные разрезам горынских слоев, и весь разрез нижней подтолщи представлен переслаиванием пестроокрашенных глин, зеленовато-серых алевролитов и глинисто-алевролитовых пород промежуточного состава. Лишь в самом основании подтолщи (интервал 329,8–335,7 м) отмечены песчаники полевошпат-кварцевые, преимущественно кварцевые, мелкозернистые, слоистые. Выше по разрезу подтолща представляет собой переслаивание пестрых, пятнистоокрашенных (зеленых, лиловых, сургучных, бурых) аргилитоподобных глин гидрослюдистых и каолинит-гидрослюдистых, массивных, местами грубоплитчатых, некарбонатных или слабо доломитистых и зеленовато-серых, охристо-серых, терракотовых алевролитов, местами слюдястых с глинистым и глинисто-доломитовым цементом. В глинах отмечаются интервалы с зеркалами скольжения и следами смятия.

Средняя подтолща (186,0–254,2 м) представлена переслаиванием глин, алевролитов и песчаников, иногда отмечаются прослой глинисто-алевролитовых пород. В верхней части разреза преобладают разноокрашенные глины: серые, зеленовато-серые, охристо-серые гидрослюдисто-каолинитовые, некарбонатные или слабосидеритовые, местами с желваками сидерита, иногда слюдястые (присыпки на поверхности напластования), плитчатые, большей частью слоистые. В глинах отмечаются углефицированные растительные остатки и вкрапленность, гнездышки и стяжения сульфидов железа. Характерной особенностью верхней части интервала являются прослой каолинит-гидрослюдистой глины, насыщенной крупными углефицированными растительными остатками (196,0 м), переходящей (196,3–197,6 м) в уголь черный, коричневатый-черный, глинистый, высокозольный (Ас = 46–64 %, до глины сильно углистой), легкий, тонколистватый, с присыпками тонкого алевроито-глинистого вещества по наслоению. Минеральная основа угля преимущественно глинистая с примесью алевролитового материала. В угле отмечаются сульфидные стяжения уплощенной формы размером до первых сантиметров и тонкие прослой сапропелевого материала коричневого цвета. В нижней части пласта отмечаются тонкие прослой зеленовато-серой глины,

крупные углефицированные растительные остатки и стяжения сульфидов причудливой формы размером до 6 × 2 см. В подошве угольного пласта залегает глина коричнево-серая керогенсодержащая ($C_{\text{орг.}}$ – 5,6 %), а ниже – глины алевроитистые. Такое строение угленосного разреза указывает на автохтонную природу угольного пласта, образовавшегося при заболачивании (заторфовании) мелководного водоема.

Прослой песчаников встречаются на глубинах более 200 м. Приблизительно с этой же глубины сидеритовая карбонатность, характерная для верхней части интервала, сменяется на доломитовую. В подошве угленосного интервала (200,0–204,0 м) песчаники зеленовато-серые разномзернистые, грубозернистые до гравелитов, преимущественно кварцевые с присыпками слюды, линзами зелено-серого глинистого вещества и углефицированными растительными остатками по наслоению. Алевролиты и глинисто-алевроитовые породы – серые, зеленовато-серые, слюдистые, неявнослоистые, с глинистым и глинисто-доломитовым цементом, достаточно крепкие. Местами (206,0–220,5 м) в разрезе чередуются несцементированный алевро-песчаный материал (в керне – пески светло-серые, тонко-мелкозернистые, кварцевые, хорошо сортированные) и прослой довольно крепких алевролитов с пелитоморфным доломитовым цементом базального типа. В нижней половине разреза подтолщи многократно чередуются терригенно-карбонатные породы с разным размером обломочных частиц и разным количеством карбонатного материала (глины некарбонатные и пески, глины доломитистые, алевролиты и песчаники от мелко- до крупнозернистых и гравелитов (232,4 м) с глинисто-карбонатным и преимущественно доломитовым цементом, доломиты).

Такое строение средней подтолщи указывает на крайне нестабильные тектонические и, как следствие, гидродинамические и гидрохимические условия осадконакопления в среднеполоцкое (столинское) время: трансгрессирующий морской бассейн (его часть, вероятно, лагуна) то осолонялся, то опреснялся, то заторфовывался, что привело к многообразию литотипов (фаций) пород в разрезе средней подтолщи скв. 4П.

В основании верхней подтолщи (морочские слои?) (175,0–186,0 м) залегает двухметровый пласт каолинит-гидрослюдистых глин зеленовато-серых, песчано-алевроитистых, некарбонатных. Песчано-алевроитовый материал в них (кварц с примесью полевого шпата) распределен в виде присыпок и двух маломощных прослоев песчаника тонко-мелкозернистого полевошпат-кварцевого, слюдистого, слоистого, волнисто-слоистого с глинисто-карбонатным цементом.

Выше (178,8–183,6 м) – пачка алевролитов серых, светло-серых, слюдистых, некарбонатных, в верхней части – с охристыми и красно-бурыми пятнами окисления. Породы слабо сцементированы, до алевроитов. В нижней части интервала алевролиты массивные и с элементами слоистости, слюдистые. В породах отмечаются мелкие стяжения сидерита. Вверх по разрезу (176,0–178,8 м) некрепкие алевролиты сменяются пестроокрашенными песчано-алевроитовыми породами. В кровле полоцких отложений залегают каолинит-гидрослюдистые глины, неравномерно окрашенные в красно-бурые и горчичные тона. Породы массивные, слабокарбонатные (сидерит), с неравномерным содержанием песчано-алевроитовой примеси. Кластический материал представлен кварцем и полевым шпатом.

В средней и, главным образом, в верхней части разреза отложений полоцкого горизонта обнаружены фаунистические и флористические остатки. Так, на гл. 235,0–236,2 м обнаружены рыбы *Psammolepis* cf. *abavica* Mark-Kurik, *Ganosteus* sp., *Psammoteoidei* indet., *Asterolepis* sp., *Euarthrodira* indet., *Placodermi* indet., *Holonema* ? sp., *Rhadinacanthus longispinus* (Agassiz), *Cheiracanthus* sp., *C. latus* Egerton, *C. brevicostatus* Gross, *C. intricatus* Valiuk., *Nostolepis gaujensis* Valiukevičius, *Acanthodes* ? sp., *Diplacanthus* sp., *Acanthodii* gen. indet., *Dipteridae* gen. indet., *Glyptolepis* sp., *Onychodontidae* gen. indet., *Osteolepididae* gen. indet., *Porolepiformes* indet., *Sarcopterygii* indet., *Cheirolepis* sp., *Orvikuina* sp., *Moythomasia* ? sp., *Actinopterygii* indet., выше (211,0–213,0 м; 213,0–215,0 м) – сколекодонты и единичные акритархи (177,0–181,0 м): *Leiosphaeridia* spp.

В верхней (до гл. 215,0 м) части разреза полоцкого горизонта (177,0–181,0 м; 184,0–188,0 м; 188,0–189,0 м; 195,0–199,0 м; 199,0–204,0 м; 211,0–213,0 м и 213,0–215,0 м) определены миоспоры зоны *Geminospora extensa* (лоны *Corrystrisporites serratus* – *Cricatisporites triangulatus*): *Geminospora extensa* (Naum.) Gao, *G. vulgata* (Naum.) Archang., *Archaeozonotriletes adultus* Tschibr., *A. unguisus* Tschibr., *Membrabaculisporis comans* (Phil.) Archang., *Geminospora decora* (Naum.) Archang., *Corrystrisporites serratus* (Kedo) McGregor et Camfield, *Cristatisporites triangulatus* (Allen) McGregor et Camfield, *Retispora arcaheolepidophyta* (Kedo) McGregor et Camfield var. *microreticulata* (Kedo) var. nov., *Euryzonotrilites latemarginatus* Kedo, *Chelinospora concinna* Allen, *Geminospora pustulata* (Naum.) comb. nov., *G. notata* (Naum.) Obuch., *G. rugosa* (Naum.) Obuch., *G. basialaria* (Naum.) V. Obuch. comb. nov., *G. parvibasilaria* (Naum.) Byv., *Perotrilites meonacanthus* (Naum.) Archang. var. *rugosus* Kedo, *Verrucosisporites scurrus* (Naum.) McGregor et Camfield, *Rhabdosporites*

langii (Eisenack) Richardson, *Cristatisporites praetervisus* (Naum.) Allen, *Perotrilites meonacanthus* (Naum.) Archang. var. *rugosus* Kedo, *Stenozonotriletes conformis* Naum., *S. extensus* Naum. var. *minor* Naum.

В нижней части полоцкой толщи (236,2–335,7 м), предположительно в горынских и нижней части столинских слоев, хотя в их разрезе преобладают глины, алевролиты и глинисто-алевритовые породы промежуточного состава, ни фаунистических, ни флористических остатков не обнаружено.

Отложения полоцкого горизонта представляют собой трансгрессивные фации обширного, но мелкого моря с меняющейся во времени гидрхимической средой: от несколько осолоненной и нормальной в раннеполоцкое (карбонатность доломитового типа) до нормальной или даже опресненной в позднеполоцкое время. В середине полоцкого времени бассейн местами мелел и заторфовывался.

Перспективы обнаружения в отложениях полоцкой свиты проявлений полезных ископаемых на рассматриваемой территории невелики: угольный пласт и керогенсодержащая глина, обнаруженные в разрезе, маломощны и залегают на большой глубине, а значимых россыпных проявлений (ильменит, титаноильменит, рутил) не обнаружено. Концентрации титансодержащих минералов, полученные в результате минералогического анализа, не превышают фоновых для песков.

Средний и верхний отделы (D_{2,3}). Живетский и франский ярусы (D_{2g} – D_{3f}). Ланский надгоризонт (D_{2,3}In) (интервал глубин 156,0–175,0 м, мощность 19 м). Завершают девонский разрез отложения, отнесенные к ланскому надгоризонту. Они накапливались в опреснявшемся мелководноморском бассейне и представлены толщиной переслаивания светло-серых, зеленовато-серых алевролитов, массивных и грубоплитчатых, местами песчаных с пестроцветными глинами, нередко алевритистыми, массивными, комковатыми. Породы некарбонатные, слабо слюдяные. В окраске глин преобладают горчично-бурые, реже лилово-бурые цвета. В песчаных алевролитах отмечаются окатанные зерна кварца размером около 1 мм (~10 % от объема породы) и единичные зерна минералов тяжелой фракции. Алевролиты в разрезе преобладают. В подошве залегает песчаник полевошпат-кварцевый, тонкозернистый, слюдяный, карбонатный (с глинисто-кальцитовым цементом), мелкокавернозный с крапленностью сульфидов железа. В песчанике наблюдается волнистая косая, перекрестная слоистость.

По литологическим признакам выделить из толщи ланского надгоризонта среднедевон-

ские убоортские отложения (*хотимскую свиту*) и верхнедевонские желонские отложения (*свиту*) не представилось возможным, однако по результатам палинологических исследований в верхней части ланского надгоризонта обнаружены миоспоры: в интервале глубин 157,0–161,0 м – *Geminospora rugosa* (Naum.) Obuch. и *Lophozonotriletes* sp. (единичные), а в образце алевролита светло-серого, крепкого, опесчаненного, отобранного из интервала 164–167 м, обнаружены миоспоры зоны *Raistrickia bucera* – *Archaeozonotriletes variabilis insignis*: *Apiculatisporis eximius* (Naum.) Oshurk., *Verrucosisporites* aff. *grumosus* (Naum.) Obuch., *Lophozonotriletes concessus* Naum., а также *Geminospora rugosa* (Naum.) Obuch., *G. micromanifesta* (Naum.) Archang., *G. notata* (Naum.) Obuch., *G. parvibasilaria* (Naum.) Byv., *Stenozonotriletes simplicissimus* Naum., *S. pumilus* (Waltz) Naum. var. *marginellus* Waltz. Палинокомплекс обеднен в видовом и количественном отношении, так как в нем отсутствуют виды-индексы, а также ряд руководящих и характерных миоспор. Однако на основании того, что возрастной диапазон распространения миоспор *Apiculatisporis eximius* (Naum.) Oshurk., *Verrucosisporites* aff. *grumosus* (Naum.) Obuch. и *Lophozonotriletes concessus* Naum. – франский век, граница отложений среднего и верхнего девона (живетского и франского ярусов) принята на гл. 166,0 м.

В интервалах глубин 167,0–170,0 м; 170,0–172,0 м и 172,0–173,0 м также обнаружены миоспоры лоны *Ancyrospora incisa* – *Geminospora micromanifesta*: *Cristatisporites triangulatus* (Allen) McGregor et Camfield, *Acanthotriletes uncatus* Naum., *Geminospora rugosa* (Naum.) Obuch., *G. micromanifesta* (Naum.) Archang., *G. notata* (Naum.) Obuch., *G. parvibasilaria* (Naum.) Byv., *Stenozonotriletes extensus* Naum. var. *minor* Naum., *Hystricosporites* sp., *Trachytriletes minutus* Naum., *Calamospora microrugosa* (Ibr.) Shoph, Wilson et Bentall, позволяющие рассматривать эту часть разреза отложений в качестве среднедевонской хотимской свиты (убортский горизонт).

Мезозойская эратема (MZ). Юрская система (J). Средний отдел (J₂). Келловейский ярус (J_{2k}), интервал 96,0–156,0 м, мощность 60,0 м.

Отложения девонской системы со значительным стратиграфическим и азимутальным несогласием перекрыты нижнекелловейскими отложениями краснинской свиты средней юры.

Нижний подъярус, ичнянский горизонт, краснинская свита (J_{2kr}), интервал 128,0–156,0 м, мощность 28 м.

В основании краснинской свиты (153,0–156,0 м) залегает пласт серого кварцевого песка

сredне-мелкозернистого с редкими мелкими стяжениями сидерита и раковинным детритом, сменяющийся вверх по разрезу мощной (129,0–153,0 м) пачкой глин от темно-серых до черных, тонкослоистых, с тонкими присыпками слюдисто-алевритно-песчаного материала, с редкими желваками кальцита. На нескольких уровнях по интервалу отмечаются сульфидные стяжения (пирит). В нижней части интервала глин встречаются редкие остатки перламутрового слоя аммонитов. В глинах содержание органического углерода варьирует от 6,9 до 7,6 %. В кровле глины приобретают охристую окраску. Завершает разрез свиты (128,0–129,0 м) слой глины темно-серой слюдисто-алевритистой, углистой.

Микрофаунистические исследования показали присутствие в отложениях краснинской свиты фораминифер, принадлежащих двум нижнекембрийским зонам. В нижней части свиты (интервал глубин 131,0–153,0 м) установлены фораминиферы зоны *Subtilina subtilis*–*Guttulina tatarimensis*: *Lenticulina* sp., *Dentalina plebeja* Terquem, *D.* aff. *communis* Orbigny, *Epistomina* sp. Выше по разрезу в интервале глубин 128,0–131,0 м выделен комплекс фораминифер, в составе которого отмечаются формы *Recurvoides ventosus* (Chabarova), *Marginulinopsis folium* (Wisniowski), *Trocholina* aff. *nana* Kaptarenko, *Dentalina* cf. aff. *plebeja* Terquem, *D.* sp., *Eouguttulina* aff. *triloba* Terquem, *Lenticulina* sp., характерные для зоны *Trocholina nana* [8]. В глинах (интервалы глубин 129,0–134,0 м, 136,6–143,0 м и 148,5–156,0 м) установлены нижнекембрийские палинокомплексы. В пылевой части комплекса определены виды: *Cerebripollenites mesozoicus* (Couper) Nilsson, *Piceaepollenites variabiliformis* (Mal.) Petrosjanz, *Pinus divulgata* Bolch., *Podocarpidites paucus* M. Petrosjanz, *P. divulgatus* (Bolch.) M. Petrosjanz, *P. multesimus* (Bolch.) Pocock, *Perinopollenites elatuides* Couper, *Pseudopinus contigua* Bolch., *Tsugaepollenites mesozoicus* Couper, *Sciadopityspollenites macroverrucosus* (Thierg.) Iljina, *S. macroserratus* (Thiergart) M. Petrosjanz, *Clavatipollenites maculatus* Kosenkova, *Callialasporites infrapunctatus* (Lantz) Pocock, *C. trilobatus* (Balme) Dev, *Classopollis classoides* (Pflug.) Pocock et Jansonius, *C. minor* Pocock et Jansonius, *Araucariacites australis* Cookson, *A. pexus* Sachanova et Kosenkova, *Inapertumpollenites magnus* (R. Potonie) Thomson et Pflug, *Gynkgocycadophytus caperatus* (Luber) Sam., *Ginkgo parva* (Naum.) Bolch. Споры представлены: *Klukisporites variegatus* Couper, *Schimatopollenites hiulcus* Kosenkova, *Osmunda papillata* Bolch., *Camptotriletes cerebriformis* Naum. et Jarosch., *Lycopodium nodosum* Kara-Murza, *L. subrotundum* Kara-Murza, *L. perplicatum* Bolch., *Selaginella rotundiformis* Kara-Murza, *Selaginella granata* Bolch.,

Dicksonia crocina Bolch., *Osmundites plicatus* (Kara-Murza) Bolch., *Obtusisporites tricuspидatus* (Bolch.) Barch., *Cyathidites junctus* (Kara-Murza) Alimov, *C. minor* Couper, *Deltoidospora punctata* (Delcourt et Sprumont) Barch., *Auritulinasporites mortoni* (Jersey) Barch. var. *auriculatus* Barch., *Stereisporites cacitricosus* (Rogalska) Briche, Danze-Corsin et Laveine, *Coniopteris* sp. Для выделенных комплексов характерно преобладание пыльцы голосеменных (53,5 %) над спорами папоротникообразных (46,5 %). Помимо этого, обнаружены и остатки моллюсков *Clamys* sp., *Gryphaea* sp., *Oxytoma*, *Astarte*.

Средний подъярус, слободской горизонт (J₂sl), чериковская свита (J₂črk) (интервал глубин 96,0–128,0 м, мощность 32 м).

В основании разреза слободского горизонта (118,0–128,0 м) залегает пачка темно-серых, почти черных глинисто-алевритовых, слабо слюдястых пород, неявно слоистых (слоистость горизонтальная, иногда косая), с редкими углефицированными растительными остатками. Местами, преимущественно в нижней половине интервала, отмечаются гнезда «карманы» и присыпки по наслоению бежево-серого алевритно-песчаного материала. Верхняя часть (118,0–120,0 м) более глинистая и содержит как желваки сидерита, так и стяжения пирита.

Выше (114,0–118,0 м) залегают пески, в нижней части бежево-серые мелко-среднезернистые, кварцевые, слабо глинистые, в верхней – темно-серые, коричнево-серые алевритистые, слабо слюдястые, с неравномерным распределением мелкого и крупного раковинного детрита. Вверх по разрезу (113,2–114,0 м) пески сменяются песчаником разнозернистым, гравелистым с карбонатным и железисто-карбонатным цементом, содержащим форменные органические остатки и железисто-карбонатные оолиты, над которым залегает пачка (108,4–113,2 м) серых глинисто-алевритовых пород, массивных, слабо слюдястых, с небольшим содержанием раковинного детрита. В нижних двух метрах глинисто-алевритовые породы достаточно крепкие, слабокарбонатные, содержат мелкие сульфидные стяжения и редкие темные зерна минералов тяжелой фракции.

В интервале 104,5–108,4 м коричневатые-серые глинисто-алевритовые породы содержат обильный раковинный детрит, на гл. 106,8–107,0 м – прослой сидерита с раковинным детритом, а в нижней части интервала – эллипсоидные стяжения сульфидов железа размером 2–4 см. Глинистость пород нарастает вверх по разрезу этого интервала, в этом же направлении снижается количество в породах раковинного детрита.

Над глинисто-алевритовыми породами залегают алевриты слабо слюдястые, некрепкие, с мелким раковинным детритом, с гнездами мелко-сред-

незернистого песка, с примазками и линзами глин алевритистых (101,0–104,5 м). Выше (97,0–101,0 м) их сменяют буровато-серые пески до некрепких песчаников с глинистым цементом, разнозернистые, в основном среднезернистые с сидеритовыми стяжениями.

Завершает разрез слободского горизонта и юрской толщи в целом (96,0–97,0 м) метровый слой буровато-серого песчаника среднезернистого с железистыми оолитами, массивного, крепкого, кварцитовидного (со сливной, афанитовой текстурой) с кальцитовым базального типа цементом. Песчаник по цвету практически неотличим от вышележащих меловых отложений, однако базальный кальцитовый цемент однозначно указывает на его образование в гидрохимической среде среднеюрского времени с сопутствующим терригенной седиментации карбоната накоплением.

Отложения келловейского яруса представляют собой мелководноморские терригенно-карбонатные осадки, отложенные на замыкании среднеюрского морского бассейна, в мелководной и прибрежной (железистые оолиты) области смешения нормальноморских и континентальных вод, богатых железом, в течение нескольких (минимум двух) эпизодов среднеюрской трансгрессии – одной из самых масштабных на территории Восточно-Европейской платформы. Литолого-геохимических признаков формирования на рассматриваемой территории тел полезных ископаемых не установлено.

Комплексными палеонтологическими исследованиями в отложениях слободского горизонта обнаружены фораминиферы (108,4–128,0 м) *Lenticulina pseudocrassa* Mjatluk и *L. cultratiformis* Mjatluk, *Lenticulina hoplites* (Wisniowski), *L. simplex* (Kübler et Zwingli), *Marginulinopsis batrakiensis* (Mjatluk), *Citarina mosquensis* (Uhlig), *Citarina* cf. sp., *Geinitzinita crassata* (Gerke), *Ichthyoolaria suprajurensis* (Mjatluk), *Ichth. franconica* (Gumbel), *Vaginulinopsis* aff. *harpaformis* (Mjatluk), *Vaginulinopsis* sp., *Nodosaria* aff. cf. *mutabilis* Terquem, *Pseudonodosaria pupoides* (Bornemann), *Dentalina* sp., *Tristix tutkowskii* Kaptarenko, *Tristix* sp. и фаунистические остатки других групп – *Ostracoda*, *Pelecipoda*: *Astarte cordata* (Trautschold), *A. veneris* (d'Orbigny), *Discula* sp., *Oxytoma* sp., *Tornatellaea frearsiana* (d'Orbigny), *Cryptaulax* (*Neocryptaulax*) *mutabilis* (Gerasimov), *Procerithium russiense* (d'Orbigny).

В самой верхней части юрского разреза (101,0–108,4 м) также определены фораминиферы *Lenticulina* aff. *tumida* Myatliuk, *L. hoplites* (Wisniowski), *Astacolus* sp., *Epistomina elschankaensis* Myatliuk, *Marginulinopsis* sp. и фаунистические остатки групп *Ostracoda* и *Pelecipoda*.

Меловая система (К).

Нижний отдел К₁, интервал глубин 89,0–96,0 м, мощность 7 м.

На размытой в течение позднеюрского и ранне-мелового времени поверхности отложений слободского горизонта залегают нижнемеловые отложения, в составе которых по литологическим признакам и промыслово-геофизическим данным установлены отложения готеривского и альбского ярусов.

Готеривский ярус, шитцевский горизонт (свита) (К₁št) (интервал глубин 93,0–96,0 м, мощность 3,0 м).

По мнению стратиграфов, шитцевская свита керном не представлена, но может с определенной долей условности быть выделена в разрезе скв. Климовичская 4П на основании промыслово-геофизической характеристики и по корреляции с нижнемеловым разрезом скв. Липовка 1, в которой отложения нижнего мела палеонтологически охарактеризованы. По мнению литологов, этот маломощный интервал представлен в керне тонкозернистыми полевошпат-кварцевыми песками до алевритов, слабо слюдистыми, местами сцементированными до песчаника с карбонатно-глинистым цементом, с мелкими зернами пирита и углефицированными растительными остатками. На каротажной диаграмме высокие значения гамма-каротажа указывают на присутствие в разрезе свиты существенно глинистых литологических разностей, однако в керне таковые отсутствуют. Отложения шитцевской свиты являются морскими мелководными образованиями, в отношении полезных ископаемых интереса не представляют.

Альбский ярус (К₁al), озерская свита (К₁oz) (интервал глубин 89,0–93,0 м, мощность 4,0 м).

Завершают разрез нижнемеловых отложений пески темно-зеленовато-серые, в верхней части – насыщенно зелено-серые, полевошпат-кварцевые с глауконитом, неравномернозернистые (от мелкозернистых до средне-крупнозернистых), слюдистые, в керне слабо сцементированные вторичным карбонатом до некрепких песчаников. В нижней части пески светло-серые, крупнозернистые с многочисленными зернами фосфатов и кварца. Пески озерской свиты являются мелководной фацией обширной раннемеловой трансгрессии и в случае высокого содержания фосфатов могут включать залежи фосфоритонесных песков (фосфоритов) и сцементированных фосфатом фосфоритовых плит. В разрезе скв. 4П содержание фосфатных зерен в песках озерской свиты невысоко и промышленного интереса не представляет.

Верхний отдел (К₂) (интервал 27,8–89,0 м, мощность 61,2 м).

Сеноманский ярус (K_2s), нижний подъярус, костюшковичская свита (K_2ksh) (интервал 85,5–89,0 м, мощность 3,5 м).

Отложения сеноманского яруса с угловым несогласием перекрывают нижнемеловые отложения озерской свиты и представлены в нижней части песком, а в верхней – опесчаненным мелом, так называемой суркой. Пески (интервал 86,6–89,0 м) серые, темно-серые тонкозернистые до алевритистых, в основном кварцевые, слюдястые, местами сцементированные, в основании интервала – с мелкими зернами фосфата и линзочками пелитоморфного кальцита.

В этой части сеноманского разреза (85,5–89,0 м) микрофаунистическим анализом определены фораминиферы *Textularia cenomana* Akimez, *T. indistincta* Akimez, *Tritaxia cenomana* Gorbenko, *Spiroplectammia bajdaki* Gorbenko, *Vialovella frankei* (Cuchman), *Eggerellina cenomana* Akimez, *Quinqueloculina antiqua* Franke, *Ramulina* sp., *Marssonella gomelina* Akimez, *Arenobulimina sabulosa* (Chapman), *A. sphaerica* Akimez, *Guembelitra cenomana* (Keller), *Gavelinella cenomanica* (Brotzen), *G. polesica* (Akimez), *Lingulogavelinella orbiculata* (Kusnezova), *Cibicides gorbenkoi* Akimez, *Tristix* sp., *Vaginulina* aff. *recta* Reuss, *Heterohelix* sp., присутствие которых дает возможность уверенно датировать вмещающие их отложения нижним сеноманом. Установлены также характерные планктонные формы: *Hedbergella caspia* (Vassilenko), *H. infracretacea* (Glaesser) и фаунистические остатки других групп организмов: *Ostracoda*, *Mollusca*, иглокожие, ихтиофауна.

Средний + верхний подъярус, залесовичская свита (K_2zs) (интервал 81,8–85,5 м, мощность 3,7 м).

Средне-верхнесеноманская пачка сложена песчано-карбонатной породой, так называемой суркой, которая представляет собой сильно опесчаненный мел и наглядно демонстрирует постепенный переход от терригенного осадконакопления раннемелового времени к карбонатному накоплению поздне-мелового периода. Сурка – это серая, светло-серая, бело-серая меловая порода, в разной степени насыщенная кварцевыми и полевошпатовыми зернами песчаной и алевритовой размерности. Во многих разрезах юго-востока Беларуси переход к вышележащим мелам осуществляется через мергельно-меловую породу, в которой терригенная составляющая представлена тонкой, глинисто-алевритовой фракцией. В разрезе скв. Климовичская 4П такие мергели отсутствуют. Мел опесчаненный (сурка) представлен бело-серой пелитоморфной меловой основной массой с мелкими зернами глауконита, фосфатов, единичными черными минералами тяжелой фрак-

ции и многочисленными выделениями в виде пятен и палочек органической природы. Количественное соотношение терригенной (песчаной) и карбонатной (пелитоморфный кальцит) компоненты приблизительно 1 : 1. На гл. ~86,2 м обнаружено крупное стяжение пирита со следами окисления.

Микрофаунистическим анализом в отложениях залесовичской свиты определены фораминиферы (81,8–85,5 м) *Gaudryina serrata* Franke, *Gaudryina* aff. *angustata* Akimez, *Gaudryina folium* Akimez, *Gaudryina* sp., *Eggerellina intermedia* (Reuss), *Brotzenella belorussica* (Akimez) (присутствует обильно), *Lingulogavelinella globosa* (Brotzen) (присутствует обильно), *Heterochelix globulosa* (Ehrenberg), *Hedbergella caspia* (Vassilenko). В комплексе присутствуют *Citella gracilis* (Vassilenko), *Tappannina simplex* (Vassilenko), *Lenticulina lepida* (Reuss), *Frondicularia angulosa* Orbigny, *Frondicularia inversa* Reuss, *Grammostomum spectabile* (Akimez) и другие. Помимо фораминифер присутствуют фаунистические остатки *Ostracoda* и ихтиофауны.

Отложения костюшковичской и залесовичской свит представляют собой относительно мелководные отложения трансгрессирующего морского бассейна с нормальноморской гидрохимической средой и стабилизирующимся тектоническим режимом, в котором терригенное осадконакопление постепенно сменялось карбонатным, чему способствовала аридизация климата. Содержание фосфатов в породах низкие и промышленного интереса не представляют.

Туронский ярус в объеме трех подъярусов и нижнеконьякский подъярус ($K_2t_{1-3} + K_2k_1$), чаусская свита ($K_2čs$) (интервал глубин 27,8–81,8 м, мощность 54,0 м).

Завершает разрез верхнемеловых отложений и дочетвертичного платформенного чехла в целом отложения чаусской свиты, представленные мелом писчим и мергельно-меловыми породами с низким содержанием глинистой компоненты.

В основании свиты (72,0–81,8 м) залегает пачка белого писчего мела, массивного, местами грубоплитчатого и комковато-щебенчатого. В нижней части пачки (78,5–81,8 м) – трехметровый пласт белого писчего мела, пелитоморфного, крепкого, массивного, местами грубоплитчатого с мелким углефицированным и пиритизированным растительным детритом, мелкими органическими остатками (фораминиферы, раковинный детрит, спикулы губок) и глинисто-алевритовой примесью в основании. Отмечаются единичные трещины скола под углом ~20° к оси керна. Выше (74,2–78,5 м) в белом массивном мелу присутствуют трещины скола под углом 45° к оси керна.

В средней части интервала мел переходит в мергельно-меловые породы, пятнистоокрашенные в бело-серые цвета, при этом светлоокрашенные разности имеют раковистым излом, а серые – гладкий, ровный. В породах также присутствуют мелкие органические остатки и порошковатые выделения пирита. Венчает разрез пачки (72,0–74,0 м) пласт белого писчего мела массивного, глинистого, местами комковато-щебенчатого.

В образцах из данного интервала определены фораминиферовые комплексы, отвечающие белорусской зоне *Gavelinella nana*. В их составе *Spiroplectamina cuneata* Vassilenko, *Gaudryina angustata* Akimez, *Gaudryina folium* Akimez, *Eggerellina intermedia* (Reuss), *Arenobulimina presli* (Reuss), *Spiroplectamina cuneata* Vassilenko, *Marssonella oxycona* (Reuss), *Eouvigerina regularis* (Keller), *Tritaxia tricarinata* Reuss, *Globorotalites turonicus* Kaever, *Gavelinella moniliformis* (Reuss) – редко, *G. ammonoides* (Reuss), *Gavelinella nana* (Akimez), *Gavelinella kelleri dorsoconvexa* (Akimez), *Cibicides polyrraphes polyrraphes* (Reuss), *Eponidus turonicus* (Akimez), *Nodosaria aspera* Reuss, *Globotruncana coronata* Bolli, *Globotruncana lapparenti* Brotzen, *Tappannina eouvigeriniformis* (Keller) и др. Таксономический состав комплексов фораминифер характерен для нижнего турона и отвечает нижней части чаусской свиты [5; 8].

Выше (66,0–72,0 м) залегает пласт белого слабо глинистого мела, массивного, крепкого, с трещинами скола под углом 35–45° к оси керна, в основании – мел глинистый с мелкими органическими остатками и порошковатыми выделениями сульфидов железа. В породах данного интервала определены фораминиферы зоны *Gavelinella ammonoides*, включающие следующие виды фораминифер: *Gaudryina variabilis* Mjatluk – единично, *Gaudryina laevigata* Franke, *Spiroplectamina praelonga* (Reuss), *Heterostomella carinata* (Franke), *Gaudryina angustata* Akimez, *Eggerellina intermedia* (Reuss), *Arenobulimina presli* (Reuss), *Osangularia whitei praeceps* (Brotzen), *Stesioeina granulata kelleri* (Koch), *Eouvigerina regularis* (Keller), *Tritaxia tricarinata* Reuss, *Globorotalites multiseptus* Brotzen, *Gavelinella moniliformis* (Reuss), *Gavelinella ammonoides* (Reuss), *Gavelinella kelleri dorsoconvexa* (Akimez), *Cibicides polyrraphes polyrraphes* (Reuss), *Reussella carinata* Vassilenko, *Nodosaria aspera* Reuss, *Globotruncana coronata* Bolli, *Globotruncana lapparenti* Brotzen, *Tappannina eouvigeriniformis* (Keller) и др. Состав комплексов фораминифер характерен для среднего турона и отвечает нижней части чаусской свиты [5; 8].

В интервале 44,2–66,0 м – мощная пачка белого, писчего мела мелкокомковато-щебенчатого, на гл.

~50,5 м встречены валуны кварцитов кремового и серого цвета. Породы охарактеризованы типичным позднегуронским комплексом фораминифер зоны *Gavelinella moniliformis* s. str. Наиболее характерные виды: *Spiroplectamina praelonga* (Reuss), *Gaudryina laevigata* Franke, *Gaudryina variabilis* Mjatluk, *Verneuilina muensteri* Reuss, *Heterostomella carinata* (Franke), *Globorotalites multiseptus* Brotzen, *Stensioeina granulata granulata* (Olbertz), *Marssonella oxycona* Reuss, *Stensioeina granulata kelleri* Hiltermann, *Brotzenella berthelini* (Keller), *Cibicides minusculus* Akimez, *Globotruncana lapparenti* Brotzen, *Gavelinella moniliformis* (Reuss), *Gavelinella kelleri kelleri* (Mjatluk), *Tappannina eouvigeriniformis* (Vassilenko), *Reussella kelleri* Vassilenko, *Eouvigerina regularis* (Keller), *Eouvigerina cretacea* (Heron et Earland), *Fronicularia angulosa* Orbigny и др. [5; 8].

Венчает разрез чаусской свиты (27,8–44,2 м) столь же мощная, как и подстилающая, пачка белого писчего мела, массивного, пелитоморфного, местами до микрозернистого. В нижней половине интервала мел оскольчатый, глинистый, выше чередуются массивные и комковато-щебенчатые разности мела. Видимые в штуде невооруженным глазом органические остатки встречаются редко, но в шлифах наблюдаются многочисленные разнообразные по форме (овально-округлые, в виде виноградной кисти, бесформенные, ветвистые) органические остатки (преимущественно фораминиферы) размером до 0,1 мм, выполненные кальцитом. Эти завершающие разрез дочетвертичных отложений платформенного чехла нижнеконьякские образования (интервал глубин 27,8–44,2 м) содержат фораминиферы зоны *Gavelinella kelleri*. Раннеконьякский возраст описанных отложений обосновывается следующей характерной для них ассоциацией фораминифер *Heterostomella carinata* (Franke). *Ataxophragmium nautiloides* Brotzen, *Arenobulimina presli* (Reuss), *Eggerellina intermedia* (Reuss), *Quinqueloculina stolleyi* Brotzen, *Verneuilina muensteri* Reuss, *Marssonella oxycona* Reuss, *Gaudryina laevigata* Franke, *Globorotalites multiseptus* Brotzen, *Stensioeina granulata granulata* (Olb.), *Gyroidina nitida* (Reuss), *Reussella kelleri* Vassilenko, *Gaudryina coniacica* Akimez, *Globotruncana coronata* Bolli; *Gavelinella kelleri kelleri* (Mjatluk), *Gavelinella moniliformis* (Reuss), *Eouvigerina cretacea* (Heron-Allen et Earland), *Eouvigerina regularis* (Keller) и фаунистические остатки Ostracoda, Mollusca, иглокожих и ихтиофауны.

Отложения чаусской свиты образовались в относительно мелководных нормальноморских условиях обширного позднемелового бассейна и представляют собой ценное полезное ископаемое,

готовое для использования без особой предварительной подготовки и как минеральное сырье (карбонатный компонент) для производства различных строительных материалов. Неглубокое залегание и хорошее качество мела (содержание CaCO_3 более 90 % до гл. 60 м) делает доступным его добычу и рациональным использование как агроメリоранта и в производстве строительных материалов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одной из задач, которую хотели решить путем бурения скв. Климовичская 4П, являлась заверка выделенной по геофизическим данным в теле кристаллического фундамента Краснопольской впадины, или Климовичской грабен-синклинали [1; 4]. По аналогии с Бобруйской кольцевой структурой она могла быть выполнена отложениями лучковской и мышковичской свит бобруйской серии нижнерифейской эратемы, но такие отложения в разрезе скважины не обнаружены. Что касается отложений шеровичской серии среднерифейской эратемы, то их присутствие в разрезе является дискуссионным и должно стать предметом дальнейшего изучения.

В геологическом разрезе платформенного чехла, вскрытого скв. Климовичская 4П, установлены средне-верхнерифейские, нижневендские, нижне-, средне- и верхнедевонские, среднеюрские, нижне- и верхнемеловые отложения, образовавшиеся в разных геологических обстановках.

Палеотектонические обстановки формирования рифейских отложений связаны с заложением в позднем протерозое Воыно-Оршанского прогиба. Видимо, с этого события и началось образование мощной толщи красноцветных песчаников с конгломератами и гравелитами в ее основании. Встречающиеся среди конгломератов и гравелитов в виде маломощных прослоев биотит-полевошпат-кварцевые и олигомиктовые полевошпат-кварцевые песчаники имеют седиментогенный (?) глинисто-доломитовый и доломитовый цемент базального типа, что может свидетельствовать о накоплении этих отложений в локальном (?) мелководном бассейне с временами повышенной соленостью. Формирование вышележащей толщи красноцветных песчаников проходило в условиях опресненного мелководного эпиконтинентального бассейна (фашии прибрежной зоны, открытых мелководных акваторий) и на заключительном этапе формирования прогиба завершилось накоплением во внутриконтинентальном мелком пресноводном бассейне хорошо сортированных песчаных отложений, позднее, при смене гидрогеохимических условий захоронения, преобразованных на отдельных уровнях в песчаники с регенерационным кварцевым цементом.

На основе изучения вещественного состава этих рифейских отложений рассмотрены варианты их возможной стратиграфической приуроченности, однако окончательное определение возраста требует проведения дополнительных исследований.

В вильчанское время раннего венда территория Беларуси была охвачена оледенением, которое обусловило накопление здесь отложений континентальной покровно-ледниковой формации. В разрезе скв. Климовичская 4П вильчанские отложения представлены породами трех фаций: озерно-ледниковой (глины с тонкими прослоями песчаника), водно-ледниковой (песчаники) и ледниковой (песчаные тиллиты).

Воылинское время на территории Беларуси характеризуется активными тектоническими движениями и проявлением магматических процессов. В этих условиях накапливались вулканогенные, вулканогенно-осадочные и осадочные породы. В скв. Климовичская 4П, находящейся на удалении от очага вулканизма, обнаружены вулканокластические (туфы), вулканогенно-осадочные (туффиты) и осадочные породы (песчаники, алевролиты глинистые). Отложения с участием осадочного материала отлагались в субаквальной среде краевой зоны мелководного бассейна, а вулканогенные (туфы) – на прилегающей территории.

После значительного перерыва в осадконакоплении новый этап обширной морской трансгрессии на эродированную и пенепленизированную поверхность восточной части территории Беларуси начался в раннем девоне (эмское время). Нижнедевонские отложения (витебская свита) являются базальной частью эмско-эйфельской сульфатно-карбонатно-терригенной формации, отвечающей начальному (позднеэмскому) этапу трансгрессии бассейна Московской синеклизы и образованию здесь эпиконтинентального мелководного моря нормальной, а временами и местами – повышенной солености.

В разрезе скв. Климовичская 4П отложения эмского времени (витебская свита) представлены в нижней части песчаниками, а в верхней – карбонатными глинами с прослоями песчаников и доломитов известковистых псевдооолитовых. Среднедевонские доломиты адровской свиты – пелитомофные, оолитовые и оолитоидные, с прослоями сульфатно-карбонатных пород и глинами в верхней части разреза – образовались в условиях осолоненной лагуны теплого мелководноморского бассейна. Формирование толщи наровского надгоризонта, начавшееся в освейское время с сульфатно-карбонатного и карбонатного осадконакопления в лагунных условиях с низкой гидродинамикой, повышенной и высокой соленостью морской среды, продолжалось в городокское время седиментацией карбонатных и терригенно-карбонатных, а в костюковичское время – карбонатно-терригенных отложений в условиях нарастания трансгрессии, снижения

солености за счет поступления нормальноморских вод и усиления динамики водной среды.

На рубеже эйфельского и живетского веков карбонатное накопление сменилось терригенным. Отложения полоцкой свиты живетского времени представлены песками и некрепкими песчаниками с прослоями алевролитов и глин. Обнаружение в них маломощного пласта зольного угля позволяет говорить, что эти отложения представляют собой трансгрессивные фации обширного, но мелкого моря с меняющейся во времени гидрохимической средой – от несколько осолоненной и нормальной в раннеполоцкое (карбонатность доломитового типа) до нормальной или даже опресненной в позднеполоцкое время. В середине полоцкого времени бассейн местами мелел и заторфовывался.

Завершающая девонский разрез пачка литологически нерасчлененных живетско-франских (средне-верхнедевонских) терригенных отложений ланского горизонта – песчаников, алевролитов и глин – образовалась в опреснявшемся и мелеющем морском бассейне.

Мезозойский этап осадконакопления в разрезе скв. Климовичская 4П представлен среднеюрскими карбонатно-терригенными образованиями келловейского яруса, маломощной пачкой нижнемеловых терригенных пород и карбонатной толщей верхнемеловых мергельно-меловых отложений, значительная верхняя часть которых срезана в процессе плейстоценовой ледниковой деятельности.

Карбонатно-терригенная толща отложений краснинской и слободской свит келловейского яруса формировалась на замыкании среднеюрского морского бассейна, в мелководной и прибрежной (железистые оолиты) области смещения нормальноморских и континентальных вод, богатых железом, в течение нескольких (минимум двух) эпизодов среднеюрской трансгрессии – одной из самых масштабных на территории Восточно-Европейской платформы.

Нижнемеловые отложения являются морскими мелководными образованиями, среди которых идентифицированы отложения шитцевской свиты готеривского времени и озерской свиты альбского – периода обширной раннемеловой трансгрессии на территории Восточно-Европейской платформы.

Верхнемеловые отложения представлены образованиями сеноманского (костюшковичская и зале-

совичская свиты), туронского и коньякского ярусов (чаусская свита). Сеноманские отложения представляют собой относительно мелководные образования трансгрессирующего морского бассейна с нормальноморской гидрохимической средой и стабилизирующимся тектоническим режимом, в котором терригенное осадконакопление постепенно сменялось карбонатным, чему способствовала аридизация климата, а туронские и коньякские – в относительно мелководных нормальноморских условиях обширного позднемелового бассейна.

Вскрытые на глубоких горизонтах в скв. Климовичская 4П отложения платформенного чехла не несут литолого-геохимических признаков обнаружения в них полезных ископаемых, и лишь верхнемеловые отложения чаусской свиты представляют собой ценное полезное ископаемое, готовое для использования без особой предварительной подготовки как агромелиорант и как минеральное сырье (карбонатный компонент) для производства различных строительных материалов.

Выполненный для разновозрастных отложений платформенного чехла спектральный эмиссионный анализ не выявил в них значимых рудных концентраций: практически все элементы, определенные спектральным анализом, содержатся в количествах, равных или более низких, чем средние содержания в соответствующих типах пород земной коры [6; 10].

Несмотря на низкий в целом минерагенический потенциал отложений платформенного чехла, обнаружены более высокие относительно средних в соответствующих типах пород значения некоторых элементов, указывающие на повышенный геохимический фон некоторых элементов в определенные стратиграфические периоды. Так, в кварцевых и преимущественно кварцевых рифейских песчаниках устойчиво повышены (в 2–5 и более раз) фоновые содержания таких элементов, как никель, кобальт, свинец, медь, олово, литий, барий и фосфор, на отдельных уровнях – хром и галлий. Это отражает присутствие в этих песчаниках продуктов разрушения гранитов и коры выветривания, развитой по ним, в области сноса. Повышенные содержания этих элементов периодически фиксируются и на других стратиграфических уровнях, подтверждая геохимическую специфику пород в области сноса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Аксаментова, Н. В.** Геологическая карта кристаллического фундамента Белоруссии и прилегающих территорий. Масштаб 1 : 1 000 000 : объясн. зап. / Н. В. Аксаментова, И. В. Найденков. – Минск, 1991. – 66 с.
2. **Аксаментова, Н. В.** Магматизм и тектоническая позиция раннепротерозойского Осницко-Микашевичского вулканоплутонического пояса / Н. В. Аксаментова // Докл. АН БССР. – 1996. – Т. 40, № 1. – С. 102–107.
3. **Геология Беларуси** / А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
4. **Гулис, Л. Ф.** Постседиментационные изменения отложений рифея и нижнего венда Беларуси / Л. Ф. Гулис. – Минск : Изд-во ИГН АНБ, 1995. – 103 с.

5. Каримова, Л. А. Верхнемеловые комплексы фораминифер Оршанской впадины / Л. А. Каримова // Эволюция жизни на Земле : материалы IV Междунар. симпози., Томск, 10–12 нояб. 2010 г. – Томск : Изд-во ТМП-ПрессБ, 2010. – С. 353–355.
6. Краткий справочник по геохимии / Г. В. Войткевич [и др.]. – М. : Недра, 1970. – 280 с.
7. Рифей и венд Белоруссии / А. С. Махнач [и др.]. – Минск, 1976. – 360 с.
8. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объясн. зап. / под ред. С. А. Кручека [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 282 с.+ приложение из 15 стратиграфических схем.
9. Шкуратов, В. И. Палеогеографические условия осадконакопления вендской ледниковой эпохи на территории Беларуси / В. И. Шкуратов, А. С. Махнач // Докл. НАН Беларуси. – 2003. – Т. 47, № 4. – С. 104–106.
10. Turekian, K. K. Distribution of the Elements in Some Major units of the Earth's Crust / K. K. Turekian, K. H Wedepohl // Bull. Geol. Soc. Amer. – 1961. – № 72. – P. 175–190.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 31.03.2025

Рэцэнзент М. П. Аношка

ЛІТАБІЯСТРАТЫГРАФІЧНАЕ РАСЧЛЯНЕННЕ РАЗРЭЗАЎ ПАРАМЕТРЫЧНЫХ, КАРЦІРОВАЧНЫХ І ПОШУКАВЫХ СВДРАВІН, ПРАСВДРАВАННЫХ ВА ЁСХОДНЬЯЙ ЧАСТЦЫ БЕЛАРУСІ Ў 2016–2024 ГГ.

Паведамленне 1. Параметрычная свідравіна Клімавіцкая 4П

Г. Д. Стральцова, А. Г. Лапцэвіч, А. Ф. Кузьмянкова, Л. А. Карымава,
В. Ю. Абухоўская, Т. Ф. Сачанка, Н. У. Глаз

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

У артыкуле прыведзены звесткі аб будове, рэчывым складзе, структурна-тэкстурных асаблівасцях, паліналагічных, макра- і мікрафаўністычных характарыстыках і ўмовах фарміравання рознаўзроставых адкладаў платформеннага чахла, выяўленых параметрычнай свідравінай Клімавіцкая 4П, прасвідраванай на ўсходзе Беларусі ў працэсе рэгіянальных геалагаразведачных работ у рамках Дзяржаўнай праграмы «Ахова навакольнага асяроддзя і ўстойлівае выкарыстанне прыродных рэсурсаў» (падпраграма 1 «Нетры Беларусі») на 2021–2025 гг.

Ключавыя словы: глыбіннае геалагічнае картаванне, параметрычная свідравіна, платформенны чахол, Аршанская ўпадзіна, Варонежская антэкліза, Клімавіцкая грабен-сінкліналь, Краснапольская ўпадзіна, шаровіцкая серыя, літабіястратыграфічны разрэз.

LITHOBIOSTRATIGRAPHIC DIVISION OF SECTIONS OF PARAMETRIC, MAPPING AND EXPLORATION WELLS DRILLED IN THE EASTERN PART OF BELARUS IN 2016–2024

Message 1. Parametric well Klimovichskaya 4P

G. Streltsova, A. Laptsevich, O. Kuzmenkova, L. Karimova, V. Obukhovskaya,
T. Sachenko, N. Glaz

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

The article presents information on the structure, material composition, structural and textural features, palynological, macro- and microfaunistic characteristics and formation conditions of different-aged deposits of the platform cover, exposed by the parametric well Klimovichskaya 4P, drilled in the east of Belarus during regional geological exploration work within the framework of the state program “Environmental Protection and Sustainable Use of Natural Resources” (subprogram 1 “Subsoil of Belarus”) for 2021–2025.

Keywords: deep geological mapping, parametric well, platform cover, Orsha depression, Voronezh anteclise, Klimovichi graben-syncline, Krasnapolye depression, Sherovichi series, lithobiostratigraphic section.

УДК 552.4+551+550.4+ 56 (476)

СТРОЕНИЕ ПЛАТФОРМЕННОГО ЧЕХЛА В РАЗРЕЗЕ СКВАЖИНЫ КОБРИН 1к (ПОДЛЯССКО-БРЕСТСКАЯ ВПАДИНА, БЕЛАРУСЬ)

О. Ф. Кузьменкова¹, Г. Д. Стрельцова¹, Т. В. Воскобойникова¹, А. Г. Лапцевич¹, Л. А. Каримова¹,
Е. Г. Раевская², В. Ю. Обуховская¹, Т. С. Зайцева³, Т. Ф. Саченко¹, И. Л. Колосов¹

¹Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

Филиал «Институт геологии»

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

E-mail: kuzmenkovaof@mail.ru

²Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А. П. Карпинского

Средний В. О. пр-т, 74, 199106, Санкт-Петербург, Россия

³Институт геологии и геохронологии докембрия РАН

Набережная Макарова, 2, 199034, Санкт-Петербург, Россия

В статье приведены результаты литологического, минералогического, геохимического и палеонтологического изучения пород платформенного чехла, вскрытых скв. Кобрин 1к в 2014 г. на востоке Подляско-Брестской впадины. Проведен анализ результатов разноплановых исследований керна этой скважины, полученных за последнее десятилетие совместно с российскими и польскими коллегами. Уточнено геологическое строение слабоизученной территории и сделаны выводы об истории ее геологического развития. Очерчен круг нерешенных проблем в стратиграфии позднепротерозойских и кембрийских отложений Беларуси.

Ключевые слова: литология, геохимия, палеонтология, стратиграфия, Восточно-Европейская платформа, Беларусь, рифей, венд, кембрий, ордовик, силур, юра.

ВВЕДЕНИЕ

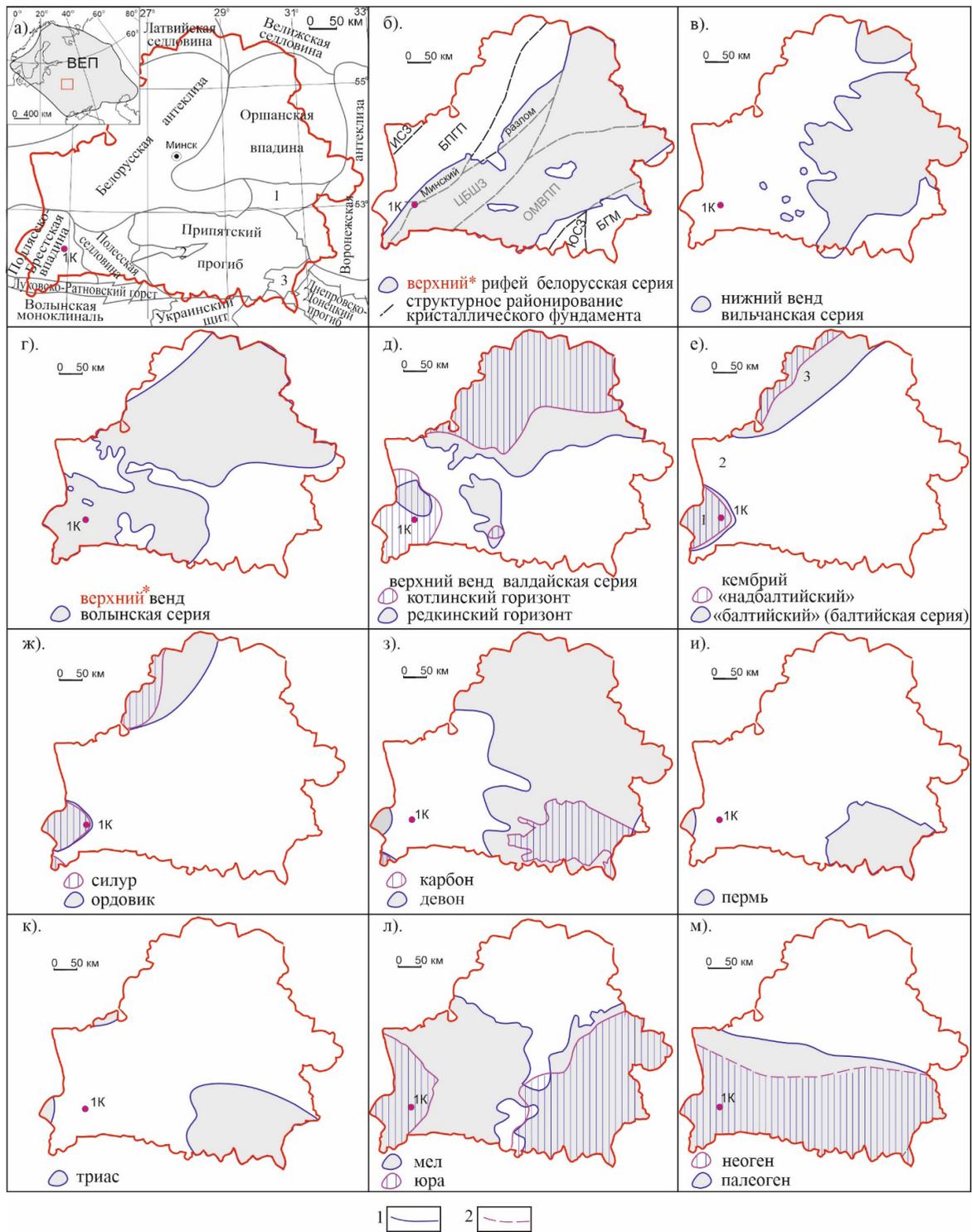
Скважина Кобрин 1к пробурена в 2014 г. в Пружанском районе Брестской области в ходе проводимого Государственным предприятием «НПЦ по геологии» геологического и гидрогеологического доизучения территории листа N-35-XXXI (Кобрин) Госгеолкарты-200 (Зубок и др., 2014). Цель бурения – уточнение глубинного строения территории и оценка природы магнитовозмущающего объекта субширотного простирания, выявленного в ходе опережающих комплексных геофизических работ масштаба 1 : 200 000 (Мясникова и др., 2014). В результате впервые в пределах листа N-35-XXXI был вскрыт кристаллический фундамент (высокомагнитные умереннощелочные габброиды) и уточнено строение платформенного чехла восточной части Подляско-Брестской впадины. В частности, установлены терригенно-карбонатные отложения ордовика и силура, граница распространения которых ранее предполагалась западнее [5; 24] (рис. 1).

В течение последующего десятилетия был проведен ряд исследований керна этой скважины, в том числе совместно с российскими и польскими коллегами, и получены новые факты, что отражено в соответствующих публикациях [10; 13; 14; 31, 34; 35; 37, 40; 51]. Цель настоящей статьи – обобщить име-

ющуюся на сегодняшний день информацию и очертить круг нерешенных проблем.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В Государственном предприятии «НПЦ по геологии» выполнены следующие виды работ. Литологическое, петрографическое и геохимическое изучение керна проведено сотрудниками отдела геологии и минералогии платформенного чехла (О. Ф. Кузьменкова, Г. Д. Стрельцова, А. Г. Лапцевич). В Центральной лаборатории определен химический состав пород методами мокрой химии (ГОСТ 2642.2-97-ГОСТ 2642.12-97, аналитик Т. В. Грицук) и полуколичественного спектрально-го эмиссионного анализа (ДФС-452, СТЭ-1, аналитики И. Н. Уронич, Т. В. Домбровская). В отделе физико-химических исследований произведен рентгенофазовый анализ (дифрактометр Дрон-3.0, Си-излучение, графитовый монохроматор аналитик Л. П. Евстратенко) и измерено массовое содержание кальцита и доломита (и/или сидерита) в породах (карбонатомер КМ-05С, аналитик Г. И. Лучина). С целью выявления минералов-спутников алмазов из проб-протолок венда в Центральной лаборатории выделены монофракции гранатов (минералог О. И. Рязанова) и определен их химический состав методом микронзондового анализа в Белорусском



Рисунк 1 – Паложне скв. Кобрин 1к на схемах тектонического районирования Беларуси (а) и распространения отложений платформенного чехла (б-м):

а) тектоническое районирование по поверхности кристаллического фундамента по [3]. 1–3 тектонические структуры: 1 – Жлобинская седловина, 2 – Микашевичско-Житковичский выступ, 3 – Брагинско-Лоевская седловина; б) структурно-формационные зоны кристаллического фундамента по [2]: ИСЗ – Инчукалнская структурная зона, БПГП – Белорусско-Прибалтийский гранулитовый пояс, ЦБШЗ – Центрально-Белорусская шовная зона, ОМВПП – Осницко-Микашевичский вулканоплутонический пояс, ЮСЗ – Юровичская структурная зона, БГМ – Брагинский гранулитовый массив; в) 1–3 палеотектонические структуры: 1 – Кобринская впадина, 2 – Лидско-Слонимская седловина, 3 – Полоцкая впадина. На рисунках б – м: 1–2 – области распространения отложений: 1 – сплошного, 2 – фрагментарного. На рисунках б и г красным цветом указаны предлагаемые изменения в Стратиграфическую схему Республики Беларусь (Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 23.01.2017 № 8 «Об утверждении Стратиграфической схемы Республики Беларусь») [26]

государственном технологическом университете (сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM-5610 LV с энергодисперсионным анализатором JED-2201, аналитик В. Г. Лугин). В отделе стратиграфии и тектоники сделаны заключения о юрском, силурийском и ордовикском возрасте пород. Л. А. Каримовой выполнен микрофаунистический анализ юрских пород. Подготовка проб включала: измельчение, обработку перекисью водорода, отмучивание, высушивание и просеивание осадка через сита с размером ячейки 0,2 и 0,1 мм для дальнейшего изучения под микроскопом [12]. В. Ю. Обуховская выполнила палинологический анализ образцов силурийских и ордовикских пород. Извлечение микрофитофоссилий из породы выполнено в соответствии с утвержденной на предприятии методикой (2018 г.) [25]: дробление, просеивание; обработка соляной кислотой и раствором щелочи или пирофосфата, разделение осадка центрифугированием в растворе солей $KJ+CdJ_2$, сбор и отмывка мацерата дистиллированной водой; изготовление постоянных либо временных препаратов для изучения под микроскопом. Из образцов керна скв. Кобрин 1к были изготовлены временные препараты, поэтому микрофотографирование таксонов не проводилось.

Микропалеонтологическое изучение нижнепалеозойской части разреза проводилось Е. Г. Раевской (Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А. П. Карпинского). Для извлечения микрофоссилий из породы использовалась щадящая методика, разработанная в лаборатории литологии и биостратиграфии ИГГД РАН [21].

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ

Скважина Кобрин 1к пробурена на востоке Подляско-Брестской впадины, в узле пересечения региональной субширотной разломной зоны и суперрегионального Минского разлома северо-восточного простирания, разграничивающего крупные структурные элементы кристаллического фундамента – Белорусско-Прибалтийский гранулитовый пояс на северо-западе и Центрально-Белорусскую шовную зону на юго-востоке [2] (рис.1а).

Мощность платформенного чехла составляет здесь 858,0 м. Его значительная часть сложена образованиями верхнего протерозоя (444,7 м) в составе терригенных пород рифея и вулканогенных, вулканогенно-осадочных и терригенных пород венда. Палеозойский чехол (238,6 м) представлен терригенными отложениями нижнего кембрия и терригенно-карбонатными отложениями ордовика и силура. Мезо-кайнозойский чехол (174,7 м) сложен терригенно-карбонатными и карбонатными породами юры, мела и терригенными – палеогена, неогена и кварте-

ра (рис. 2). Ниже приведено описание вскрытой части разреза. В силу того, что отложения неогена не подняты, а силура, юры, мела, палеогена и квартера вскрыты фрагментарно, расчленение этой части разреза в значительной степени выполнено путем корреляции с близрасположенными скважинами [3; 5 и др.].

ЛИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ СКВАЖИНЫ КОБРИН 1к

782,0–858,0 м (мощность 76,0 м) – *верхний рифей*.

844,0–858,0 м (мощность 14,0 м) – *рогачевская свита RF_3rg* . Песчаники полевошпатово-кварцевые мелко-среднезернистые, в подошве гравелистые. Породы темно-красно-бурые со светло-серыми пятнами вторичного осветления, крепкие, горизонтально- и клиновидно-слоистые. Поверхности напластования неровные, волнистые, с текстурами взмучивания. Содержат миллиметровые прослой, а в верхней части свиты интракласты аргиллитов и алевролитов зеленовато-серого и бурого цвета. В кровле свиты с гл. 847,5 м – переслаивание аргиллитов, алевролитов и песчаников.

782,0–844,0 м (мощность 62,0 м) – *пинская свита RF_3pn* .

826,6–844,0 м (мощность 17,4 м) – *I ритмопачка*. Мелкозернистые песчаники полевошпатово-кварцевые (полевых шпатов до 15 %) с порово-пленочным гематит-гидрослюдисто-каолинитовым цементом. Обломочный материал угловато-окатанной формы, сортированный, присутствует рудный шлик (рис. 3а). Породы буровато-коричневого цвета с пятнами вторичного осветления, крепкие, горизонтально- и клиновидно-слоистые, с ровными поверхностями напластования, содержат интракласты глины бурого цвета линзовидной, округлой и неправильной формы размером от первых мм до 5 см. Верхние 1,5 м сложены переслаиванием глинистых интракластов и слюдястых алевролитов с элементами клиновидной, линзовидной и перекрестной слоистости. В кровле ритмопачки отмечен прослой мощностью 0,5 см глинистого доломита.

815,0–826,6 м (мощность 11,6 м) – *II ритмопачка*. Породы аналогичные, но массивные до неясно горизонтально- и клиновидно-слоистых. Количество глинистых интракластов меньше, положение их близко к горизонтальному. В кровле прослой (0,1 м) глинистых аргиллитоподобных пестрой буро-зеленовато-серой окраски с 1,5 мм прослойком доломита.

798,0–815,0 м (мощность 17,0 м) – *III ритмопачка*. Песчаники аналогичные, со слабо проявленной горизонтальной и клиновидной слоистостью, содержат миллиметровые линзовидные глинистые прослой и примазки (рис. 3а), в верхней части интервала интракласты имеют различные причудливые формы.

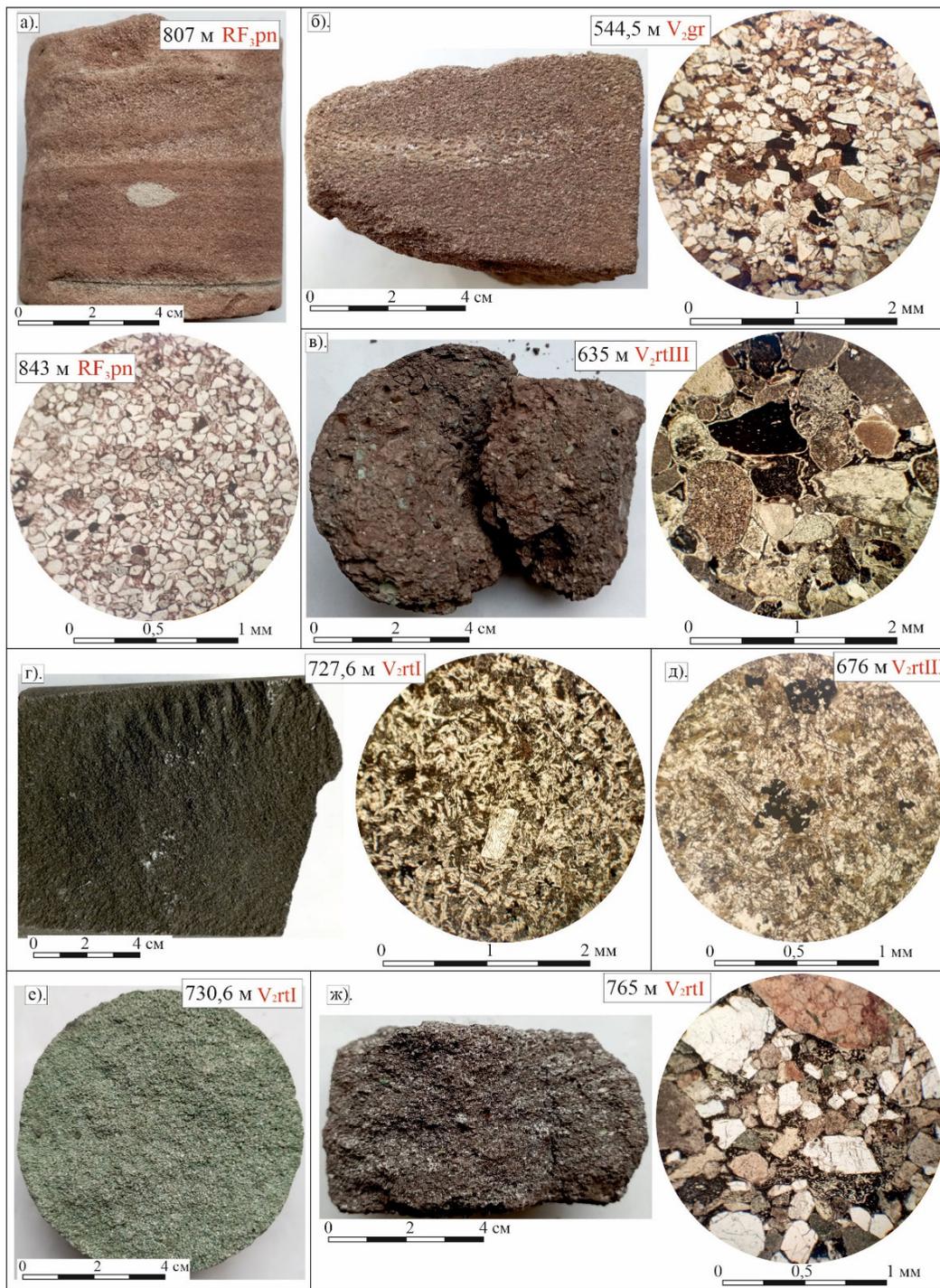


Рисунок 3 – Породы рифея и волынской серии венда скв. Кобрин 1к:

а) пинская свита: 807 м, II ритмопачка – клиновидная слоистость в мелкозернистом песчанике с пятнами вторичного осветления; 843 м, I ритмопачка – полевошпатово-кварцевый песчаник с рудным шлихом; б) вулканомиктовый мелко-среднезернистый песчаник, 544,5 м, гирская свита V₂gr; в) туф базальтовый витро-литокластический псаммо-псефитовый, 635 м, ратайчицкая свита V₂rtlIII; г) оливиновый базальт, 727,6 м, ратайчицкая свита V₂rtl; д) толеитовый базальт, 676 м, ратайчицкая свита V₂rtlIII; е) туффит смешанного состава псефо-псаммитовый, 730,6 м, ратайчицкая свита V₂rtl; ж) туфопесчаник гравелистый, 765 м, ратайчицкая свита V₂rtl. Фото шлифов в проходящем свете

ГЕАЛОГИЯ
787,0–798,0 м (мощность 11 м) – IV ритмопачка. В основании мелкозернистые кварцевые песчаники неясно горизонтальнослоистые; выше с гл. 791 м аналогичные вышеописанным полевошпатово-кварцевые песчаники с уплощен-

ными округлыми глинистыми интракластами размером до 2 см, с прослоем оскольчатых слабослюдистых аргиллитоподобных глин коричнево-бурого цвета с раковистым изломом мощностью 0,8 м.

782,0–787,0 м (мощность 5 м) – массивные мелкозернистые полевошпатово-кварцевые песчаники, аналогичные описанным выше.

508,4–782,0 м (мощность 273,6 м) – волынская серия верхнего венда.

774,0–782,0 м (мощность 8,0 м) – *горбашевская свита* V_{2gb} . Аркозовые конгломераты и гравелиты с прослоями крепких слюдистых мелко-среднезернистых песчаников и глинистых алевролитов. Породы темного лилово-коричнево-бурого цвета, некрепкие, рыхлые, неяснослоистые. Обломки размером 1–3,5 см окатаны в разной степени, представлены кварцем, гранитом, характерно наличие гематитовых рубашек.

597,8–774,0 м (мощность 176,2 м) – *ратайчицкая свита* V_{2rt} .

715,0–774,0 м (мощность 59,0 м) – *нижняя вулканогенная толща* V_{2rtI} .

764,7–774,0 м (мощность 9,3 м) – переслаивание туфоконгломератов, туфопесчаников и туфоалевролитов буровато-лилового цвета. Породы некрепкие, часто тефроподобные, проявляют горизонтальную и клиновидную слоистость, содержат маломощные прослои туффитов алевро-пелитовой размерности. Осадочный материал (50–65 %) несортированный, представлен разнозернистыми угловатыми обломками гранитов, полевых шпатов и кварца; пирокластический материал – сапонитизированными витрокластами и литокластами базальтов и кислых эффузивов. Цемент (до 5 %) гематит-монтмориллонитовый пленочный [47] (рис. 3ж).

728,8–764,7 м (мощность 35,9 м) – переслаивание витро-литокластических и лито-витрокластических псефо-псаммитовых и алевроитовых туффитов смешанного состава. Окраска пород варьирует от лиловато-буровато-серой до зеленовато-серой и серо-зеленой (рис. 3е). Породы крепкие, неясно горизонтально слоистые. Минеральный состав пород схож с нижележащей пачкой туфопесчаников, но содержание осадочного материала ниже (25–30 %). Степень окатанности его низкая, в подошве пачки встречаются окатанные гравийные обломки кварца и гранитов.

715,0–728,8 м (мощность 13,8 м) – поток умереннощелочных базальтов зеленовато-серого цвета (рис. 4а). Породы массивные, тонко-мелкокристаллические. Вкрапленники (около 1 %) представлены олигоклазом-андезином и псевдоморфозами вторичных минералов по оливину. Основная масса с интерсертальной структурой состоит из олигоклаза-андезина (40 %), авгита (35 %), титаномагнетита и ильменита (8–10 %), калиевого полевого шпата (1–3 %), окристаллизованного хлорофейта (5 %) и вулканического стекла (5–10 %) (рис. 3г).

В верхней части потока базальты хлоритизированные, миндалекаменные, в кровле (3,2 м) и подошве (0,5 м) развита лавобрекчия.

597,8–715,0 м (мощность 117,2 м) – *верхняя вулканогенная толща* V_{1rtIII} .

711,1–715,0 м (мощность 3,9 м) – бурые алевропсаммитовые базальтовые туфы.

658,7–711,1 м (мощность 52,4 м) – покров толеитовых базальтов (рис. 4а), состоит из двух потоков, разделенных на гл. 677,2–686,2 м (мощность 9,0 м) пестроцветной туфолавобрекчией. Базальты темно-серого цвета, массивные, тонкокристаллические. Порфириовидные вкрапленники (до 2 %) представлены андезином-лабрадором, титаномагнетитом сидеронитового облика и авгитом. Основная масса интерсертальной структуры, состоит из андезина (50 %), авгита (30 %), титаномагнетита, ильменита (8–10 %); интерстиции выполняют окристаллизованный хлорофейт (до 10 %), анальцит (до 1 %) и вулканическое стекло (рис. 3д). В кровле и подошве потоков развиты лавобрекчии. Выше 685 м базальты миндалекаменные, в миндалинах и дегазационных везикулах развиты халцедон, морденит, кальцит. По субвертикальным трещинам проявлены зеркала скольжения.

597,8–658,7 м (мощность 60,9 м) – базальтовые туфы лито-витрокластические и витро-литокластические псефо-псаммитовые и мелколапиллиевые, пестроцветные, массивные; внизу пачки плотные, вверху – рыхлые. Цемент пленочный гематит-гидрослюдистый (до 1 %).

508,4–597,8 м (мощность 88,4 м) – *гирская свита* V_{2gr} . Вулканомиктовые аркозовые конгломераты и разнозернистые мелко-среднезернистые, средне-крупнозернистые песчаники бурого цвета. В нижней части свиты до гл. 565 м породы рыхлые, с нерегулярной текстурой, выше – массивные, неясно горизонтально- и клиновидно-слоистые. Обломочный материал не сортирован, угловатой формы, но при этом часто ориентирован по напластованию. Представлен полевыми шпатами свежего облика (30–40 %), кварцем (до 40 %), слюдой (до 5–7 %), разложенным вулканогенным материалом (около 10 %). Цемент (до 10 %) каемочно-порового типа гематит-гидрослюдистый, вверху по разрезу сменяется каолинитовым, доломит-каолинитовым гнездовым (рис. 3б). В обломочном материале конгломератов также присутствует галька (до 1,5 см) с высокой степенью окатанности, представленная в разных пропорциях базальтами, гранитами и кварцем, часто в гематитовых рубашках. Отмечаются линзы и прослои (до 0,5 м) бурых алевролитов и глин.

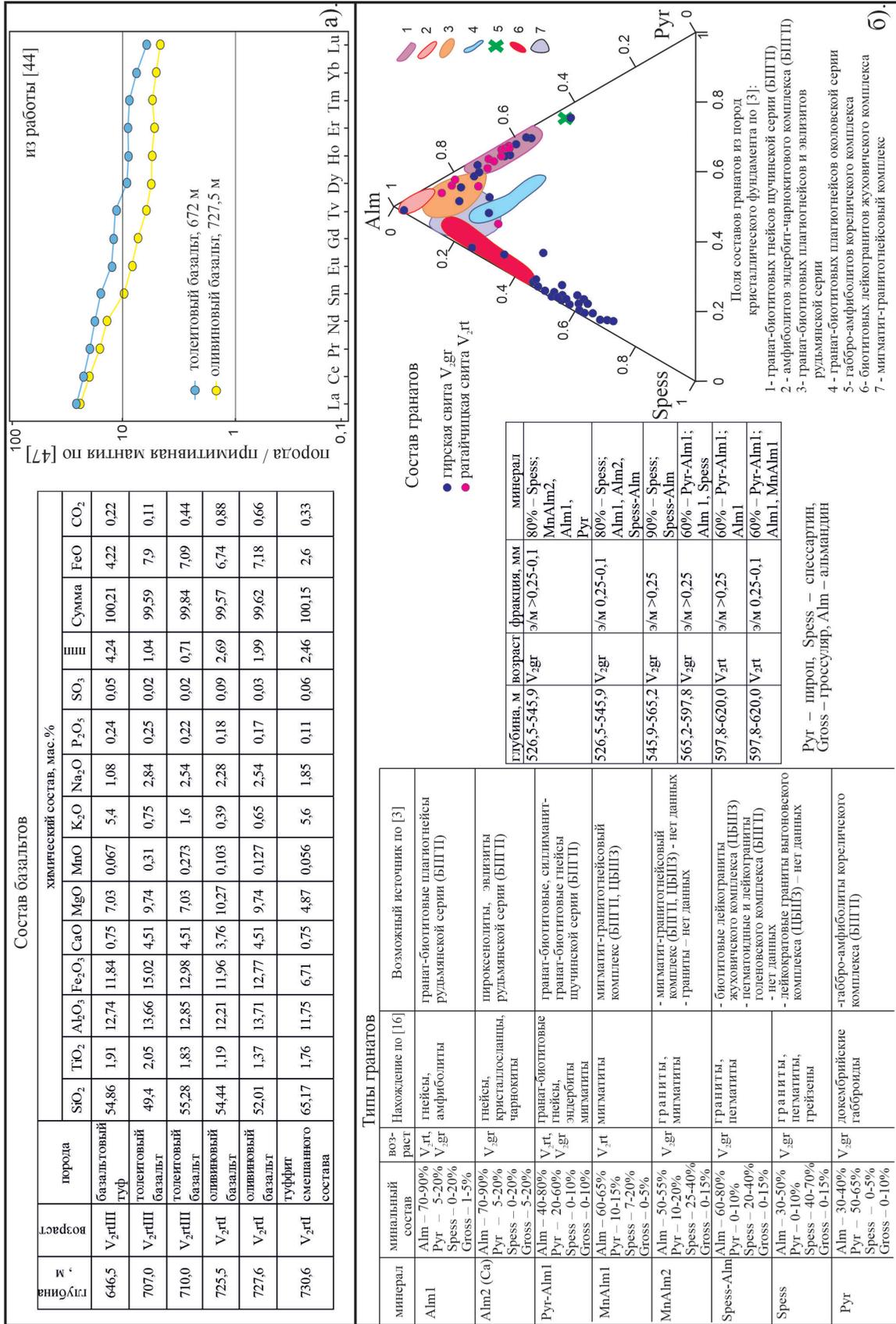


Рисунок 4 – Вещественный состав пород волынской серии венда скв. Кобрин 1к:
а) химический состав базальтов; б) состав гранатов по данным микрозондового анализа

412,4–508,4 м (мощность 96,0 м) – *валдайская серия верхнего венда*.

447,4–508,4 м (мощность 61,0 м) – *редкинский горизонт V₂rd*.

474,0–508,4 м (мощность 34,4 м) – переслаивание разнозернистых средне-, крупнозернистых аркозовых, в нижней части вулканомиктовых, песчаников и гравелитов, отмечен один тонкий прослой слюдяных алевролитов. Породы пестроокрашенные, кирпично-бурые, крепкие, неясно горизонтально- и косослоистые. Обломочный материал угловато-окатанной формы, не сортирован: полевые шпаты свежего облика (40 %), кварц (30 %), изогнутые чешуи слюды (5 %), рудный шлик (до 5–7 %), плохо угадываемый вулканомиктовый материал (до 5 %). Цемент гематит-каолининовый порово-гнездового типа (15–20 %). Гравийный материал размером до 1 см представлен обломками гранитов, гранодиоритов и кварцем (рис. 5г).

447,4–474,0 м (мощность 26,6 м) – переслаивание разнозернистых мелко-, среднезернистых аркозовых слюдяных песчаников и алевролитов кирпичного цвета. В верхней части (с гл. 455 м) прослой аргиллитоподобных глин. Породы плитчатые, горизонтально-, редко клиновиднослоистые, на поверхностях напластования присыпки-прослой (мощность 0,5–1,5 мм) крупных (0,3–2 мм в длину, толщиной до 0,1–0,2 мм) изогнутых чешуй слюды. Минеральный состав пород аналогичен, как в нижней пачке, но степень окатанности выше. Цемент гематит-каолининовый пленочно-поровый (до 5 %) (рис. 5в).

412,4–447,4 м (мощность 35,0 м) – *котлинский горизонт, россонская свита V₂rn* (в статье используется новое название свиты по [8] взамен «котлинская» по [26]). Песчаники средне-мелкозернистые разнозернистые слюдяно-полевошпатово-кварцевого состава. Порода светлого розовато-серого цвета с тонкими нитевидными слюдяными слоями зеленовато-серого цвета, которые подчеркивают косую и клиновидную слоистость. Обломочный материал окатанной формы, содержание полевых шпатов 10–15 %, присутствует рудный шлик. Слюда (20 %) линзовидно облекает обломочные зерна; размер чешуй 0,3–1 мм в длину, мощность до 0,05 мм. Цемент каемочный гидрослюдистый в незначительном количестве (рис. 5б). Верхние 0,9 м – переслаивание слюдяных алевролитов (слюды до 40 %) и аргиллитоподобных глин пестроцветных (от лилово-коричневых до зеленовато-серых), тонко-горизонтально слоистых, содержащих до 17,3 % сидерита. В породах присутствует до 1–2 % порошковатых выделений пирита, органическое вещество ассоциирует с чешуя-

ми слюды – так называемые ламинаритовые пленки (рис. 5а).

202,6–412,4 м (мощность 209, 8 м) – *нижний кембрий*.

398,0–412,4 м (мощность 14,4 м) – *рытская свита E₁rt*. Переслаивание зеленовато- и розовато-серых средне- и мелкозернистых глауконитово-кварцевых песчаников (содержание полевых шпатов около 10 %) с гематит-гидрослюдистым пленочно-поровым цементом, слюдяных алевролитов и глин. Обломочный материал угловато-окатанной формы. Породы тонко-горизонтально слоистые, характерны текстуры взмучивания (рис. 6г). В верхней части пачки (403,7–398,0 м, мощность 5,7 м) доминируют алевролиты и глины, в кровле отмечены выветрелые охристые алевролиты.

266,3–398,0 м (мощность 131,7 м) – *страдацкая свита E₁str*.

374,3–398,0 м (мощность 23,7 м) – *I ритмопачка*. Переслаивание крепких, сливных мелкозернистых полевошпатово-кварцевых глауконит-содержащих песчаников розовато-серого цвета с базальным доломитовым цементом, зеленовато-серых слюдяных доломитистых алевролитов и каолинит-гидрослюдистых глин аргиллитоподобных. Содержание глауконита в породах – до 30 %, полевых шпатов свежего облика в песчаниках и алевролитах составляет около 15 %, доломита (доминирует) и сидерита – до 40 %. Обломочный материал имеет низкую степень окатанности. Породы горизонтально слоистые, плитчатые и плитчато-оскольчатые. Верхние 3,7 м пачки (374,3–378,0 м) сложены тонкоплитчатыми горизонтально слоистыми глинами. Глины ритмопачки помимо зеленоватой окраски, нередко окрашены в горчично-лиловые цвета.

328,0–374,3 м (мощность 46,3 м) – *II ритмопачка*. Нижние 12,7 м (361,6–374,3 м) сложены мелкозернистыми полевошпатово-кварцевыми песчаниками, содержащими тонкие миллиметровые прослой слюдяных алевролитов и аргиллитоподобных каолинит-гидрослюдистых глин. В верхней части ритмопачки мощностью 33,6 м (328,0–361,6 м) доминируют алевролиты и глины с редкими тонкими прослоями мелкозернистых песчаников. Обломочный материал в песчаниках и алевролитах имеет угловато-окатанную форму, при этом содержание полевых шпатов не превышает 10 %. Породы ритмопачки зеленовато-серого цвета, содержат 10–35 % глауконита. Доломит и кальцит в глинистых разностях присутствуют в количестве 0,9–4,1 %, в терригенных разностях их содержание составляет 8,4–38,5 %, где они выполняют роль цемента. Породы горизонтально слоистые, плитчатые, с волнистыми

поверхности напластования, часто проявлена клиновидная слоистость (рис. 6в).

266,3–328,0 м (мощность 61,7 м) – *III ритмопачка*. Нижняя часть (312,6–328,0 м) мощностью 15,4 м представлена переслаиванием глауконитсодержащих разнозернистых мелко-среднезернистых кварцевых песчаников и слюдистых доломитистых алевролитов зеленовато-серого цвета. В подошве пачки песчаники содержат интракласты глинистых алевролитов размером до 1 см, рудный шлик и мелкие (до 0,3 мм) зерна фосфатов. Выше (266,3–312,6 м, мощность 46,3 м) залегает пачка тонкого переслаивания зеленовато-серых глинистых слюдистых доломитистых алевролитов и аргиллитоподобных глин, в которой до гл. 278 м встречаются тонкие (первые мм) редкие прослои средне- и мелкозернистых розовато-серых песчаников. Содержание глауконита в породах ритмопачки 3–10 %, полевых шпатов – не более 5 %, карбонатов (доломит, меньше – кальцит) – 2–25 %. Обломочный материал пород угловато-окатанной формы, цемент глинистый, глинисто-карбонатный гнездово-поровый. Глинистая компонента пород имеет каолинит-гидрослюдистый состав. Породы плитчатые, горизонтально-слоистые, поверхности напластования неровные (рис. 6б). В верхней части ритмопачки преобладают охристо-рыжие оттенки, отмечаются многочисленные следы ползания ихнофоссилий и неопределимые растительные пленки.

202,6–266,3 м (мощность 63,7 м) – *спановская свита* E_1sp . Светло-серые кварцевые (полевых шпатов до 3–5 %) мелко-среднезернистые песчаники. Породы крепкие, массивные до неясно горизонтально-слоистых, грубоплитчатых, сахаровидные, пористые, участками кавернозные. В нижней пачке (224,0–266,3 м, мощность 42,3 м) песчаники разнозернистые мелко-среднезернистые, алевритистые, в верхней (202,6–224,0 м, мощность 21,4 м) – тонко-мелкозернистые, содержат прослои глинистых алевролитов светло-серого цвета мощностью до 0,3 м. Характерно конформное взаимоотношение зерен, отмечается каолинитовый, реже доломит-каолинитовый цемент гнездового типа. Обломочные зерна кварца округлой и угловато-окатанной формы (рис. 6а).

190,5–202,6 м (мощность 12,1 м) – *лесовчицкая свита, средний ордовик* O_2lsv . Переслаивание глинисто-алевролитовых и карбонатных пород. В верхней части крепкие массивные мелкокристаллические органогенные доломиты, пятнисто перекристаллизованные и осветленные, кавернозные. Размер каверн до

0,5 см. Окраска неравномерная серая до темно-серой и черной. Характерны гнезда и просечки пирита. В средней части доломиты глинистые, переходящие в плитчатые глинисто-алевролитовые породы с примесью карбонатного материала, с просечками и фрамбоидальной вкрапленностью пирита и форменными остатками. В нижней части доломиты средне-мелкокристаллические крепкие, кавернозные, трещиноватые со сгустково-вкрапленными и гнездово-прожилковидными выделениями сульфида (пирита). Для пород всего интервала характерно наличие фаунистических остатков (рис. 7г).

174,7–190,5 м (мощность 15,8 м) – *силур*.

184,5–190,5 м (мощность 6 м) – *зельвянская свита* S_1zv . Глины доломитовые комковатые, темно-серые, опесчаненные, с прослоями плитчатых глинисто-алевролитовых пород (рис. 7в).

182,0–184,5 м (мощность 2,5 м) и 174,7–176,0 м (мощность 1,3 м) – *липовская свита* S_1lp . Доломиты тонко-мелкокристаллические, непланарные, органогенно-детритовые, с примесью терригенного материала (глинистой или тонкоалевролитовой фракции), массивные до неясно горизонтально-слоистых, плитчатых, плотные, пористые, местами кавернозные.

166,6–174,7 м (мощность 8,1 м) – *верхняя юра, оксфордский ярус, сметанинская свита* J_3st . Известняки пелитоморфные до тонкокристаллических, песчанистые, светлого бежевато-серого цвета. Песчаный материал (до 40 % от объема породы) представлен кварцевыми зернами с высокой степенью окатанности размером от 0,1 до 1 мм. Породы крепкие, массивные, пористые, содержат раковинный детрит – остатки бивальвий, мшанок, криноидей, гастропод, табулят, также был найден фрагмент зуба акулы (рис. 7а).

158,4–166,6 м (мощность 8,2 м) – *нижний мел, альбский ярус, озерская свита* K_1oz . Пески глауконитово-кварцевые мелкозернистые, в нижней части мелко-среднезернистые.

152,5–154,5 м (мощность 2 м) – *верхний мел, сенноманский ярус, кормянская серия* K_2krm . Сильно песчанистый мел серовато-белого цвета, постепенно сменяющийся вверх по разрезу мелом глинистым слабо песчанистым. Песчаный материал разнозернистый (от мелко- до крупнозернистого), по составу кварцевый.

100,8–101,6 м (мощность 0,8 м) – *палеоген, киевская свита* P_2kv . Глауконитово-кварцевый песчаник с фосфатными стяжениями и угловатыми обломками кремней до 5 см.

БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА

По присутствию наиболее характерных таксонов в разрезе скв. Кобрин 1к было выделено три ассоциации ископаемых остатков (рис. 8).

Первая ассоциация с *Pachysphaeridium robustum* – *Ordovicidium nudum* установлена на гл. 192 м в лесовичицкой свите (рис. 8). В ее составе обнаружены акритархи родов *Baltisphaeridium* Eisenack (в частности, *B. longispinosum* (Eisensck) Umnova и его морфологические варианты), *Micrhystridium* (Deflandre) Serjeant, *Multiplicisphaeridium* Staplin (*M. cf. bifurcatum* Staplin, Jansonius et Pockock), *Veryhachium* Deunff (триангулярные и ректангулярные оболочки из групп *trispinosum* и *lairdii* соответственно [46], *Leiosphaeridia* (Eisenack) Downie et Serjeant, характерные для ордовика в целом не только Прибалтийской моноклинали и Подляско-Брестской впадины [18; 26], но и далеко за их пределами. Наиболее выразительными таксонами данной ассоциации, позволяющими условно сузить стратиграфический интервал до среднего — низов верхнего ордовика, можно считать *Ordovicidium nudum* (Eisenack) Loeblich et Tappan, *Pachysphaeridium robustum* (Eisensck) Fensome et al. и отчасти *Micrhystridium capillatum* Piskun (в понимании [18]).

Вторая ассоциация с *Pulvinosphaeridium* sp. – *Hoegklintia visbiensis* – *Dictyotidium dictyotum* выявлена в интервале 174,7–175 м в липновской свите (рис. 8). В породах, помимо неопределенного органического детрита, присутствуют различные фрагменты сколекодонтов, хитиной, криптоспор и акритарх. В ассоциации с проходящими снизу таксонами *Baltisphaeridium*, *Micrhystridium*, *Multiplicisphaeridium*, *Veryhachium* на этом уровне обнаружены крупные (100–150 мкм и более) оболочки *Pulvinosphaeridium* (Eisenack) Deunff и *Hoegklintia* Dorning. В составе первого рода, помимо *P. pulvinellum* Eisenack (рис. 9, фиг. 14, 16) с редкими широкими выростами-выступами, соединенными своими основаниями так, что центральное тело практически не обособляется и оболочка имеет очертание «подушки», в относительно большом количестве присутствуют формы, отнесенные к *Pulvinosphaeridium* sp. 1 (рис. 9, фиг. 1, 3). Эти формы обнаруживают принцип строения оболочек, схожий с родом *Estiastra* Eisenack, более многочисленные радиально расходящиеся выросты которого образуют нечто вроде звезды. Однако конические выросты *Estiastra* имеют острые вершины. А все встреченные в данной ассоциации экземпляры имеют одинаково

скругленные тупые, иногда даже вздутые терминальные части выростов. Форма *P. aff. pulvinellum* (рис. 9, фиг. 15) имеет промежуточное строение. И поскольку такие формы не единичны, возможно, все приведенные морфотипы являются проявлением внутривидовой изменчивости одного таксона, который является частью морфогруппы *Estiastra* – *Pulvinosphaeridium* s.l. Следует также отметить, что у всех изученных экземпляров в разной степени проявлена дополнительная орнаментация стенки либо незначительными ребрами, либо гранулами-бугорками вплоть до маленьких шипиков, которые тяготеют к вершинам выростов (рис. 9, фиг. 3). Подобные черты, в частности ребра, свойственны роду *Rhiptosocherma* Loeblich et Tappan, который, однако, был признан младшим синонимом *Pulvinosphaeridium* [32; 35]. Для более основательного таксономического исследования этой группы акритарх требуется привлечение дополнительного палеонтологического материала. Другой род *Hoegklintia* представлен в изученном образце несколькими экземплярами, отнесенными к виду *H. visbiensis* (Eisenack) Dorning (рис. 9, фиг. 17). Он также имеет полигональное очертание оболочки, но дихотомирующие до третьего порядка выросты.

Дополняет сообщество крупных форм *Navifusa* Combaz, Lange, Pansart, которая из-за посредственной сохранности определена в открытой номенклатуре. В состав рассматриваемой ассоциации также входят акритархи принципиально другого размерного ряда (15–50 мкм), к которым относятся *Diexallophasis denticulata* (Stockmans et Williere) Loeblich, *Dictyotidium dictyotum* Eisenack, *Oppilatalla insolita* (Cramer, Diez) Dorning, *Polyedryxium wenlockium* (Dorning) Le Hérisse, *Stictosoma gemmata* Wicander, Playford, Robertson, *Cheleutochroa* Loeblich et Tappan, *Cymatiosphaera* (Wetzel) Deflandre, *Dactilofusa* (Brito et Santos) Combaz et al., *Deunffia* Downie, *Domasia* Downie, *Evittia* Brito, *Polygonium* Vavrdová, *Solisphaeridium* Staplin et al. и некоторые другие.

Кроме акритарх широкого стратиграфического распространения (*Cymatiosphaera* sp., *Micrhystridium* sp., *Multiplicisphaeridium* sp., *Polygonium* sp., *Solisphaeridium* sp., *Veryhachium* sp.), вторая ассоциация содержит таксоны, появление которых на территории северо-запада ВЕП (северо-запад европейской части России, страны Балтийского региона, Швеция) приурочено к верхнему ордовика. Так, род *Evittia* известен с верхов сандбийского яруса, *Diexallophasis* Lister и *Cheleutochroa* – начиная с катийского [42; 43], роды *Oppilatalla* Loeblich et Wicander, *Hoegklintia* и *Pulvinosphaeridium* появляются в хирнантском ярусе [23; 34; 42; 52]. Все эти формы продолжают существовать и в силуре.

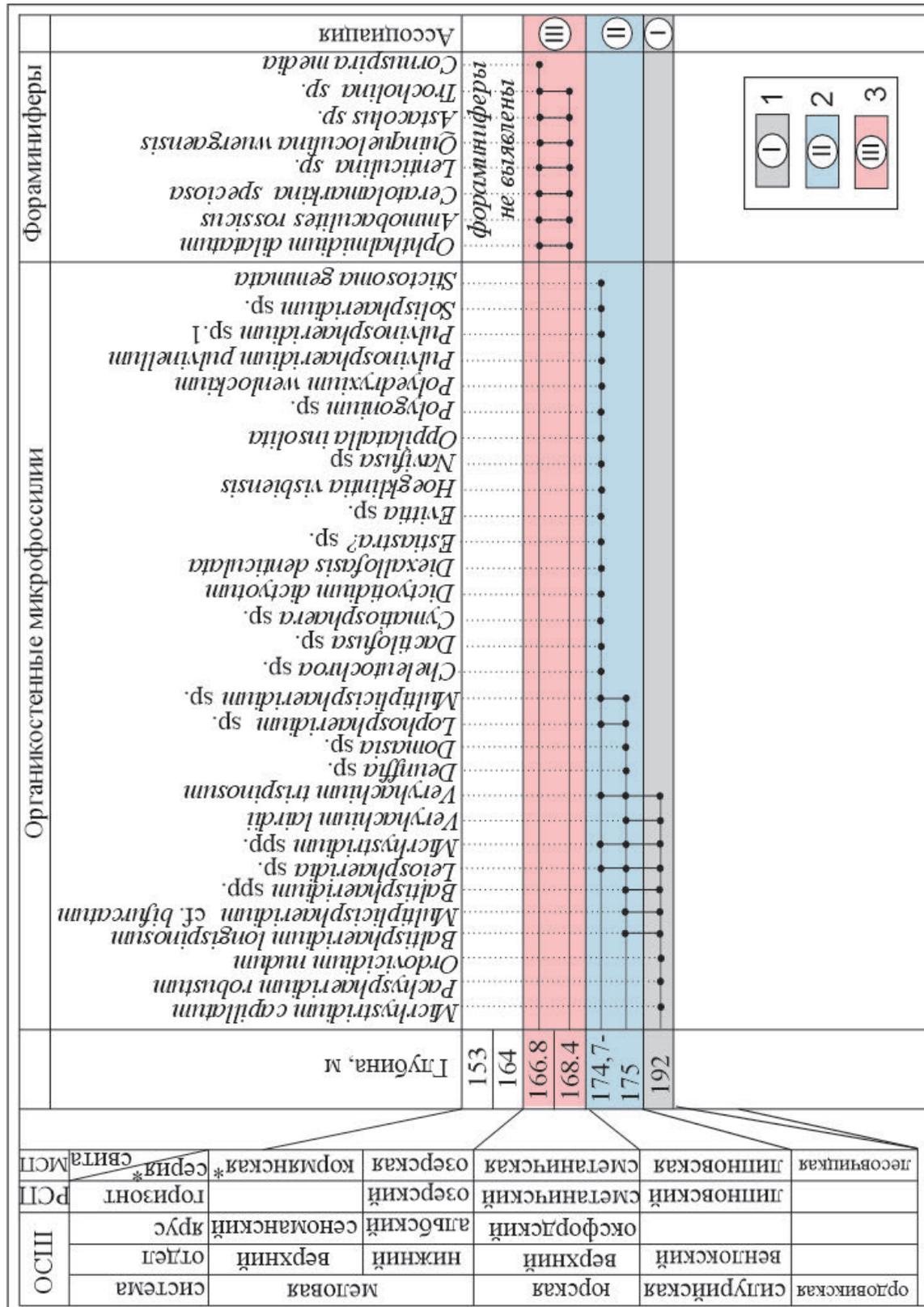


Рисунок 8 – Вертикальное распространение микрофоссилий в разрезе скв. Кобрин 1к:

1-3 – ассоциации: 1 – I с *Rachysphaeridium robustum* – *Ordovicium nidum*; 2 – II с *Pulvinosphaeridium* sp. – *Hoegkinitia visbiensis* – *Dictyotidium dictyotum*; 3 – *Orphnalmidium sagittum* – *Lenticulina bruckmanni*. Сокращения: ОСШ – Общая Стратиграфическая шкала, РСП – региональные стратиграфические подразделения Беларуси, МСП – местные стратиграфические подразделения Беларуси [26]

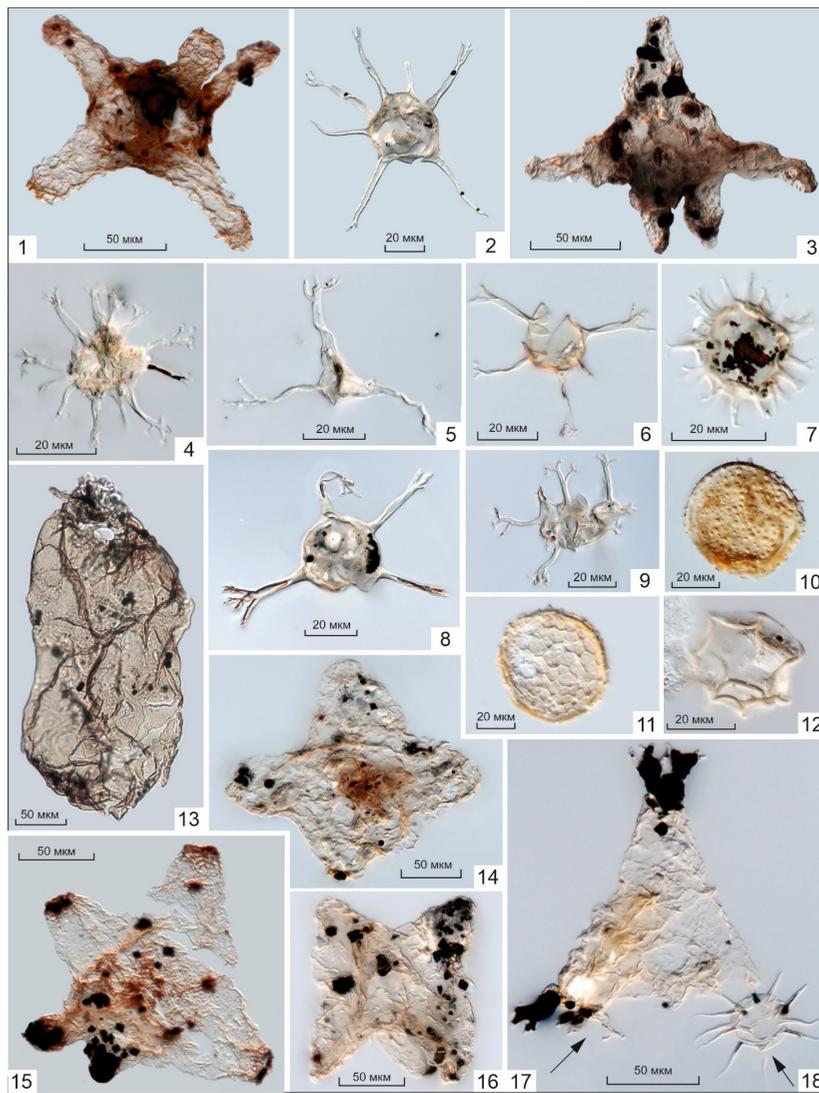


Рисунок 9 – Микрофоссилии (акритархи) силура из скв. Кобрин 1к

Фиг. 1, 3 *Pulvinosphaeridium* sp. 1, фиг. 1 – преп. 3, фиг. 3 – преп. 2; фиг. 2 – *Diexallophasis denticulata* (Stockmans et Williere) Loeblich, преп. 2; фиг. 4 – *Cheleutochroa* (Leoblich et Tappan), преп. 4; фиг. 5 – *Evittia* (Brito) Lister, преп. 3; фиг. 6 – *Oppilatala insolita* (Cramer et Diez) Dorning, преп. 1; фиг. 7 – *Cheleutochroa* (Leoblich et Tappan), преп. 2; фиг. 8 – ?*Oppilatala* (Leoblich et Wicander), преп. 2; фиг. 9 – *Multiplicisphaeridium* Staplin, преп. 1; фиг. 10 – *Stictosoma gemmata* Wicander, Playford Robertson, преп. 4; фиг. 11 – *Dictyotidium dictyotum* Eisenack, преп. 4; фиг. 12 – *Polyedryxium wenlockium* (Dorning) Le Hérissé, преп. 4; фиг. 13 – *Navifusa* Combaz, преп. 1; фиг. 14, 16 – *Pulvinosphaeridium pulvinellum* Eisenack: фиг. 14 – преп. 1, фиг. 16 – преп. 3; фиг. 15 – *Pulvinosphaeridium* aff. *pulvinellum* Eisenack, преп. 6; фиг. 17 – *Hoegklintia visbiensis* (Eisenack) Dorning, преп. 4; фиг. 18 – *Solisphaeridium* Staplin, преп. 4. Все экземпляры из обр. 1к-175, гл 175 м

Отличительной чертой силурийских комплексов можно считать широкое распространение морфогруппы *Estiastra* – *Pulvinosphaeridium* s.l. и *Hoegklintia*. Морфологически близкие приведенным здесь формам *Pulvinosphaeridium* оболочки под названием *Lophosphaeridium* (?) *lobatum* Умпнова (nomen nudum) указаны из нижнесилурийских (лландовери-венлок) отложений северной Эстонии [29]. В лландоверийских-венлокских отложениях Литвы установлены представители родов *Deunffia*, *Domasia*, *Estiastra*, а также виды *Oppilatala insolita*, *Diexallophasis denticulata* и вид, отнесенный автором к *Dictyotidium arctum* Kirjanov [38], хотя

он в силу своего размера и строения орнаментации скорее соответствует диагнозу вида *D. dictyotum* Eisenack, приуроченного к лландовери-венлоку [10]. Учитывая таксономический состав комплекса и диапазоны существования установленных видов, можно предположить силурийский (лландоверийский-венлокский) возраст вмещающих отложений.

Третья обедненная ассоциация бентосных фораминифер установлена в интервале 168,4–166,8 м. В составе ассоциации были идентифицированы *Ophthalmidium dilatatum* (Paalzwow) (рис. 10, фиг. 2), *Quinqueloculina wuergaensis* Paalzwow (рис. 10, фиг. 3), *Ammobaculites rossicus* Mitjanina (рис. 10,

фиг. 4, 5), *Ceratolamarckina speciosa* (Dain), *Astacolus* sp., *Lenticulina* sp., *Trocholina* sp. На гл. 166,8 м дополнительно обнаружен вид *Cornuspira media* Kubker et Zwingli (рис. 10, фиг. 1). По таксономическому составу выявленная ассоциация сопоставляется с комплексом фораминифер, обнаруженных ранее в сметанической свите нижней части оксфордского яруса на западе Припятского прогиба [20]. Следует отме-

тить, что большая часть выявленных форм неудовлетворительной сохранности, поверхность раковин покрыта мельчайшими кристаллами кальцита, что затрудняет диагностику ископаемых организмов. В этих же отложениях встречены фрагменты раковин Ostracoda, Bivalvia и Gastropoda очень плохой сохранности, родовая и видовая принадлежность которых не определена.

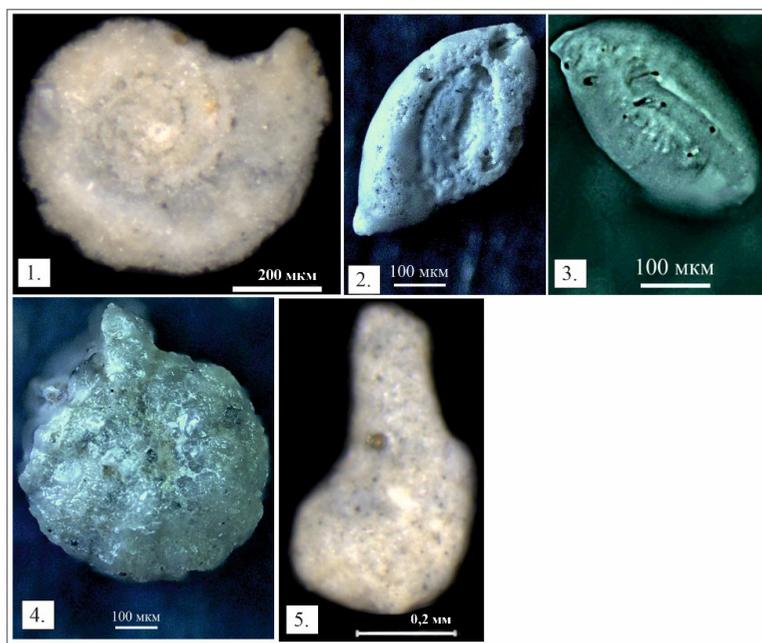


Рисунок 10 – Фораминиферы, выявленные в сметанической свите

Фиг. 1 – *Cornuspira media* Kubker et Zwingli; гл. 166,8 м, обр. 2П;

фиг. 2 – *Ophthalmidium dilatatum* (Paalzow); гл. 166,8 м, обр. 2П;

фиг. 3 – *Quinqueloculina wuergaensis* Paalzow; гл. 168,4 м, обр. 3П;

фиг. 4, 5 – *Ammobaculites rossicus* Mitjanina: фиг. 4 – гл. 166,8 м, обр. 2П, фиг. 5 – гл. 168,4 м, обр. 3П

Выявленные в составе третьей ассоциации бен-тосные фораминиферы *Ophthalmidium dilatatum*, *Quinqueloculina wuergaensis*, *Ammobaculites rossicus*, *Ceratolamarckina speciosa* и *Cornuspira media* являются характерными видами нижнеоксфордской зоны *Ophthalmidium sagittum* — *Lenticulina brueckmanni* верхней юры Беларуси [19]. Большая часть таксонов (кроме *Ammobaculites rossicus*, известной лишь из нижнего оксфорда Беларуси) имеет широкое географическое распространение от Западной Европы до Средней Азии. К примеру, миллиолиды *Ophthalmidium dilatatum* и *Quinqueloculina wuergaensis*, впервые описанные Р. Паальцовым из оксфорда Германии [19], известны из нижнеоксфордских отложений Днепровско-Донецкого прогиба и Волыно-Подоллии [22]. Несмотря на отсутствие видов-индексов, раннеоксфордский возраст третьей ассоциации бесспорен, так как выявленные в ней таксоны обнаружены в Припятском прогибе совместно с нижнеоксфордским аммонитом — *Cardioceras cordatum* Sowerby, а в Подляско-Брестской впади-

не — с *Cardioceras smorodinae* Sasonov [19]. Фораминиферы *Ophthalmidium dilatatum* и *Ceratolamarckina speciosa* отмечаются в составе руководящих комплексов фораминифер нижнего оксфорда Польши, Волыно-Подоллии, Молдавии, северо-запада Донбасса и Северного Кавказа [22]. Зона *Ophthalmidium sagittum* — *Lenticulina brueckmanni* отвечает сметаническому горизонту и соответствующей ему на местности одноименной свите [28].

ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Платформенный чехол современной территории Беларуси на западе Восточно-Европейской платформы (ВЕП) сформировался в ходе доплитного раннебайкальского этапа тектогенеза, включающего позднепериферийский и вильчанский подэтапы, и шести плитных этапов: позднебайкальского, который делится на волинский и валдайско-«балтийский» (поздневендский-раннекембрийский томмотский)

подэтапы; каледонский, разделенный на раннекаледонский, или «постбалтийский» (раннекембрийский атдабанский-среднекембрийский амгинский), и позднекаледонский (ордовикско-раннедевонский лоховский); герцинский; киммерийский и альпийский [4]. Рассмотрим, как эти этапы отражены в разрезе скв. Кобрин 1к.

Раннебайкальский (позднерифейский) подэтап. Разрез рифея в скв. Кобрин 1к является типичным для южной структурно-фациальной зоны Вольно-Оршанского палеопрогрива, но сокращенным по мощности, поскольку расположен на его северо-западном борту [4; 25; 28]. Рогачевская свита знаменует начало морской трансгрессии с активным гидродинамическим режимом, на что указывают клиновидная слоистость, волнистые поверхности напластования, текстуры взмучивания, слабая сортировка обломочного материала. В составе пинской свиты выделяется пять ритмопачек, имеющих свои характерные особенности [4]. Максимальной морской трансгрессии, проникавшей в палеопрогрив с юго-запада, отвечают I и II ритмопачки, завершающиеся алевро-глинистыми породами с тонкими прослойками-корками доломита в кровле, маркирующими периоды усыхания бассейна. Породы базальной рогачевской свиты и двух нижних ритмопачек имеют повышенные содержания ряда малых элементов (Ni, Co, Mn, V, B), что связано с их более разнообразным минеральным составом, чем в верхних пачках (рис. 2). В целом низкий Ti/Zr модуль пород и хорошая сортировка обломочного материала пинской свиты указывают на большую дальность его транспортировки. Чередование массивных песчаников с уплощенными и линзовидными глинистыми интракластами и клиновидно-слоистых с ровными поверхностями напластования и угловатыми формами интракласт говорит о пульсирующей смене спокойного и более активного гидродинамических режимов в мелководном опресненном бассейне осадконакопления.

Вольно-Оршанский палеопрогрив северо-восточного простирания наследует положение ЦБЗ и ОМВП и входит в систему Вольно-Среднерусского трансплатформенного рифтового пояса ВЕП (рис. 1б). Рифтогенез связывают с раннебайкальским этапом распада суперконтинента Родиния около 0,8–0,7 млрд лет назад [30; 40 и др.]. Присутствие детритовых цирконов возрастом около 1 млрд лет в песчаниках руднянской свиты (фациальном аналоге пинской свиты) в скважинах Кормянская и Быховская на востоке Беларуси определяет возраст этих отложений как позднерифейский [7], что требует внесения изменений в Стратиграфическую схему Республики Беларусь (2017), где

они в настоящее время отнесены к среднему рифею.

В раннем венде на протяжении **вильчанского подэтапа** территория современной Подляско-Брестской впадины оставалась приподнятой, вероятно, вследствие формирования здесь сводового поднятия над головой поднимавшегося плюма [11].

Позднебайкальский (волынский) подэтап. Разрез волинской серии в скв. Кобрин 1к характеризует область активного вулканизма возрастом около 545–570 млн лет назад [41; 45; 46 и др.] на севере крупной Вольно-Брестской трапповой провинции [11; 25 и др.]. Конгломераты и песчаники горбашевской свиты и нижней вулканогенной толщи ратайчицкой свиты отложились в сходных условиях внутриконтинентального мелководного Кобринско-Могилевского бассейна со значительным вкладом временных потоков в неспокойной тектонической обстановке [4]. На это указывает аркозовый состав обломочного материала, отсутствие сортировки, наличие наряду с угловатыми обломками окатанной гальки и в то же время проявление в породах горизонтальной и клиновидной слоистости. Нарастание магматической активности определяет постепенное увеличение количества вулканогенного материала вверх по разрезу, его смешанный состав говорит о том, что активными были одновременно очаги магмы кислого и базальтового состава. Излияние оливиновых базальтов нижней вулканогенной толщи происходило в водную среду, на что указывает обилие сапонита в краевых частях потока. Поскольку толеитовые базальты верхней вулканогенной толщи имеют кайнотипный облик, можно предположить, что их излияние происходило в субаэральной среде, как и осаджение вышележащих базальтовых туфов, на что указывает отсутствие в них осадочной компоненты, цемента и массивная текстура. Породы нижней вулканогенной толщи богаче Ni и B, чем породы верхней толщи (рис. 2). Температура постмагматических гидротерм определена по хлориту около 190 °С, при этом изотопный состав кислорода $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ в хлорите из миндалины базальта на гл. 680 м (10,1 ‰) близок таковому из валовых проб хлоритизированных оливиновых базальтов с гл. 727,5 м и 722,5 м (9,9–10,8 ‰) [47].

Гирская свита формировалась после завершения вулканизма и представляет собой мусорные склоновые отложения аркозового состава. Породы нижней части свиты коллювиально-пролювиальные, верхней – пролювиально-аллювиальные, переходящие в морские, на что указывает горизонтальная слоистость пород и появление доломита в цементе в верхней части нижней пачки, возможно, маркирующего импульс поступления морской воды

в бассейн. В целом слабая степень сортировки, угловатая форма обломков, свежий облик полевых шпатов, обломки гранитов, обилие крупных изогнутых дегидратированных чешуй слюды, полуразложившаяся, но диагностируемая вулканомиктовая компонента указывают на близкую транспортировку материала. Очень высокий Ti/Zr модуль также подтверждает это, но в значительной мере определяется участием вулканогенного материала в составе отложений.

Идентичный набор возрастных кластеров детритовых цирконов из пород ратайчицкой и гирской свит [41; 46] указывает на единый бассейн седиментации (рис. 2). Возрастной пик около 1,8 млрд лет соответствует возрасту тектоно-термальной проработки территории ЦБШЗ вследствие коллизии Фенноскандии и Сарматии [30], пик около 1,5 млрд лет – возрасту мазурского и мостовского гранитных комплексов [30; 39 и др.], распространенных к северу от скв. Кобрин 1к (рис. 16). Усредненный возраст вендских магматических цирконов из низов гирской свиты более древний $567 \pm 3,5$ млн лет (540 м) и близок возрасту цирконов $568,8 \pm 3,6$ млн лет из туффилов нижней вулканогенной толщи (747 м), а возраст цирконов из верхней пачки гирской свиты $545,1 \pm 4$ млн лет и $549,9 \pm 3,7$ млн лет (517 м) близок возрасту толеитовых базальтов верхней вулканогенной толщи [45], что означает увеличение вклада этих пород в источник сноса за счет расширения бассейна седиментации и, например, разрушения крупного щитового Дрогичинского вулкана, расположенного к востоку от скв. Кобрин 1к [11].

Изучение состава детритовых гранатов показывает, что в породах ратайчицкой свиты и нижней части гирской свиты преобладают пироп-альмандины, характерные для гнейсов щучинской серии БПП (распространены к западу и северу от скв. Кобрин 1к), а в верхней части гирской свиты – спессартины, часть из которых может происходить из жуховичских гранитов ЦБШЗ (к северо-востоку от скв. Кобрин 1к) [3], а часть – из неизвестных гранитов (например, выгоновского комплекса, расположенного к востоку от скв. Кобрин 1к) (рис. 5, 16, г, 46). Таким образом, обломочный материал в бассейн седиментации волынского времени поступал с севера и северо-востока с постепенным расширением географии источников сноса на восток, что говорит об увеличении бассейна.

Полученное в последнее десятилетие большое количество выполненных в различных лабораториях изотопных датировок траппов в возрастном диапазоне около 545–570 млн лет [41; 45; 46 и др.] позволяет перевести волыньскую серию Беларуси из нижнего венда в верхний, поскольку нижняя гра-

ница верхнего венда определена согласно ОСШ как 555–570 млн лет.

Присутствие среди надежно палеотологически охарактеризованных отложений редкинского горизонта на северо-востоке ВЕП туфовых прослоев с близким возрастом около 552–567 млн лет [37] и возраст аргиллитов, определенный $Rb-Sr$ методом по иллиту 565 ± 9 млн лет [6], дает основание полагать, что волыньская серия Беларуси, возможно, является возрастным аналогом той части разреза редкинского горизонта северо-востока ВЕП, где эти датировки получены. Соответственно, толщи, относимые в Беларуси к волыньской серии, могут быть аналогами нижней части разреза редкинского горизонта северо-востока ВЕП, а нижневалдайской подсерии – верхней части разреза редкинского горизонта этих регионов, что требует дополнительного изучения.

Позднебайкальский (валдайско-«балтийский») подэтап. Разрез редкинского горизонта в скв. Кобрин 1к, по сути, представляет собой один седиментационный ритм. Обилие крупных чешуй слюды, горизонтальная слоистость, ровные поверхности напластования указывают на осадконакопление в спокойной водной среде внутриконтинентального бассейна Кобринско-Полоцкого палеопрогиба [4]. В целом наследуется геохимическая специфика пород гирской свиты: в нижней, алеврито-песчаной части толщи количество Zr увеличивается, а в верхней, с алеврито-глинистыми прослоями – уменьшается, тогда как содержание Ti , Mn , V и B во всей толще вверх по разрезу постепенно понижается, что в значительной степени связано с уменьшением вклада в их состав ассимилированного вулканогенного материала волыньской серии. Возрастание степени окатанности обломков и уменьшение значения Ti/Zr модуля в толще гирской свиты можно объяснить постепенным увеличением дальности переноса осадка в связи с нарастающей трансгрессией со стороны Московской синеклизы и отдалением береговой линии.

Россонская свита котлинского горизонта в разрезе скв. Кобрин 1к также представляет один седиментационный ритм, который начинался в обстановке активного гидродинамического режима морской трансгрессии, на что указывает косая и клиновидная слоистость, а завершился, вероятно, в условиях мелководной лагуны с низкой динамикой водной среды и меняющимися во времени гидрохимическими условиями, о чем свидетельствует горизонтальная слоистость и сосуществование в верхах разреза доломита и сидерита в цементе. При этом количество Ti и Zr в нижней песчаной пачке свиты резко возрастает по сравнению с ниже-

лежащей пачкой редкинского горизонта, а Ni и Co падает. Степень окатанности обломков повышается, Ti/Zr модуль низкий, это говорит о дальнем переносе материала. В верхней алевроглинистой пачке россонской свиты увеличивается количество Ni, Co и V, а Ti/Zr модуль возрастает.

Рытская и страдечская свиты слагают разрез так называемого «балтийского» кембрия. В строении страдечской свиты в Подляско-Брестской впадине выделяют три ритмопачки, отражающие трансгрессивно-регрессивный цикл осадконакопления [1; 8; 9]. Верхняя алевроглинистая пачка россонской свиты, ритмопачка рытской свиты и I ритмопачка страдечской свиты имеют значительное геохимическое сходство – обогащены рядом малых элементов (Co, Mn, V, Ti, B) и обеднены Zr относительно песчаной нижней россонской свиты и песчано-алевроглинистых II и III ритмопачек страдечской свиты. Это можно объяснить, помимо близкого минерального состава пород пачек, спецификой химического состава источника сноса обломочного материала, который, видимо, был для них единым. Тонкая горизонтальная слоистость пород верхней алевроглинистой пачки россонской свиты, рытской свиты и I ритмопачки страдечской свиты говорят о спокойном гидродинамическом режиме постепенных колебаний уровня моря и миграции береговой линии. Мелководная лагуна конца россонского времени сменилась пресноводным бассейном начала рытского времени, который, возможно, постепенно осолоняется к его завершению, что отражено в появлении сидерита в породах (до 1 %). К началу I ритма страдечского времени соленость воды резко увеличивается (до 37,4 % доломита и сидерита в породах). Присутствие сидерита и часто наблюдаемая горчично-лиловая окраска пород указывают на субаквальную обстановку осадконакопления.

Максимум морской трансгрессии фиксирует II ритмопачка страдечской свиты. Малая степень окатанности обломочного материала, неизменный облик полевых шпатов и довольно большой титан-циркониевый модуль Ti/Zr в алевропесчаных разностях пород свидетельствуют о небольшой дальности переноса обломочного материала. Обилие глауконита, клиновидная слоистость, волнистые поверхности напластования и в целом терригенный состав пород говорят об обстановке неглубокого шельфа, а присутствие в них до 28,8 % доломита и в меньшей степени кальцита – о повышенной солености бассейна. В III ритмопачке наблюдается огрубление осадков, постепенное уменьшение количества карбонатов вплоть до полного их исчезновения в верхней части разреза, где появляются

охристые оттенки пород и многочисленные следы роющих организмов. Это можно трактовать как постепенное обмеление и опреснение бассейна с миграцией береговой линии на запад.

Результаты изучения детритовых цирконов из россонской (414 м) и страдечской свит (364 м) демонстрируют идентичный набор возрастных кластеров с пиками около 1,8 млрд лет и 1,5 млрд лет, аналогичный таковому из пород волинской серии [41] (рис. 2), что в целом указывает на единый бассейн осадконакопления этих отложений. Источником сноса обломочного материала, вероятно, служил кристаллический фундамент, сложенный гнейсами и гранитами БПП и ЦБШЗ (рис. 16), обнажившийся в пределах подводной Лидско-Слонимской седловины северо-западного простирания, разделявшей Кобринскую впадину Кобринско-Прутской зоны перикратонных опусканий и Полоцкую впадину Московской синеклизы [4; 8] (рис. 1е). Количественное уменьшение возрастного кластера 1,8 млрд лет и отсутствие в выборке цирконов с возрастом около 550 млн лет во II ритме страдечской свиты согласуется с выводами о смене геохимической специфики источника сноса материала и может указывать на миграцию береговой линии бассейна на запад, где широко распространены гранитоиды с возрастом около 1,5 млрд лет, и в конечном итоге – на разделение бассейнов осадконакопления Кобринской и Полоцкой впадин. При этом вулканогенные породы волинской серии к этому времени уже были перекрыты отложениями валдайской серии.

Раннекаледонский «постбалтийский» этап в разрезе скв. Кобрин 1к представляет спановская свита. В отличие от пород «балтийского» кембрия, она характеризуется более высокой степенью окатанности и сортировки зерен, преимущественно кварцевым составом, массивными текстурами пород, невысокими содержаниями малых элементов (за исключением циркония), очень низким титан-циркониевым модулем Ti/Zr. Это указывает на большую дальность переноса обломочного материала и в целом на спокойную тектоническую обстановку осадконакопления. Данные изучения детритовых цирконов (гл. 249,5 м) подтверждают эти выводы и демонстрируют большое разнообразие кластеров архейских и протерозойских возрастов, что говорит о широкой географии источников сноса материала и обширности бассейна осадконакопления.

Позднекаледонский этап в разрезе скв. Кобрин 1к представляют терригенно-карбонатные породы лесовичицкой свиты среднего ордовика, в которых присутствуют сколекодонты – индикаторы

нормально-морских условий осадконакопления, а также терригенно-карбонатные породы липновской свиты раннего силура, отлагавшиеся в опоясывающих ВЕП мелководных лагунах, что подтверждает присутствие акритарх родов *Pulvinosphaeridium* и *Hoegklintia*. Существует мнение (K. J. Dorning, D. G. Bell, 1987), что эти гигантские оболочки представляют собой бентосные цисты макроводорослей, предпочитающих мелководные обстановки с карбонатной седиментацией. Соизмеримая мощность лесовичской свиты на востоке (скв. Кобрин 1к) и в центральной части Подляско-Брестской впадины [8; 26] указывает на существование подобной лагуны во вдающемся в сушу Полесской седловины структурном заливе, положение которого контролировали разломы субширотного простираения (рис. 1ж). В раннем протерозое по ним произошел региональный эшелонированный правосторонний сдвиг [2; 5; 13] (рис. 1б), а на рубеже ранне- и позднекаледонского подэтапов тектогенеза начали происходить вертикальные колебательные движения, связанные с закрытием моря Торнквиста (ответвления океана Япетус) и присоединением Авалонии к Балтике в позднем ордовике [49; 51]. Появление алюмоселадонита в туффитах ратайчицкой свиты (гл. 751 м) фиксирует это тектоно-термальное событие на рубеже среднего и позднего ордовика около 451,1 + 8,4 – 455,8 + 8,3 млн лет назад (K/Ar датирование), сопровождаемое региональным прогревом платформенного чехла территории до температуры порядка 85 °C [47].

Отголоски тектонической перестройки запада ВЕП на рубеже позднекаледонского и раннегерцинского этапов тектогенеза в ходе закрытия океана Япетус и акадийской деформации в Восточной Авалонии в результате столкновения с ее южной окраиной микроконтинентов Арморика и Иберии [49] фиксирует омоложение возраста глауконита в глинах страдечской свиты (гл. 318–374 м) около 411±3 млн лет [(Rb/Sr датирование) 16], что близко границе пражского и эмского веков раннего девона. При этом органическое вещество из этих пород (365,1 м и 403,0 м) по данным рамановской спектроскопии и соотношению гомогипана C3122S/(S+R) характеризуются низкой термической зрелостью [36].

На протяжении всего **герцинского этапа** территория в районе скв. Кобрин 1к (восток Подляско-Брестской впадины, Полесская седловина) оставалась приподнятой (рис. 1з-к), осадконакопление началось с приходом сюда на **раннекембрийском этапе** морского бассейна вследствие прогибания южных областей ВЕП и формирования Припятско-Днепровской (Украинской) синеклизы (рис. 1л). В условиях спокойного гидродинамического режима здесь в оксфордское время накаплива-

лись известняки, в которых выявлены фораминиферы с толстостенной известковой раковинной. Обилие мелкого органогенно-обломочного и песчаного материала, таксономический состав и плохая сохранность фораминифер свидетельствуют об осадконакоплении в литоральной зоне бассейна.

Поскольку таксономический состав бентосных фораминифер третьей ассоциации и литологический состав вмещающих ее пород в интервале 166,6–174,7 м разреза скв. Кобрин 1к тождественны таковым, характеризующим сметаническую свиту нижнего оксфорда в восточном регионе Беларуси, можно утверждать, что отложения формировались в едином палеобассейне. На этом основании предлагаем рассмотреть вопрос о внесении изменений в действующую Стратиграфическую схему юры (2017) [26] – нижнеоксфордские отложения Брестского структурно-фациального подрайона выделить в сметаническую свиту, так как до настоящего времени здесь свитное деление отложений оксфордского яруса не было выполнено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате совместных исследований с польскими и российскими коллегами керна скв. Кобрин 1к получено много данных, которые позволили оценить особенности обстановок осадконакопления, вулканизма и процессов вторичного преобразования пород платформенного чехла и сделать выводы об этапах проявления тектогенеза на востоке Подляско-Брестской впадины. Отголоски позднекаледонской тектонической перестройки запада ВЕП в связи с закрытием океана Япетус около 451,1+8,4–455,8+8,3 млн лет назад фиксирует появление алюмоселадонита в туффитах ратайчицкой свиты венда [37], около 411±3 млн лет [13] – омоложение возраста глауконита в глинах страдечской свиты кембрия.

Сходный набор возрастных кластеров детритовых цирконов из пород волынской серии, россонской и страдечской свит [34] указывает на единый бассейн седиментации. Возрастной пик около 1,8 млрд лет соответствует возрасту тектоно-термальной проработки территории Центрально-Белорусской шовной зоны вследствие коллизии Фенноскандии и Сарматии, пик около 1,5 млрд лет – возрасту мазурского и мостовского гранитных комплексов. Пики около 560–569 млн лет назад и 545–550 млн лет назад соответствуют двум этапам магматизма волынского времени. Большое разнообразие кластеров архейских и протерозойских возрастов из надбалтийской спановской свиты говорит о значительном расширении бассейна осадконакопления.

На границе венда и кембрия (верхняя пачка россонской свиты венда, рытская свита и I рит-

мопачка страдечской свиты кембрия) на востоке Подляско-Брестской впадины произошла мягкая постепенная перестройка структурного плана опресненного бассейна осадконакопления Кобринско-Полоцкого прогиба с разделением его на Полоцкую впадину Московской синеклизы и Кобринскую впадину Кобринско-Прутской зоны перикратонных опусканий и отшнуровыванием Кобринского бассейна с постепенным его осолонением за счет поступления морской воды с запада.

В результате биостратиграфических исследований в разрезе скв. Кобрин 1к выявлено три ассоциации ископаемых организмов: I с *Pachysphaeridium robustum* – *Ordovicidium nudum*, II с *Pulvinosphaeridium* sp. – *Hoegkintia visbiensis* – *Dictyotidium dictyotum*, III с *Ophthalmidium sagittum* – *Lenticulina brueckmanni*. На основе биостратиграфических данных первая ассоциация акритарх отнесена к среднему ордовику (возможно, среднему – низам верхнего ордовика), а вторая – к нижнесилурийским отложениям лландоверийского-венлокского возраста; третья ассоциация фораминифер отнесена к нижнему оксфорду верхней юры.

Предложены следующие изменения в Стратиграфическую схему Республики Беларусь (2017): отложения белорусской серии отнести к верхнему рифею вместо среднего [50]; образования волынской серии отнести к верхнему венду вместо нижнего; котлинскую свиту верхнего венда переименовать в россонскую [8]; восстановить высококовскую серию кембрия; нижнеоксфордские отложения Брестского структурно-фациального подрайона выделить в сметаническую свиту.

Необходимо провести дополнительное изучение вопроса корреляции редкинского горизонта северо-востока ВЕП и Беларуси. Полученные в последние годы обширные новые изотопно-геохронологические данные дают основание предполагать, что толщи, относимые в Беларуси к волынской серии, могут быть аналогами редкинского горизонта северо-востока ВЕП.

Авторы выражают благодарность В. П. Самодурову, П. О. Сахарук и О. В. Мурашко за помощь при фотографировании юрских фораминифер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Абраменко, В. И.** Кембрийские отложения запада Восточно-Европейской платформы и проблемы их корреляции / В. И. Абраменко, Г. В. Зиновенко, Л. В. Пискун // Літасфера. – 1994. – № 1. – С. 42–55.
2. **Аксаментова, Н. В.** Геологическая карта кристаллического фундамента Белоруссии и прилегающих территорий. Масштаб 1 : 1000000 : объясн. зап. / Н. В. Аксаментова, И. В. Найденов. – Минск, 1991. – 66 с.
3. **Геология** Беларуси / А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
4. **Геофизические** поля и динамика тектоносферы Беларуси / Р. Г. Гарецкий [и др.]. – Минск : ИГН НАН Беларуси, 2002. – 166 с.
5. **Зиновенко, Г. В.** Подляско-Брестская впадина: строение, история развития и полезные ископаемые / Г. В. Зиновенко, Р. Г. Гарецкий. – Минск : Белорус. наука, 2009. – 142 с.
6. **Кембрий** Беларуси / А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1985. – 195 с.
7. **Кирьянов, В. В.** Палеонтологические остатки и стратиграфия отложений балтийской серии Во́льно-Подолы / В. В. Кирьянов // Палеонтология и стратиграфия нижнего палеозоя Во́льно-Подолы. – Киев : Наукова думка, 1968. – С. 5–25.
8. **Котлинский** горизонт верхнего венда Беларуси: литологическое расчленение и биостратиграфическое обоснование / А. Г. Лапцевич [и др.] // Літасфера. – 2023. – № 1 (58). – С. 17–25.
9. **Кузьменкова, О. Ф.** Геохимия траптовой формации венда Беларуси : автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук / О. Ф. Кузьменкова ; Республиканское унитарное предприятие «Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт». – Минск, 2009. – 22 с.
10. **Кузьменкова, О. Ф.** Перспективы алмазности территории Полесской седловины Беларуси / О. Ф. Кузьменкова, А. Г. Лапцевич, С. С. Манкевич // Літасфера. – 2016. – № 1 (44). – С. 38–50.
11. **Кузьменкова, О. Ф.** Широкие сдвиговые деформации в структуре Брагинско-Лоевской седловины запада Восточно-Европейской платформы / О. Ф. Кузьменкова, Т. В. Воскобойникова // 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. – Часть 3 : Цифровая реальность в геодезии, картографии и дистанционном зондировании земли. Проблемы геологии. Научное электронное издание. – С. 308–312.
12. **Микропалеонтология** : учеб. для вузов по направлению и специальности «Геология» / Н. И. Маслакова [и др.]. – М. : Изд-во Москв. ун-та, 1995. – 256 с.
13. **Минералого-кристаллохимические** характеристики и Rb-Sr возраст глауконитов из кембрийских песчаников лонтоваского горизонта (скв. Кобринская 1, Беларусь) / Т. С. Зайцева [и др.]. // Глины

и глинистые минералы – 2022. VII Российская Школа по глинистым минералам Argilla Studium и V Российское совещание по глинам и глинистым минералам «ГЛИНЫ», посвящ. 100-летию со дня рождения Б. Б. Звягина : материалы докл. – М. : ИГЕМ РАН, 2022. – С.52–54.

14. **Минералы** : справочник : в 7 т. / под ред. Ф. В. Чухров. – М. : Наука, 1972. – Т. III, Вып. 2. – С. 17–89.

15. **Митянина, И. В.** Аммонитовые зоны юры Белоруссии / И. В. Митянина // Советская геология. – 1982. – № 2. – С. 63–68.

16. **Митянина, И. В.** Фораминиферы нижнеоксфордского подъяруса территории Белоруссии / И. В. Митянина // Фауна и стратиграфия палеозоя и мезозоя Прибалтики и Белоруссии. – Вильнюс : Минтис, 1975. – С. 105–166.

17. **Моисеева, Т. И.** Опорный разрез оксфордского яруса на западе Припятского прогиба / Т. И. Моисеева, Л. М. Ротките // Юрские отложения Русской платформы. – Л., 1986. – С. 80–87.

18. **Пискун, Л. В.** Акритархи ордовика и силура Брестской впадины и их стратиграфическое значение : автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук / Л. В. Пискун. – Таллин, 1975. – 45 с.

19. **Пяткова, Д. М.** Фораминиферы и остракоды юры Украины. Палеонтологический справочник / Д. М. Пяткова, М. Н. Пермякова. – Киев : Наукова думка, 1978. – 289 с.

20. **Раевская, Е. Г.** Акритархи среднего-верхнего ордовика Эстонии: дополнение к стратиграфической схеме Восточно-Европейской платформы / Е. Г. Раевская // Морфологическая эволюция и стратиграфические проблемы : материалы LXV сессии Палеонтол. общ-ва при РАН, Санкт-Петербург, 1–5 апр. 2019 г. – СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2019. – С. 130–132.

21. **Распространение** микрофоссилий в отложениях венда Оршанской впадины Восточно-Европейской платформы, Беларусь / Е. Ю. Голубкова [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2021. – Т. 29, № 6. – С. 24–38.

22. **Редкинская** биота и RB-SR возраст отложений венда севера Восточно-Европейской платформы / Е. Ю. Голубкова [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2025. – Т. 33, № 2. – С. 18–37.

23. **Рифей** и венд Белоруссии / А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1976. – 359 с.

24. **Ропот, В. Ф.** Ордовик Беларуси / В. Ф. Ропот, В. И. Пушкин. – Минск : Наука и техника. – 1987. – 234 с.

25. **Сборник** сметных норм на геологоразведочные работы. – Минск : БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ, 2004. – Вып. 6 : Лабораторные исследования полезных ископаемых и горных пород. – С. 255–260.

26. **Стратиграфические** схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объясн. зап. / под ред. С. А. Кручека [и др.]. – Минск : ГП «БелНИГРИ», 2010. – 282 с.

27. **Умнова, Н. И.** Акритархи ордовика и силура Московской синеклизы и Прибалтики / Н. И. Умнова. – М. : Недра, 1975. – 161 с.

28. **Химический** состав породообразующих минералов кристаллического фундамента Беларуси / А. А. Архипова [и др.]. – Минск, 1997. – 168 с.

29. **Acritarchs** and fossil prasinophytes: an index to genera, species and intraspecific taxa. / R. A. Fensome [et al.] // AASP Contributions Series. – 1990. – № 25. – 771 p.

30. **Acritarchs** from the Ordovician-Silurian boundary beds of the Valga-10 drill core, southern Estonia (Baltica) and their stratigraphic and palaeobiogeographic implications / Delabroye A. [et al.] // Palynology. – 2011. – Vol. 35. – P. 4–45.

31. **Ages** of the Ediacaran Volyn–Brest trap volcanism, glaciations, paleosols, Podillya Ediacaran soft-bodied organisms, and the Redkino-Kotlin boundary (East European Craton) constrained by zircon single grain U–Pb dating / J. Środoń [et al.] // Precambrian Research. – 2023. – Vol. 386. DOI: 10.1016/j.precamres.2023.106962.

32. **Bogdanova, S. V.** EUROPE East European Craton / S. V. Bogdanova, R. Gorbatschev, R. G. Garetsky // Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. – Elsevier, 2016. – P. 34–49.

33. **Cramer, F. N.** Lower Paleozoic acritarchs / F. N. Cramer, M. d. C. R. Diez // Palynologia. – 1999. – Vol. 1. – P. 17–160.

34. **Detrital** zircon U–Pb and Hf constraints on provenance and timing of deposition of the Mesoproterozoic to Cambrian sedimentary cover of the East European Craton, Belarus / M. Paszkowski [et al.] // Precambrian Research. – 2019. – Vol. 331. DOI: 10.1016/j.precamres.2019.105352.

35. **Extensive** non-marine depositional setting evidenced by carbonate minerals in the Ediacaran clastic series of the western East European Craton / M. J. Bojanowski [et al.] // Precambrian Research. – 2021. – Vol. 365. – P. 1–19.

36. **Grazhdankin, D.** Patterns of distribution in the Ediacaran biotas: facies versus biogeography and evolution / D. Grazhdankin // Journal of Paleontology. – 2004. – Vol. 30 (2). – P. 203–221.

37. **Hydrothermal** alteration of the Ediacaran Volyn-Brest volcanics on the western margin of the East European Craton / J. Środoń [et al.] // *Precambrian Research*. – 2019. – № 325. – P. 217–235.
38. **Jankauskas, T.** Llandoveryan and Lower Wenlockian acritarch assemblages from the Ledai-179 boring in Lithuania / T. Jankauskas, J. Gritytė // *Geologia*. – 2004. – Vol. 48. – P. 38–43.
39. **Late** Paleoproterozoic arc-related granites from the Mazowsze domain, NE Poland / E. Krzemińska [et al.] // *Granitoids in Poland*. – Warsaw : Polish Geological Institute and Warsaw University, 2007. – P. 41–56.
40. **Mechanism** of late diagenetic alteration of glauconite and implications for geochronology / J. Środoń [et al.] // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2023. – № 352. – P. 157–174.
41. **Meert, J. G.** The making and unmaking of a supercontinent: Rodinia revisited / J. G. Meert, T. H. Torsvik // *Tectonophysics*. – 2003. – Vol. 375. – P. 261–288.
42. **Raevskaya, E. G.** Acritarchs from the Middle and Upper Ordovician of Estonia and their stratigraphic implications / E. G. Raevskaya, O. Hints // *Contributions of the 13th International Symposium on the Ordovician System*. Novosibirsk, Russia, July 19–22, 2019 / Eds: O. T. Obut, N. V. Sennikov, T. P. Kipriyanova ; Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk National Research State University. – Novosibirsk : Publishing House of SB RAS. – 2019. – P. 165–168.
43. **Raevskaya, E. G.** Middle-Upper Ordovician acritarchs from Baltoscandia (Lisino-10 Borehole, Leningrad Region) and their biostratigraphic implication / E. G. Raevskaya, G. S. Iskül // *Paleontological Journal*. – 2024. – Vol. 58, № 9. – P. 1075–1088.
44. **Strachan, R. A.** The tectonic pattern of Britain and Ireland / R. A. Strachan, N. H. Woodcock // *Encyclopedia of Geology* / Alderton, D. and Elias, S. A. (eds). – 2021. – Vol. 4. – P. 328–337.
45. **Sun, S. S.** Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / S. S. Sun, W. F. McDonough // *Magmatism in the Ocean Basins*. Geol. Soc. London Spec. Publ. – 1989. – Vol. 42. – P. 313–346.
46. **The acritarch** genus *Veyhachium* Deunff 1954: taxonomic evaluation and first appearance / Th. Servais [et al.] // *Palynology*. – 2007. – Vol. 31. – P. 191–203.
47. **The U-Pb** zircon and baddeleyite ages of the Neoproterozoic Volyn Large Igneous Province: implication for the age of the magmatism and the nature of a crustal contaminant / L. Shumlyanskyy [et al.] // *GFF Journal*. – 2016. – Vol. 138, iss. 1. – P. 17–30.
48. **Torsvik, T. H.** The Tornquist Sea and Baltica–Avalonia docking / T. H. Torsvik, E. F. Rehnström // *Tectonophysics*. – 2003. – Vol. 362 – P. 67–82.
49. **U-Pb** and Ar-Ar geochronology of anorogenic granite magmatism of the Mazury complex / W. Dorra [et al.] // *NE Poland Precambrian Research*. – 2002. – Vol. 119, iss. 1–4. – P. 101–120.
50. **U-Th-Pb** возраст детритового циркона из рифейских песчаников Вольно-Оршанского палеопрогиба, Беларусь / Т. С. Зайцева [и др.] // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. – 2023. – Т. 31, № 5. – С. 1–21.
51. **Utility** of Raman spectroscopy in estimates of the thermal maturity of Ediacaran organic matter: An example from the East European Craton / M. Goryl [et al.] // *Geochemistry*. – 2019. – Vol. 79, iss. 3. – P. 467–474.
52. **Uutela, A.** Ordovician acritarchs from the Rapla borehole, Estonia / A. Uutela, R. Tynni // *Bulletin of the Geological Survey of Finland*. – 1991. – Vol. 353. – P. 1–135.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 31.03.2025

Рэцэнзент Д. П. Плакс

**БУДОВА ПЛАТФОРМЕННАГА ЧАХЛА Ў РАЗРЭЗЕ СВДРАВІНЫ КОБРЫН 1к
(ПАДЛЯСКА-БРЭСЦКАЯ УПАДЗІНА, БЕЛАРУСЬ)**

**А. Ф. Кузьмянкова¹, Г. Д. Стральцова¹, Т. В. Васкабойнікава¹, А. Г. Лапцэвіч¹, Л. А. Карымава¹,
Я. Г. Раеўская², В. Ю. Абухоўская¹, Т. С. Зайцава³, Т. Ф. Сачанка¹, І. Л. Коласаў¹**

¹Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
Філіял «Інстытут геалогіі»
вул. Акадэміка Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь
E-mail: kuzmenkovaof@mail.ru

²Усерасійскі навукова-даследчы геалагічны інстытут імя А. П. Карпінскага
Сярэдні В. В. пр-т, 74, 199106, Санкт-Пецярбург, Расія

³Інстытут геалогіі і геахраналогіі дакембрыю Расійскай акадэміі навук
Набярэжная Макарава, 2, 199034, Санкт-Пецярбург, Расія

У артыкуле прыведзены вынікі літалагічнага, мінералагічнага, геохімічнага і палеанталагічнага вывучэння парод платформеннага чахла, выяўленых свідр. Кобрын 1к у 2014 г. на ўсходзе Падляска-Брэсцкай упадзіны. Праведзены аналіз вынікаў разнапланавых даследаванняў ядра гэтага свідравіны, атрыманых за апошняе дзесяцігоддзе сумесна з расійскімі і польскімі калегамі. Удакладнена геалагічная будова слабавывучанай тэрыторыі і зроблены вывады аб гісторыі яе геалагічнага развіцця. Акрэслена кола нявырашаных праблем у стратыграфіі познепратэразойскіх і кембрыйскіх адкладаў Беларусі.

Ключавыя словы: літалогія, геохімія, палеанталогія, стратыграфія, Усходне-Еўрапейская платформа, Беларусь, рыфей, венд, кембрый, ардовік, сілур, юра.

**STRUCTURE OF THE PLATFORM COVER IN THE SECTION OF THE KOBRYN 1k BOREHOLE
(THE PODLASIE-BREST DEPRESSION, BELARUS)**

**O. Kuzmenkova¹, G. Streltsova¹, T. Voskoboinikova¹, A. Laptsevich¹, L. Karimova¹, E. Raevskaya²,
V. Obukhovskaya¹, T. Zaitseva³, T. Sachenko¹, I. Kolosov¹**

¹State Enterprise “Research and Production Center for Geology”
Branch “Institute of Geology”
7 Akademika Kuprevicha St, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: kuzmenkovaof@mail.ru

²A. Karpinsky Russian Geological Research Institute
74 Sredny Ave V.O., 199106, St. Peterburg, Russia

³Institute of Precambrian Geology and Geochronology of the Russian Academy of Sciences
2 Makarova Emb, 199034, St. Peterburg, Russia

The article presents the results of lithological, mineralogical, geochemical and paleontological studies of the platform cover rocks, opened by the Kobryn 1k borehole in the east of the Podlasie-Brest Depression in 2014. The analysis of core study results obtained over the past decade together with Russian and Polish colleagues is carried out. The geological structure of the poorly studied territory is specified and conclusions about the history of its geological development are made. The range of unresolved problems in the stratigraphy of the Late Proterozoic and Cambrian deposits of Belarus is outlined.

Keywords: lithology, geochemistry, paleontology, stratigraphy, East European Platform, Belarus, Riphean, Vendian, Cambrian, Ordovician, Silurian, Jurassic.

UDC 566/569; 551.83 (476); 551.734.5; 551.7.022.2

CONODONTS FROM THE SEDIMENTS OF THE LOWER FAMENNIAN KUZMICH I AND TONEZH HORIZONS OF THE PRIPYAT TROUGH (BELARUS)

O. Murashko

State Enterprise "Research and Production Center for Geology"
Branch "Institute of Geology"
7 Akademika Kuprevicha St, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: volum@tut.by

The paper presents data on conodonts from the sediments of the Lower Famennian Kuzmichi and Tonezh horizons of the Pripyat Trough. Conodont assemblages with taxa typical for the zones of the Standard Conodont Scale are defined. The conodont assemblage from the sediments of the Kuzmichi horizon corresponds to the *Palmatolepis triangularis*, *Pa. delicatula platys* and *Pa. minuta minuta* zones; and that of the Tonezh horizon sediments corresponds to the *Pa. minuta minuta*, *Pa. crepida crepida* and *Pa. termini* zones [13]. The time of appearance of *Icriodus alternatus hemialternatus* Drygant 2010, *Polygnathus communis larysazimae* Drygant 2010, *P. delenitor* Drygant 1986 has been clarified. Paleogeographic reconstructions based on the biofacies analysis have been performed. Stratigraphic correlations of this part of the section with Volyn-Podolia, the central regions of the East European Platform and the Volgograd-Volga region were carried out.

Keywords: conodonts, Upper Devonian, Lower Famennian, Belarus, Pripyat Trough, biostratigraphy, biozonation.

INTRODUCTION

The Pripyat Trough is located within the Russian plate of the East European platform, is a component of the Pripyat-Dnieper aulacogen (a part of the planetary system of the Sarmatian-Turanian lineament), is a sublatitudinally elongated, deeply submerged, and complexly composed graben [68].

According to the Stratigraphic Charts of the Devonian deposits of Belarus 2010, the Lower Famennian section includes (from bottom to top): Domanovichi horizon; Zadonsk superhorizon with Kuzmichi, Tonezh, Tremliya and Vishany horizons; Yelets superhorizon with Turov and Drozdov horizons; Petrikov horizon [51].

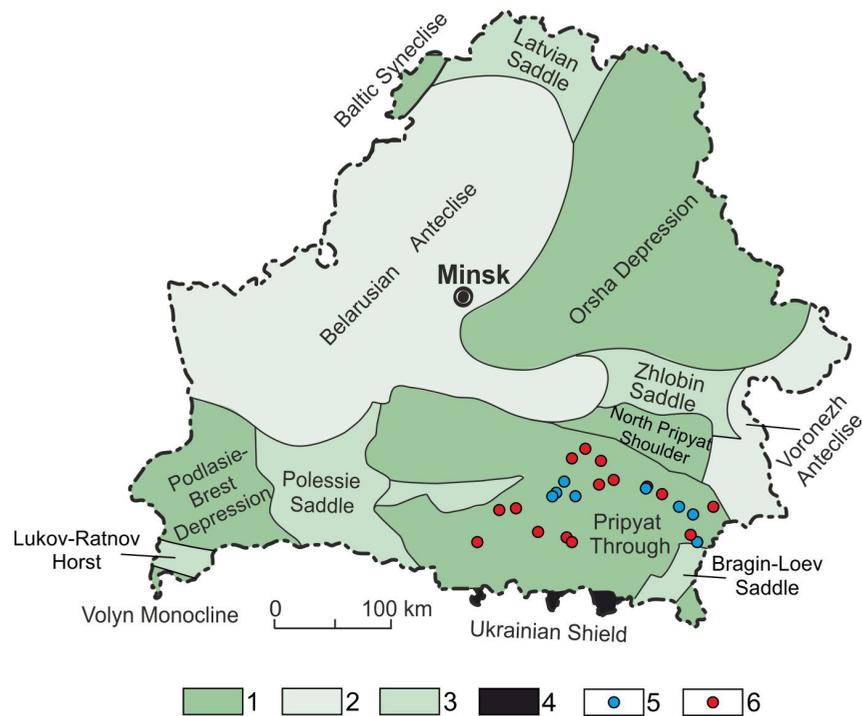
Lower Famennian sediments are distributed over almost the entire area of the Pripyat Trough, except of narrow areas of latitudinal extension in fault zones; they have significant thickness and a multi-facies appearance, and are the main oil-bearing complex of the trough.

The main groups of organic remains that allow detailed dissection of the Lower Famennian strata of the Pripyat Trough are miospores, brachiopods, ostracods and conodonts [64].

MATERIAL AND RESEARCH METHODS

Lower Famennian conodonts from the sediments of the Pripyat Trough were first found by S.A. Kruchek in the mid-1960s [55–57]. Further studies of conodont assemblages from this part of the section, carried out by T.V. Strélchenko [35; 66; 67], made it possible to expand their systematic composition and clarify their stratigraphic distribution. The revision of the conodont collection and the analysis of new factual material allowed the author to update the taxonomic composition, to correspond the identified conodont complexes with the zones of the Standard Conodont Scale 2017, to carry out additional stratigraphic correlations with remote sections, and to perform paleogeographic reconstructions based on biofacies analysis.

Conodonts from the sediments of the Kuzmichi horizon have been found in eight borehole sections, and from the Tonezh horizon – within 29 borehole sections of the Pripyat Trough (Figure 1). Samples were taken mainly from carbonate and clay-carbonate rocks (limestone, clayey limestone, marl, dolomites) and processed using standard methods with 10 % acetic acid. The collection is stored in the Institute of Geology, branch of the State Enterprise "Research and Production Center for Geology"; photos of the elements were taken using a Chongqing Optec SZ780 stereoscopic microscope.



1 – troughs, depressions, synclises; 2 – antecclises; 3 – saddles, uplifts, horsts; 4 – crystalline shield; 5 – boreholes with conodonts from the sediments of the Kuzmichi and Tonezh horizons; 6 – boreholes with conodonts from the sediments of the Tonezh horizon

Figure 1 – Location of boreholes in the Pripjat Trough, characterized by conodonts from the sediments of the Kuzmichi and Tonezh horizons

RESULTS AND DISCUSSION CONODONT COMPLEXES

The Kuzmichi sediments lie on the Domanovichi horizon rocks with different facies: clay-sulphate-carbonate in the western part of the Pripjat Trough (Domanovichi suite); sulphate-carbonate in the northern part (Borisov suite); volcanogenic in the east (Malodusha suite); salt-bearing in the middle part (Savichi suite) [51]. Conodont elements within the Domanovichi horizon sediments have not been found; organic remains are represented by ostracods, bivalvia, ichthyofauna, algae, and miospores [49].

The age of the Kuzmichi sediments is determined by ostracods (beds with *Belorussina tshizhovae*) and miospores of the *Geminospora notata microspinosus* Regional zone [51; 58; 64]. The formation thickness varies from 20–30 m in the northern and northwestern parts, 50–60 m in the central part, and up to 90 m in the south. The rocks are lithologically heterogeneous and are divided into two members: the lower member, represented by interbedded marls, clays and limestones (in the southern and western regions there are layers of sandy and silty material, and in the northern region the rocks are dolomitized); and the upper member, composed of clayey and dolomite limestones with layers of clays, marls, sandstones, and sometimes anhydrites

(in the southwestern and southern parts there are also layers of sandy and silty material). Based on the ratio of sand-silt, carbonate and sulfate components in the section, the Kuzmichi, Pritoki and Barsuki suites are defined [51].

The age of the overlying Tonezh sediments is substantiated by the presence of brachiopods of the *Sinotectirostrum fursenkoi* – *Iloerhynchus tichomirovi* Regional Zone and miospores of the *Geminospora notata microspinosus* Regional Zone [51; 64]. Within the horizon, the following suites are defined: Igraev (or Tonezh) suite in the western regions of the Pripjat Trough, represented by a stratum of uniform alternation of limestones and sandstones, interlayers of cyanobacteria overfilled with oncolites and fragments of brachiopod shells; Molchany suite in the northern zone of the trough, composed of organogenic massive and hummocky-layered limestones and dolomites; Novoselki suite in the central zone of the Pripjat Trough, represented by a uniform stratum of dark-gray marls with thin (5–15 cm) interlayers and lenses of gray clayey limestones; Vyshemir suite in the eastern part of the trough, represented by clayey-carbonate rocks with interlayers of brachiopod shell rock, clays, tuffs and tuffites [51]. The Tonezh rocks are overlain by the clay-carbonate sediments of the Tremliia horizon of the Zadonsk superhorizon [51].

Conodonts from the sediments of the Kuzmichi horizon were found within the northern, central and eastern lithofacies zones of the Pripyat Trough, have varying degrees of preservation, color index 1–2 [12] and are represented by *Icriodus*, *Polygnathus* and *Palmatolepis* genera. The conodont complex of the horizon includes 19 taxa with a predominance of representatives *Polygnathus* and *Icriodus*: *Polygnathus brevillaminus* Branson et Mehl, 1934 [1]; *P. communis solididentatus* Drygant 2010 [52]; *P. delicatulus* Ulrich et Bassler, 1926 [37]; *P. lennarti* Drygant 2010 [52]; *P. normalis* Miller et Youngquist 1947 [26]; *Icriodus alternatus alternatus* Branson et Mehl, 1934 [1]; *I. ex. gr. cornutus* Sannemann, 1955 [31]; *I. deformatus* Han, 1987 [15]; *I. iowaensis ancyclus* Sandberg et Dreesen, 1984 [30]; *I. iowaensis iowaensis* Youngquist et Peterson, 1947 [39]; *I. subterminus uyenoii* Savage, 1992 [32]; *I. aff. vitabilis* [27]. There are also three endemic species described by T. V. Strelchenko – *Polygnathus admirandus* Strelchenko 2000 [66] *P. chegodaevi* Strelchenko 2013 [35]; *P. inaequilateralis* Strelchenko 2013 [35]. The composition of the assemblage is supplemented by few *Palmatolepis* specimens – *Pa. delicatula* Branson et Mehl, 1934 [1], *Palmatolepis subperlobata helmsi* Ovnatanova, 1976 [60] and *Pa. werneri* Ji et Ziegler, 1993 [14] (plate 1, figures 2, 3a).

In addition to conodont elements, the rocks of the Kuzmichi horizon contain remains of foraminifera, worms, ostracods, brachiopods, as well as charophytes and miospores [49; 51; 64].

Conodonts from the sediments of the Tonezh horizon were found within the northern, central, eastern and southwestern lithofacies zones of the Pripyat Trough, have varying degrees of preservation, color index 1–5 [12] and are represented by five genera: *Polygnathus*, *Icriodus*, *Palmatolepis*, *Neopolygnathus* and *Ancyrognathus*. The conodont assemblage of this horizon is of a significant taxonomic diversity: 40 taxa were identified based on 825 elements. The number of representatives of the *Palmatolepis* genus increases significantly. From the underlying Kuzmichi horizon *Icriodus alternatus alternatus*, *I. iowaensis iowaensis*, *I. subterminus uyenoii*, *I. cornutus*, *I. iowaensis ancyclus*, *I. deformatus*, *Polygnathus admirandus*, *P. brevillaminus*, *P. chegodaevi*, *P. communis solididentatus*, *P. lennarti*, *P. inaequilateralis*, *P. delicatulus*, *Palmatolepis werneri* continue their existence. For the first time in the section appear *Ancyrognathus sinelaminus* (Branson et Mehl, 1934) [1], *Icriodus aff. symmetricus* Branson et Mehl, 1934 [1], *I. aff. vitabilis*, *I. alternatus hemialternatus* Drygant, 2010 [52], *I. deformatus deformatus* Han, 1987 [15], *I. alternatus* Branson et Mehl, 1934 [1], *Neopolygnathus vorontzovae* Kuzmin, 1998 [62], *Palmatolepis crepida* Sannemann, 1955 [31], *Palmatolepis circularis* Szulczewski, 1971 [36], *Pa. minuta loba* Helms, 1963 [18], *Pa. minuta minuta* Branson et Mehl, 1934 [1], *Pa. minuta wolskae* Szulczewski, 1971 [36], *Pa. perlobata perlobata* Ulrich

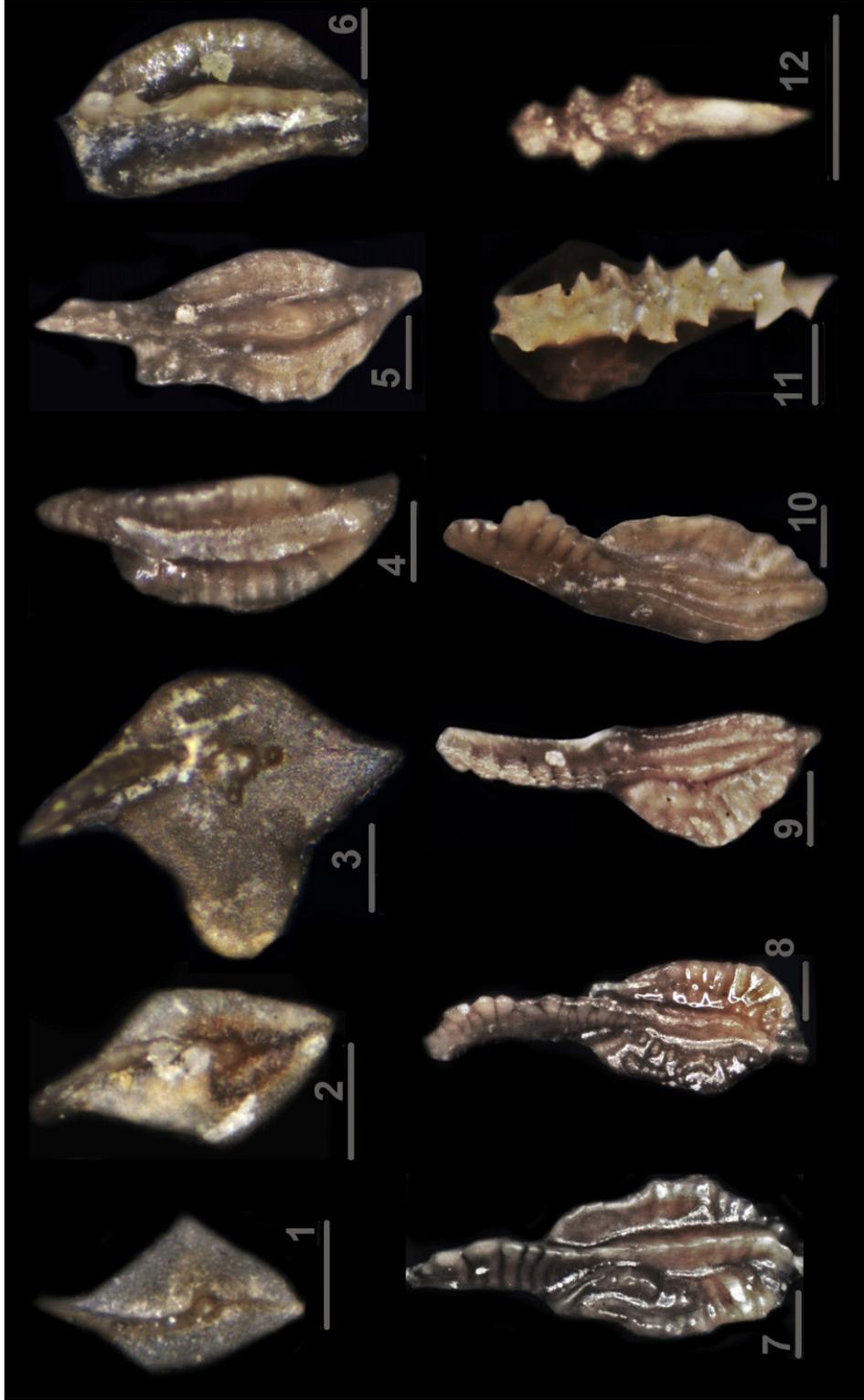
et Bassler, 1926 [37], *Pa. quadrantinosalobata* Sannemann, 1955 [31], *Pa. subperlobata subperlobata* Branson et Mehl, 1934 [1], *Pa. tenuipunctata* Sannemann, 1955 [31], *Pa. triangularis* Sannemann 1955 [31], *Pa. wolskae* Ovnatanova, 1969 [59], *Polygnathus barskovi* Strelchenko 2013 [35], *P. communis communis* Branson et Mehl, 1934 [1], *P. communis larysazimae* Drygant 2010 [52], *P. delenitor* Drygant, 1986 [53], *P. izhmensis* Kuzmin, 1998 [62], *P. lagoviensis* Helms et Wolska, 1967 [19], *P. lanceolus* Vorontsova, 1993 [38], *P. nodocostatus nodocostus* Branson & Mehl, 1934 [1], *P. semeni* Strelchenko 2013 [35], *P. subapertus* Drygant, 1986 [53], *P. subinornatus* Strelchenko, 2000 [66]. The assemblage lacks *Palmatolepis subperlobata helmsi*, *Pa. delicatula* and *Polygnathus normalis* that are typical for underlying sediments of Kuzmichi horizon (plates 2–3, fig. 2, 3b).

In addition to conodonts, the rocks of the Tonezh horizon contain numerous and diverse organic remains of foraminifera, ostracods, bivalvia, brachiopods, cephalopods, bryozoans, algae and miospores [44; 45; 49; 51; 63; 64].

The conodont assemblage from the Kuzmichi horizon sediments is comparable to the conodonts from the lower part of the Varezhanka suite of the Sadv horizon of Volyn-Podolia [65]. Common taxa are: *Icriodus alternatus alternatus*, *I. iowaensis ancyclus*, *I. iowaensis iowaensis*, *I. subterminus uyenoii*, *Polygnathus brevillaminus* [52]. Also, the considered part of the Pripyat Trough section correlates with the lower part of the Zadonsk horizon of the Volgograd-Volga region: *Icriodus iowaensis*, *Polygnathus brevillaminus* are found in coeval sediments [48]; and with the lower part of the Zadonsk horizon of the central regions of the East European platform – common taxa are *Icriodus alternatus alternatus*, *I. cornutus*, *Pa. subperlobata*, *Polygnathus brevillaminus* [46].

The conodont assemblage from the sediments of the Tonezh horizon is comparable to the conodonts from the middle part of the Varezhany suite of the Sadv horizon in the Volyn-Podolia region [65]. Common taxa are: *Icriodus alternatus alternatus*, *I. deformatus deformatus*, *I. iowaensis ancyclus*, *I. iowaensis iowaensis*, *I. subterminus uyenoii*, *Palmatolepis circularis*, *Pa. triangularis*, *Pa. wolskae*, *Polygnathus brevillaminus*, *P. communis communis*, *P. communis solididentatus*, *P. lagoviensis*, *P. lanceolus*, *P. subapertus* [52]. Also, the considered part of the Pripyat Trough section correlates with the middle part of the Zadonsk horizon of the Volgograd-Volga region where *Icriodus iowaensis*, *Polygnathus brevillaminus*, *Palmatolepis circularis*, *Pa. wolskae* were found in coeval deposits [48]; and with the middle part of the Zadonsk horizon of the central regions of the East European platform where *Icriodus alternatus alternatus*, *I. iowaensis iowaensis*, *I. cornutus*, *Pa. subperlobata*, *P. brevillaminus*, *Pa. circularis*, *Pa. wolskae* are common [46].

Plate 1 – Conodonts from the sediments of the Kuzmichi Horizon of the Pripyat Trough. The length of the scale bar is 0,2 mm



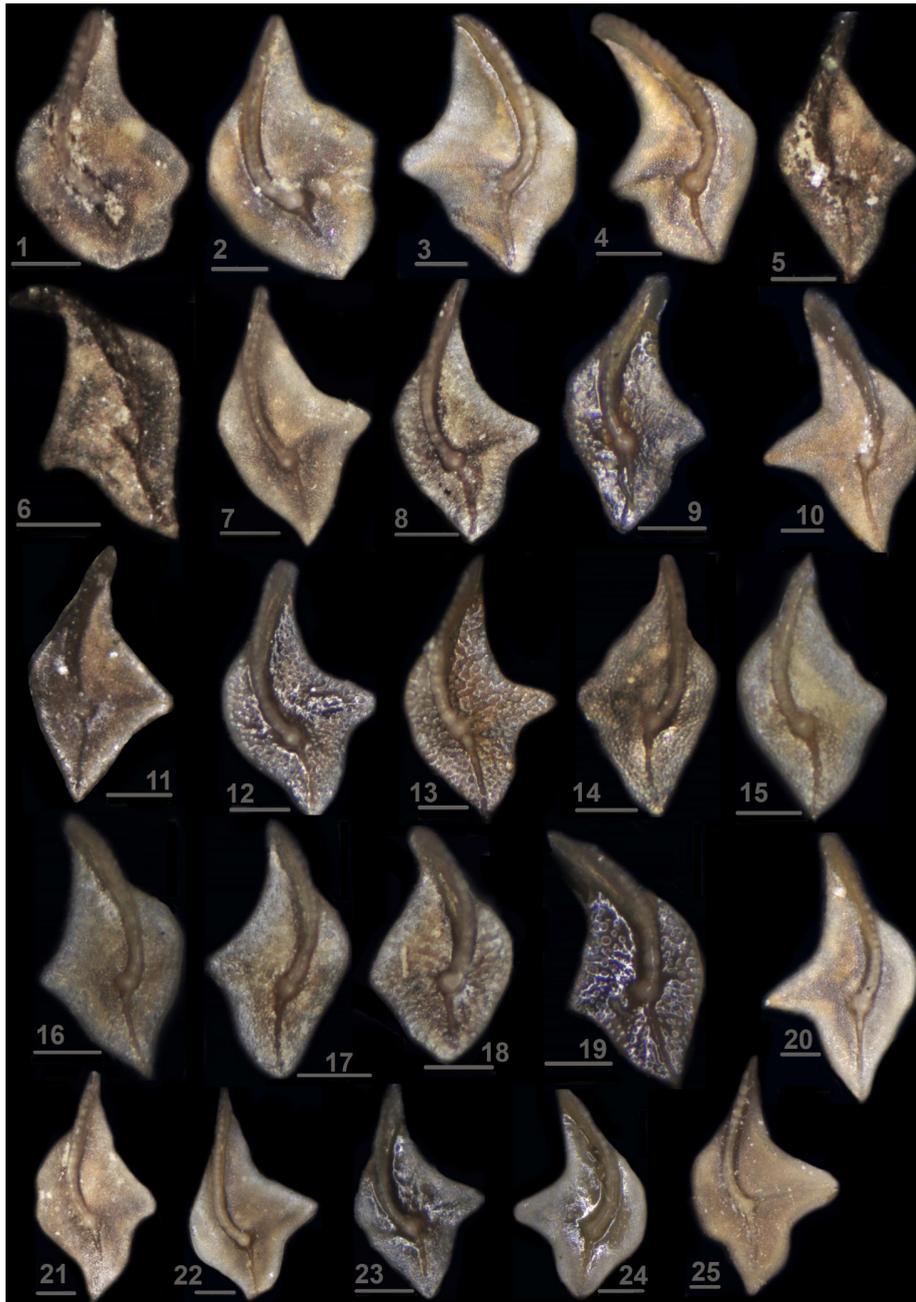
- 1 – *Palmatolepis delicatula* Branson et Mehl, 1934, borehole Komarovichskaya 2, depth 3154,7 m, specimen № 2-3; 2 – *Palmatolepis werneri* Ji et Ziegler, 1993, borehole Komarovichskaya 2, depth 3154,7 m, specimen № 2-4; 3 – *Palmatolepis subperlobata helmsi* Ovnatanova, 1976, borehole Komarovichskaya 2, depth 3097,9 m, specimen № 2-6;
 4 – *Polygnathus delicatulus* Ulirich et Bassler, 1926, borehole Zapadno-Bobrovichskaya 4, depth 2573,0 m, specimen № 3-5; 5 – *Polygnathus communis solididentatus* Drygant 2010, borehole Komarovichskaya 2, depth 3086,2 m, specimen № 2-5; 6 – *Polygnathus lennarti* Drygant 2010, borehole Komarovichskaya 2, depth 3097,9 m, specimen № 2-7;
 7 – *Polygnathus admirandus* Strelchenko, 2000, borehole Zapadno-Bobrovichskaya 4, depth 2593,2 m, specimen № 3-17; 8 – *Polygnathus chegodaevi* Strelchenko, 2013, borehole Zapadno-Bobrovichskaya 4, depth 2593,2 m, specimen № 3-17; 9 – borehole Yuzhno-Savichskaya 7, depth 2599,2 m, specimen № 5-66; 10 – borehole Ostashkovichskaya 1r, depth 3180,0 m, specimen № 1-1; 11 – *Triodus deformatus* Han, 1987, borehole Yuzhno-Savichskaya 7, depth 2599,2 m, specimen № 5-68; 12 – *Triodus alternatus* Branson et Mehl, 1934, borehole Kopatkevichskaya 5r, depth 2331,8-2336,2 m, specimen № 4-53

Plate 2 – *Ancyrognathus*, *Icriodus* and *Polygnathus* from the sediments of the Tonezh horizon of the Pripyat Trough. The length of the scale bar is 0,2 mm



Explanations for the Plate 2

- 1, 2 – *Ancyrognathus sinelaminus* (Branson et Mehl, 1934), borehole Yuzhno-Savichskaya 7, 1 – depth 2506,9 m, specimen № 9–33; 2 – depth 2509,4 m, specimen № 9–34; 3–7 – *Icriodus alternatus alternatus* Branson et Mehl, 1934, 3 – borehole Rechitskaya 15r, depth 2152,0 m, specimen № 27–155; 4–7 – borehole Petrikovskaya 469, depth 849,0–855,0 m, specimen № 13–209, № 13–211; № 13–212; № 13–214; 8 – *Icriodus alternatus hemialternatus* Drygant, 2010, borehole Vyshemirovskaya 3r, depth 2365,0–2368,0 m, specimen № 10–96; 9 – *Icriodus* aff. *deformatus* Han, 1987, borehole Petrikovskaya 469, depth 849,0–855,0 m, specimen № 13–205; 10–12 – *Icriodus iowaensis ancylus* Sandberg et Dreesen, 1984, 10 – borehole Zapadno-Cherninskaya 6, depth 3347,6 m, specimen № 3–18; 11 – borehole Krasnosel'skaya 215, depth 3901,8 m, specimen № 19–49; 12 – borehole Rechitskaya 15r, depth 2156,0 m, specimen № 27–164; 13 – *Polygnathus admirandus* Strelchenko, 2000, borehole Zapadno-Bobrovichskaya 4, depth 2563,6 m, № 18–324; 14–15 – *Polygnathus barskovi* Strelchenko 2013, borehole Yuzhno-Savichskaya 7, depth 2506,9 m, specimens № 9–27; № 9–30; 16–17 – *Polygnathus brevilaminus* Branson et Mehl, 1933, 16 – borehole Zapadno-Cherninskaya 6, depth 3385,5 m, № 3–25; 17 – borehole Rechitskaya 18r, depth 2284,5–2290,5 m, № 28–187; 18 – *Polygnathus communis solididentatus* Drygant 2010, borehole Zapadno-Bobrovichskaya 4, depth 2533,0 m, № 18–275; 19–20 – *Polygnathus chegodaevi* Strelchenko 2013, 19 – borehole Komarovichskaya 2, depth 3023,0 m, № 11–66; 20 – borehole Zapadno-Bobrovichskaya 4, depth 2547,5 m, № 18–288; 21 – *Polygnathus communis larysazimae* Drygant 2010, borehole Petrikovskaya 469, depth 849,0–855,0 m, № 13–204; 22 – *Polygnathus communis communis* Branson et Mehl, 1934, borehole Zapadno-Cherninskaya 6, depth 3350,8 m, № 3–19; 23 – *Polygnathus delicatulus* Ulrich et Bassler, 1926, borehole Komarovichskaya 2, depth 3023,0 m, № 11–67; 24–26 – *Polygnathus delentitor* Drygant, 1986, 24 – borehole Zapadno-Cherninskaya 6, depth 3304,7 m, № 3–15; 25 – borehole Krasnosel'skaya 215, depth 3901,8 m, № 19–47; 26 – borehole Zapadno-Bobrovichskaya 4, depth 2558,1 m, № 18–313; 27 – *Polygnathus lennarti* Drygant 2010, borehole Petrikovskaya 469, depth 849,0–855,0 m, № 13–206; 28–30 – *Polygnathus inaequilateralis* Strelchenko 2013, 28 – borehole Zapadno-Bobrovichskaya 4, depth 2558,1 m, № 18–315; 29 – borehole Krasnosel'skaya 215, depth 3895,2 m, № 19–45; 30 – borehole Kamenskaya 5, depth 3449,1 m, № 19–224; 31 – *Polygnathus lanceolus* Vorontsova, 1993, borehole Rechitskaya 18r, depth 2320,1–2326,1 m, № 28–192; 32 – *Polygnathus nodocostatus nodocostus* Branson & Mehl, 1934, borehole Rechitskaya 15r, depth 2123,0 m, № 27–145

Plate 3 – *Palmatolepis* from the sediments of the Tonezh horizon of the Pripyat Trough. The length of the scale bar is 0,2 mm

Explanations for the Plate 3

- 1, 2 – *Palmatolepis circularis* Szulczewski, 1971, borehole Zapadno-Kamenskaya 1, depth 3270,0 m, specimen № 17–228, specimen № 17–227; 3 – *Palmatolepis wolskae* Ovnatanova, 1969, borehole Zapadno-Kamenskaya 1, depth 3270,0 m, № 17–229; 4 – *Palmatolepis perlobata perlobata* Ulrich et Bassler, 1926, borehole Zapadno-Kamenskaya 1, depth 3268,5 m, № 17–226; 5–7 – *Palmatolepis minuta wolskae* Szulczewski, 1971, 5–6 – borehole Zapadno-Peretokskaya 1, depth 3482,0 m, № 5–230, № 5–231; 7 – borehole Rechitskaya 15r, depth 2156,0 m, № 27–162; 8–9 – *Palmatolepis quadrantinosalobata* Sannemann, 1955, borehole Zapadno-Bobrovichskaya 4, depth 2530,4 m, № 18–258, № 18–270; 10 – *Palmatolepis minuta loba* Helms, 1963, borehole Ostashkovichskaya 7r, depth 2928,0–2931,7 m, specimen № 1–220; 11 – *Palmatolepis tenuipunctata* Sannemann, 1955, borehole Kormianskaya 4, depth 3479,1 m, № 1–1; 12–13 – *Palmatolepis triangularis* Sannemann 1955, borehole Zapadno-Bobrovichskaya 4, depth 2530,4 m, № 18–254; № 18–257; 14–17 – *Palmatolepis weneri* Ji et Ziegler, 1993, 14 – borehole Rechitskaya 15r, depth 2166,0 m, № 27–177; 15–17 – borehole Zapadno-Bobrovichskaya 4, depth 2530,4 m, № 18–243; № 18–251; № 18–253; 18–19 – *Palmatolepis crepida* Sannemann, 1955, borehole Zapadno-Bobrovichskaya 4, depth 2530,4 m, specimens № 18–241, № 18–248; 20–25 – *Palmatolepis subperlobata subperlobata* Branson et Mehl, 1934, 20 – borehole Komarovichskaya 2, depth 2992,4 m, № 11–65; 21 – borehole Rechitskaya 15r, depth 2166,0 m, specimen № 27–178; 22–24 – borehole Kopatkevichskaya 5r, depth 2261,6–2269,9 m, specimens № 12–76, № 12–72, № 12–73; 25 – borehole Rechitskaya 18r, depth 2338,1–2344,1 m, specimen № 28–193

CORRELATION WITH THE STANDARD CONODONT ZONATION

Famennian Standard Conodont Zonation is based on the works of W. Ziegler and C. Sandberg [28; 29; 40; 41–43]. The problems of the Scale developed in 1990 were later discussed by P. Bultynck, C. Corradini, C. Spalletta, A. Mossoni, H. Matyja, D. Over, S. Hartenfels, R. Becker, S. Kaiser [2; 3; 5; 6; 8; 16; 17; 20] and others. This prompted C. Spalletta, M. Pierrri, D. Over and C. Corradini in 2017 to propose a completely new Conodont Zonation for the entire Famennian Stage [13].

The occurrence of index species and typical taxa of the zones of the Standard Conodont Scale [9; 13] within

the sediments of the Kuzmichi and Tonezh horizons of the Pripyat Trough makes it possible to compare the identified conodont complexes with the zones of this Scale.

In the sediments of the Kuzmichi horizon the taxa *Icriodus alternatus alternatus*, *I. iowaensis iowaensis* and *Polygnathus brevillaminus*, typical for the *Pa. triangularis* Zone [13] were found (fig. 2). Taxa *Icriodus cornutus* and *I. iowaensis ancylus*, that appear in the *Palmatolepis delicatula platys* Zone [2; 13; 30], and the species *Pa. werneri*, that was first recorded at the base of the *Palmatolepis minuta minuta* Zone [13; 14] also present there. Thus, the horizon sediments correspond to three zones: *Palmatolepis triangularis*, *Pa. delicatula platys* and *Pa. minuta minuta* (fig. 2).

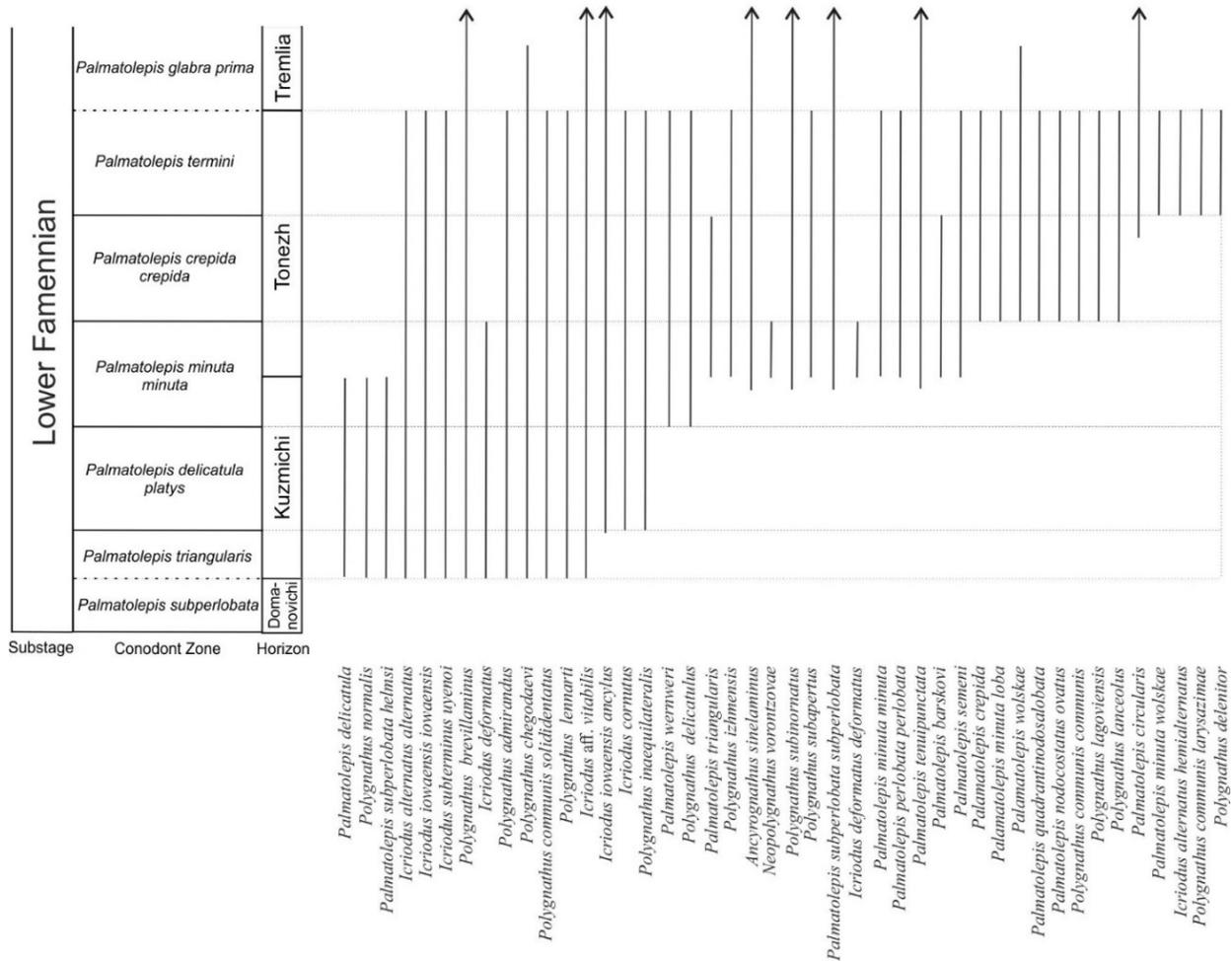


Figure 2 – Stratigraphic distribution of conodonts from the sediments of the Lower Famennian Kuzmichi and Tonezh horizons of the the Pripyat Trough¹

In the sediments of the Tonezh horizon, index subspecies *Palmatolepis minuta minuta* and typical taxa *Icriodus deformatus deformatus* and *Neopolygnathus*

vorontzovae for *Pa. minuta minuta* Zone are found [14; 23; 35]. Index species *Palmatolepis crepida* and typical taxa of *Pa. crepida crepida* Zone – *Pa. minuta loba*,

¹The distribution of taxa within the sediments of the Tremlia horizon is given according to the data of T. V. Strelchenko [35].

Pa. wolskae, *Pa. quadrantinodosalobata*, *Polygnathus communis communis*, *P. lagowiensis* [4; 14; 33; 34] also present here, as well as the taxa *Palmatolepis circularis*, *Pa. minuta wolskae*, the first appearance of which is recorded at the base of the *Palmatolepis termini* Zone [7; 14]. Thus, the horizon sediments correspond to three zones: *Palmatolepis minuta minuta*, *Pa. crepida crepida* и *Pa. termini* (fig. 2).

Taxa *Icriodus alternatus hemialternatus*, *Polygnathus communis larysazimae*, *P. delenitor* (plate 2), that are found and described by D. Drygant within the sediments of Solokiya and Selets' suits of the Sadov horizon in Volyn-Podolia (*Palmatolepis rhomboidea* Zone) [52], within the Pripyat Trough were found in the sediments of the Tonezh horizon, therefore, their appearance is recorded earlier than described in the original source – at the lower boundary of the *Pa. termini* Zone (fig. 2).

CONODONT-BASED BIOFACIES ANALYSIS

Conodonts are successfully used in paleogeographic reconstructions, since coeval communities differ significantly taxonomically, due to the habitat conditions of conodont animals and the sedimentation features of marine basins. Models of conodont biofacies formation have been developed by M. Lindström [24], G. Merrill [25], E. Druce [11], G. Klapper and D. Barrick [21], G. Klapper and D. Johnson [22], I. Barskov [47], R. Dreesen, Ch. Sandberg and W. Zeigler [10], E. Kirilishina [54] and other researchers.

In general, all models combine two criteria of biofacies formation: the relative depth of the paleobasin and the distance from the coast. The following conodont biofacies are distinguished for the Famennian marine basins: [61]:

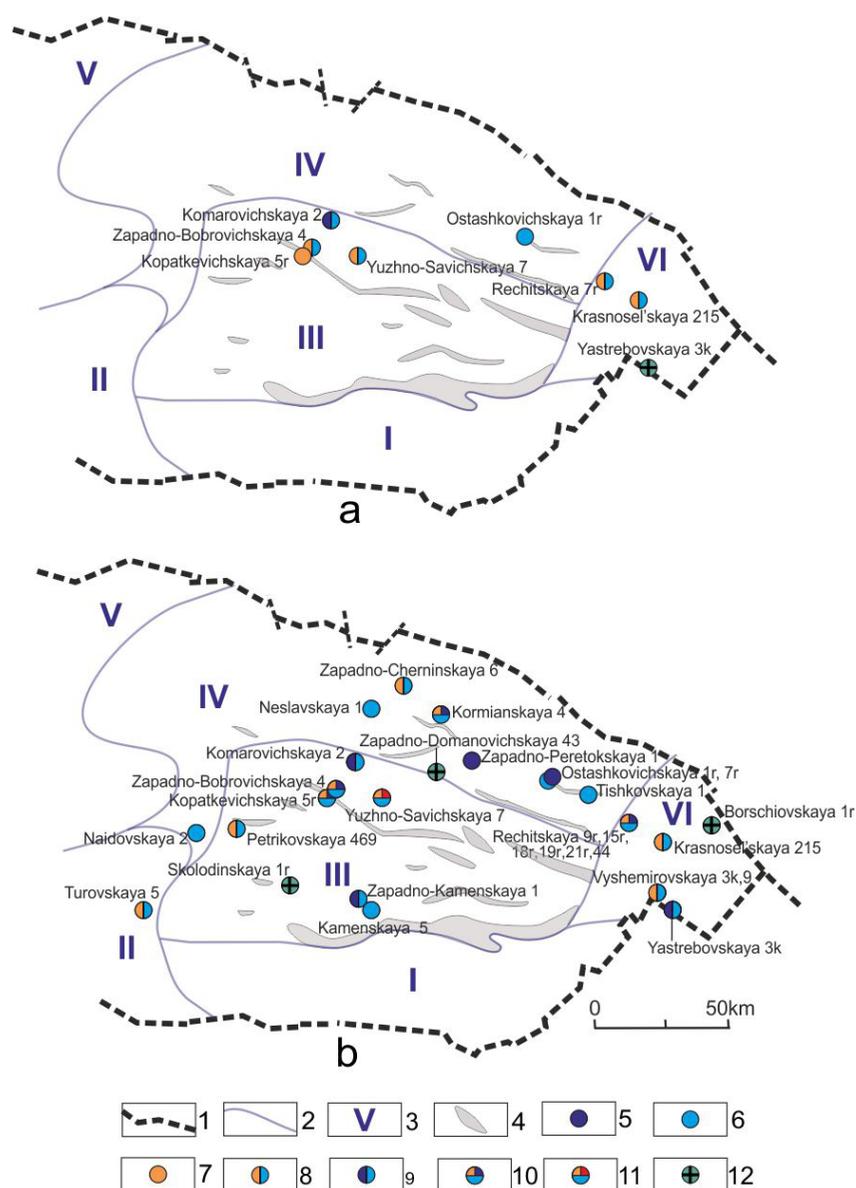
- extremely shallow water icriodid-polygnathid with the subordinate role of *Pelekysgnathus* genus;
- shallow water polygnathid;
- relatively deepwater palmatolepid;
- reef with the presence of *Ancyrognathus* genus.

It is suggested that in extremely shallow, isolated, bay-lagoon, coastal settings, endemics predominated (mainly representatives of the genera *Icriodus* and *Pelekysgnathus*), that makes it difficult to correspond such sediments with a Standard Zonal Scale, while widespread taxa were carried by flows and, accordingly, are associated with deep open sea facies (representatives of *Palmatolepis*) [61].

The sediments of the Kuzmichi and Tonezh horizons of the Pripyat Trough were formed under the open sea conditions, since representatives of the genus *Palmatolepis* are present in the studied sections. However, the depth of the sea basin wasn't constant, but varied territorially and changed over time.

Thus, during the Kuzmichi time, a shallow sea existed in the northern, western and eastern parts of the Pripyat Trough. Shallow-water *Icriodus* (46 %) and *Polygnathus* (36 %) predominate in conodont assemblages, only within the borehole Komarovichskaya 2 section the representatives of *Palmatolepis* (9 %) are found (fig. 3a). This is also confirmed by the presence of benthic organisms remains and numerous and diverse algae that form organogenic structures [50]. The central zone of the depression, based upon the fauna, was deeper, where relatively deep-water conditions alternated with shallow ones. Thus, the Kopatkevichskaya area is characterized by an extremely shallow-water *Icriodus* assemblage, Zapadno-Bobrovichskaya and Yuzhno-Savichskaya by an *Icriodus-Polygnathus* assemblage of coastal shallow waters, and Komarovichskaya by a relatively deep-water *Palmatolepis-Polygnathus* assemblage (fig. 3a). This facies alternation indicates active tectonic movements.

During the Tonezh time, the paleobasin deepened, especially in its northeastern and southern parts (Zapadno-Peretokskaya, Ostashkovichskaya, Yastrebovskaya, Zapadno-Kamenskaya areas (fig. 3b)), as it evidenced by the predominance of *Palmatolepis* representatives (38 %); quantity of *Icriodus* and *Polygnathus* decrease to 29 % each. Also, in the central zone (Yuzhno-Savichskaya area) a reef taxon *Ancyrognathus sinelaminus* was identified.



1 – deep faults that limit the Pripyat Trough; 2 – boundaries of lithofacies zones; 3 – lithofacies zone numbers [69]: I – South; II – Southwest; III – Central; IV – North; V – Northwest; VI – East; 4 – zones of absence of lower Famennian sediments; 5 – boreholes where *Palmatolepis* were found; 6 – boreholes where *Polygnathus* were found; 7 – boreholes where *Icriodus* were found; 8 – boreholes where *Polygnathus* and *Icriodus* were found; 9 – boreholes where *Polygnathus* and *Palmatolepis* were found; 10 – boreholes where *Icriodus*, *Polygnathus* and *Palmatolepis* were found; 11 – boreholes where *Icriodus*, *Polygnathus* and *Ancyrognathus* were found; 12 – boreholes with indefinable conodont elements

Figure 3 – Distribution of conodont genera found in the sediments of the Kuzmichi (a) and Tonezh (b) horizons of the Pripyat Trough

CONCLUSIONS

The sediments of the Lower Famennian Kuzmichi and Tonezh horizons of the Pripyat Trough contain representative conodont assemblages found from 29 wells sections and represented by 43 taxa, that makes it possible to correspond the identified complexes with zones of the Standard Conodont Scale [13], perform paleogeographic reconstructions, and conduct correlations with remote sections.

The presence of index species and typical taxa of Standard Conodont Zones in the sediments of the Kuzmichi and Tonezh horizons of the Pripyat Trough makes it possible to compare the identified conodont communities with Zones of Standard Conodont Scale. The sediments of the Kuzmichi horizon correspond to *Palmatolepis triangularis*, *Pa. delicatula platys* and *Pa. minuta minuta* Zones; and the Tonezh one correspond to *Palmatolepis minuta minuta*, *Pa. crepeida crepeida* and *Pa. termini* Zones.

The Pripyat Trough during the Kuzmichi and Tonezh time period developed in normal marine conditions; the presence of the *Palmatolepis* group indicates the open type of paleobasin. During the Kuzmichi time period, shallow-water *Icriodus* and *Polygnathus* groups predominated throughout the area, with the rare presence of *Palmatolepis*, indicating the depth of certain areas. During the Tonezh time period, the deep-sea *Palmatolepis* group became predominant, that indicates the continued subsidence of the sea basin bottom, with the central zone of the depression being the lowest. The alternation of deep-water oryctocoenoses with shallow-water ones indicates the active tectonic processes.

The conodont assemblage identified from the sediments of the Kuzmichi horizon is comparable to conodonts from the lower part of the Varezhy suite of the Sadov horizon in the Volyn-Podolia and the lower part of the Zadonsk horizon of the central regions of the East European Platform and the Volgograd-Volga region. The conodont co assemblage defined from the sediments of the Kuzmichi horizon is comparable to conodonts from the middle part of the Varezhy suite of the Sadov horizon in the Volyn-Podolia and the middle part of the Zadonsk

horizon of the central regions of the East European Platform and the Volgograd-Volga region.

Taxa *Icriodus alternatus hemialternatus*, *Polygnathus communis larysazimae*, *P. delenitor*, that were found and described by D. Drygant within the sediments of Solokiya and Selets' suits of the Sadov horizon in Volyn-Podolia (*Palmatolepis rhomboidea* Zone) [52], within the Pripyat trough were found within the sediments of the Tonezh horizon, that suggests that their appearance is recorded earlier – at the lower boundary *Pa. termini* Zone.

ACKNOWLEDGMENTS

The author is grateful to T. Strel'chenko and L. Karimova for providing the conodont collection; D. Plax and A. Makhnach for discussing the materials and constructive comments that improved the final version of the article; Yu. Gatovsky for help in identifying some conodont taxa; E. Bibikova for providing the core material; and P. Sakharuk for proofreading the English version of the article.

REFERENCES

1. **Branson, E. B.** Conodonts from the Grassy Creek shale of Missouri / E. B. Branson, M. G. Mehl // Missouri University Studies. – 1934. – № 8. – P. 171–259.
2. **Bultynck, P.** Devonian Icriodontidae: biostratigraphy, classification and remarks on paleoecology and dispersal / P. Bultynck // Revista Espanola de Micropaleontologia. – 2003. – № 35 (3). – P. 295–314.
3. **Bultynck, P.** Limitations on the application of the Devonian standard conodont zonation / P. Bultynck // Geological Quarterly. – 2007. – № 51 (4). – P. 339–344.
4. **Catalogue** of conodonts / ed. W. Ziegler // Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1975. – Vol. 2. – 404 pp.
5. **Climate-controlled** mass extinctions, facies, and sea-level changes around the Devonian-Carboniferous boundary in the eastern Anti-Atlas (SE Morocco) / S. I. Kaiser [et al.] // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2011. – № 310. – P. 340–364.
6. **Conodonts** across the Devonian/Carboniferous boundary: a review and implication for the redefinition of the boundary and a proposal for an updated conodont zonation (online) / C. Corradini [et al.] // Geological Magazine. – 2016. – № 154 (4). – P. 888–902.
7. **Corradini, C.** Late Devonian–Early Carboniferous conodonts from the “Clymeniae limestones” of SE Sardinia (Italy) / C. Corradini, S. Barca, C. Spalletta // Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 2003. – № 245. – P. 227–253.
8. **Corradini, C.** Revision of Famennian-Tournaisian (Late Devonian–Early Carboniferous) conodont biostratigraphy of Sardinia, Italy / C. Corradini // Revue de Micropaleontologie. – 2008. – № 51. – P. 123–132.
9. **Devonian** Stratigraphy / E. L. Grossman [et al.] // The Geologic Time Scale 2020. – Elsevier, 2020. – Vol. 2. – P. 749–757.
10. **Dreesen, R.** Late Devonian and Early Carboniferous conodont biostratigraphy and biofacies models as applied to the Ardenne shelf / R. Dreesen, Ch.A. Sandberg, W. Ziegler // Annales de la Société géologique de Belgique, 1986. – T. 109. – P. 27–42.
11. **Druce, E. C.** Upper Paleozoic and Triassic conodont distribution and the recognition of Biofacies / E. C. Druce // Geol. Soc. Amer. Spec. Pap. – 1973. – № 141. – P. 191–237.
12. **Epstein, A. G.** Conodont color alteration – an index to organic metamorphism / A. G. Epstein, J. B. Epstein, L. D. Harris // U. S. Geol. Survey Prof. Pap. – 1977. – № 995. – 1–27 p.

13. **Famennian** (Upper Devonian) conodont zonation: revised global standard / C. Spalletta [et al.] // *Bulletin of Geosciences*. – 2017. – Vol. 92, № 1. – P. 31–57.
14. **Ji, Q.** The Lali section: an excellent reference section for Late Devonian in south China / Q. Ji, W. Ziegler // *Courier Forschungs-Institut Senckenberg*, 1993. – № 157. – P. 1–183.
15. **Han, Y.** Study on Upper Devonian Frasnian/Famennian boundary in Ma-Anshan, Zhongping, Xiangzhou, Guangxi / Y. Han // *Chinese Academy of Geological Sciences Bulletin*. – 1987. – № 17. – P. 171–194.
16. **Hartenfels, S.** Timing of the global Dasberg Crisis A implications for Famennian eustasy and chronostratigraphy. In D. J. Over (ed) *Studies in Devonian Stratigraphy: Proceedings of the 2007 International Meeting of the Subcommission on Devonian Stratigraphy and IGCP 499* / S. Hartenfels, R. T. Becker // *Palaeontographica Americana*. – 2009. – № 63. – P. 69–95.
17. **Hartenfels, S.** Die globalen Annulata-Events und die Dasberg-Krise (Famennium, Oberdevon) in Europa und Nord-Afrika hochauflösende Conodonten-Stratigraphie, Karbonat AMikrofazies, Paläoökologie und Paläodiversität / S. Hartenfels // *Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie*. – 2011. – № 105. – P. 17–527.
18. **Helms, J.** Zur “Phylogese” und Taxionomie von *Palmatolepis* (Conodontida, Oberdevon) / J. Helms // *Geologie*. – 1963. – № 12 (4). – P. 449–485.
19. **Helms, J.** New Upper Devonian conodonts from Poland and Germany / J. Helms, Z. Wolska // *Acta Paleontologica Polonica*. – 1967. – № 12 (2). – P. 227–238.
20. **Kaiser, S. I.** High-resolution conodont stratigraphy, biofacies and extinctions around the Hangenberg Event in pelagic successions from Austria, Italy, and France. In D. J. Over (ed) *Studies in Devonian Stratigraphy: Proceedings of the 2007 International Meeting of the Subcommission on Devonian Stratigraphy and IGCP 499* / S. I. Kaiser, R. T. Becker and C. Spaletta // *Palaeontographica Americana*. – 2009. – № 63. – P. 97–139.
21. **Klapper, G.** Conodont ecology: pelagic versus benthic / G. Klapper, J. E. Barrick // *Lethaia*. – 1978. – Vol. 11, № 1. – P. 15–23.
22. **Klapper, G.** Endemism and Dispersal of Devonian Conodonts / G. Klapper and J. G. Johnson // *Journal of Paleontology*. – Vol. 54, № 2 (Mar., 1980). – 400–455 p.
23. **Kuzmin, A. V.** The Origin of the Genus *Neopolygnathus* Vorontzova (Conodonta) / A. V. Kuzmin // *Daba un Muzejs*. – 1996. – Vol. 6. – P. 39–41.
24. **Lindström, M.** Conodonts / M. Lindström. – Amsterdam : Elsevier, 1964. – 196 p.
25. **Merrill, G. K.** Pennsylvanian conodonts palaeoecology / G. K. Merrill // *Geological Society of America Special Paper*. – 1973. – № 141. – P. 239–274.
26. **Miller, A. K.** Conodonts from the type section of the Sweetland Creek Shale in Iowa / A. K. Miller, W. L. Youngquist // *Jour. Paleontology*. – 1947. – Vol. 21. – P. 501–517.
27. **Nazarova, V. M.** New Conodont Species of the Genus *Icriodus* from the Eifelian and Frasnian of the Russian Plattform / V. M. Nazarova // *Paleontol. Zh.* – 1997. – № 6. – P. 71–74.
28. **Phylogeny**, speciation and zonation of *Siphonodella* (Conodonta, Upper Devonian and Lower Carboniferous) / C. A. Sandberg [et. al.] // *Newsletters Stratigraphy*. – 1978. – № 7. – P. 102–120.
29. **Sandberg, C. A.** Refinement of standard Upper Devonian conodont zonation based on sections in Nevada and West Germany / C. A. Sandberg, W. Ziegler // *Geologica et Palaeontologica*. – 1973. – № 7. – P. 97–122.
30. **Sandberg, C. A.** Late Devonian icriodontid biofacies models and alternate shallow water conodont zonation / C. A. Sandberg, R. Dreesen // *Conodont biofacies and provincialism. Geological Society of America Special Paper*. – 1984. – № 196. – P. 143–178.
31. **Sannemann, D.** Beitrag zur untergliederung des Oberdevons nach Conodonten / D. Sannemann // *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*. – 1955. – № 100. – P. 324–331.
32. **Savage, N. M.** Late Devonian (Frasnian and Famennian) conodonts from the Wadleigh Limestone, southeastern Alaska / N. M. Savage // *Journal of Paleontology*. – 1992. – № 66 (2). – P. 277–292.
33. **Schülke, I.** Conodont community structure around the Kellwasser mass extinction event (Frasnium/Famennium boundary interval) / I. Schülke // *Senckenbergiana lethaea*. – 1998. – № 77. – P. 87–99.
34. **Schülke, I.** Conodont multielement reconstruction from the Early Famennian (Late Devonian) of the Montagne Noire (Southern France) / I. Schülke // *Geologica et Palaeontologica*. – 1999. – SB 3. – P. 1–123.
35. **Strelchenko, T.** Lower Famennian Conodont-Based Stratigraphy of the Pripyat Trough / T. Strelchenko, S. Kruchek // *Stratigraphy and Geological Correlation*. – 2013. – Vol. 21, № 2. – P. 150–170.

36. **Szulcowski, M.** Upper Devonian conodonts, stratigraphy and facial development in the Holy Cross Mts / M. Szulcowski // *Acta Geologica Polonica*. – 1971. – № 21 (1). – P. 1–130.

37. **Ulrich, E. O.** A classification of the tooth-like fossils, conodonts, with descriptions of American Devonian and Mississippian species / E. O. Ulrich, R. S. Bassler // *Proceedings of the United States National Museum*. – 1926. – № 68. – P. 1–63.

38. **Vorontsova, T.** The genus *Polygnathus* sensu lato (Conodonts): phylogeny and systematics / T. Vorontsova // *Palaeontological Journal*. – 1993. – № 27 (3). – P. 83–99.

39. **Youngquist, W. L.** Conodonts from the Sheffield Formation of north-central Iowa / W. L. Youngquist, R. F. Peterson // *Journal of Paleontology*. – 1947. – № 21. – P. 242–253.

40. **Ziegler, W.** Taxonomie und Phylogenie Oberdevonischer Conodonten un ihre stratigraphische Bedeutung / W. Ziegler // *Abhandlungen des Hessischen Geologischen Landesamtes für Bodenforschung*. – 1962. – № 38. – P. 1–166.

41. **Ziegler, W.** Eine neue Conodontenfauna aus dem höchsten Oberdevon / W. Ziegler // *Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen*. – 1969. – № 17. – P. 179–191.

42. **Ziegler, W.** *Palmatolepis*-based revision of upper part of standard Late Devonian conodont zonation, Special Paper. In D. L. Clark (ed) *Conodont Biofacies and Provincialism* / W. Ziegler, C. A. Sandberg // *Geological Society of America*. – 1984. – № 196. – P. 179–194.

43. **Ziegler, W.** The Late Devonian Standard Zonation / W. Ziegler, C. A. Sandberg // *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*. – 1990. – № 121. – P. 1–115.

44. **Антипенко, С. В.** О возможности использования известковых водорослей фаменских отложений Припятской впадины для стратиграфических целей / С. В. Антипенко // *Геология осадочного чехла Белоруссии*. – Минск : Наука и техника, 1984. – С. 22–25.

45. **Антипенко, С. В.** Роль известковых водорослей в формировании нижнефаменских органогенных образований Припятского прогиба / С. В. Антипенко // *Палеоэкология и современное состояние геологической среды Беларуси*. – Минск : БелНИГРИ, 1998. – С. 48–65.

46. **Аристов, В. А.** Конодонты девона – нижнего карбона Евразии: сообщества, зональное расчленение, корреляция разнофациальных отложений / В. А. Аристов. – М. : Наука, 1994. – 192 с.

47. **Барсков, И. С.** Конодонты в современной геологии / И. С. Барсков // *Итоги науки и техники. ВИНТИ. Сер. Общая геология*. – 1985. – Т. 19. – С. 93–221.

48. **Галушин, Г. А.** Биостратиграфия верхнефранских и нижнефаменских отложений Волгоградского Поволжья по конодонтам / Г. А. Галушин, Л. И. Кононова // *Бюлл. МОИ П. Отд. геол.* – 2004. – Т. 79, вып. 1. – С. 33–47.

49. **Геология Беларуси** // под ред. А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2001. – С. 191–239.

50. **Девонская межсолевая толща Припятской впадины** / А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1981. – С. 5–36.

51. **Девонская система** / Т. Г. Обуховская [и др.] // *Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объясн. зап.* – Минск : ГП «БелНИГРИ», 2010. – С. 108–110.

52. **Дрыгант, Д. М.** Девонські конодонти південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи (Волино-Поділля, Україна) / Д. М. Дрыгант. – К. : Академперіодика, 2010. – 156 с.

53. **Дрыгант, Д. М.** Новые конодонты рода *Polygnathus* Hinde, 1879, из среднего и верхнего девона Львовского прогиба / Д. М. Дрыгант // *Палеонтологический сборник*. – 1986. – № 23. – С. 47–52.

54. **Кирилишина, Е. М.** Конодонты верхнефранских и нижнефаменских отложений Воронежской антеклизы : автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук / Е. М. Кирилишина ; МГУ им. М. В. Ломоносова. – М., 2006. – 31 с.

55. **Кручек, С. А.** Конодонты девонских и каменноугольных отложений Припятской впадины и их значение для палеогеографии / С. А. Кручек // *Вопросы геологии, геохимии и геофизики земной коры Белоруссии*. – Минск : Наука и техника, 1975. – С. 150–155.

56. **Кручек, С. А.** Нижнефаменские межсолевые отложения Припятского прогиба : автореф. дис. ... канд. геол. мин. наук / С. А. Кручек. – Минск, 1975. – 30 с.

57. **Кручек, С. А.** Конодонты / С. А. Кручек // *Стратиграфические и палеонтологические исследования в Белоруссии*. – Минск : Наука и техника, 1978. – С. 61–64.

58. **Обуховская, Т. Г.** Домановичские и кузьмичевские отложения Припятского прогиба / Т. Г. Обуховская, Э. К. Демиденко, Н. С. Некрята // Геологическое строение и развитие платформенного чехла Белоруссии. – Минск : ПО «Белорусгеология», 1992. – С. 19–37.
59. **Овнатанова, Н. С.** Новые верхнедевонские конодонты центральных районов Русской платформы и Тимана / Н. С. Овнатанова // Фауна и стратиграфия палеозоя Русской платформы : тр. ВНИГНИ. – 1969. – Вып. 93. – С. 139–141.
60. **Овнатанова, Н. С.** Новые позднедевонские конодонты Русской платформы / Н. С. Овнатанова // Палеонтологический журнал. – 1976. – № 2. – С. 106–115.
61. **Петросянец, М. А.** Микрофоссилии в геологической практике: их роль в определении обстановок древнего осадконакопления / М. А. Петросянец, Н. С. Овнатанова, Г. В. Мусина // Итоги науки и техники. Сер. Общая геология. – 1990. – Т. 27. – С. 96–143.
62. **Пограничные** отложения франского и фаменского ярусов Ижма-Печорской впадины / А. В. Кузьмин [и др.] // Бюлл. МОИП. Отд. геол. – 1998. – Т. 73, вып. 4. – С. 27–38.
63. **Решение** Межведомственного регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы (Л., 1998). Девонская система (с региональными стратиграфическими схемами). – М., 1990. – 60 с.
64. **Стратиграфия** нижнефаменских (межсолевых) отложений Припятского прогиба / В. И. Пушкин [и др.] ; под ред. Р. Г. Гарецкого – Минск : Ин-т геол. наук, 1995. – 140 с.
65. **Стратиграфія** верхнього протерозою та фанерозою України у двох томах / гол. ред. П. Ф. Гожик. – К. : ІГН НАН України ; Логос, 2013. – Т. 1 : Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України. – 637 с.
66. **Стрельченко, Т. В.** Новые виды конодонтов рода *Polygnathus* из нижнего фамена Припятского прогиба / Т. В. Стрельченко // Палеонтологический журнал. – 2000. – № 5. – С. 51–54.
67. **Стрельченко, Т. В.** Конодонты из отложений елецкого и петриковского горизонтов нижнего фамена Припятского прогиба / Т. В. Стрельченко // Геологическое строение и развитие платформенного чехла Белоруссии. – Минск, 1992. – С. 53–61.
68. **Тектоническое** положение Припятского прогиба и проблемы его структурного районирования / Р. Г. Гарецкий [и др.] // Проблемы тектоники Припятского прогиба. – Минск : Наука и техника, 1974. – С. 9–23.
69. **Урьев, И. И.** Литолого-фациальные зоны задонско-елецкого межсолевого комплекса Припятской впадины / И. И. Урьев, С. А. Кручек // Литология, геохимия и перспективы на полезные ископаемые глубинных зон Белоруссии. – Минск : Наука и техника, 1975. – 149 с.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 03.12.2024

Рэцэнзент Д. П. Плакс

КАНАДОНТЫ З АДКЛАДАЎ КУЗЬМІЧОЎСКАГА І ТОНЕЖСКАГА ГАРЫЗОНТАЎ НІЖНЯГА ФАМЕНА ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ (БЕЛАРУСЬ)

В. В. Мурашка

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

Прыведзены даныя аб канадонтах з адкладаў кузьмічоўскага і тонежскага гарызонтаў ніжняга фамена Прыпяцкага прагіну. Вылучаны комплексы канадонтаў з таксонамі, характэрнымі для зон стандартнай канадонтавай шкалы: комплекс канадонтаў з адкладаў кузьмічоўскага гарызонту адпавядае зонам *Palmatolepis triangularis*, *Pa. delicatula platys* і *Pa. minuta minuta*, а тонежскага – зонам *Pa. minuta minuta*, *Pa. crepida crepida* і *Pa. termini* [13]. Удакладнены час з’яўлення *Icriodus alternatus hemialternatus* Drygant 2010, *Polygnathus communis larysazimae* Drygant 2010, *P. delenitor* Drygant 1986. На падставе біяфацыяльнага аналізу выкананы палеагеаграфічныя рэканструкцыі. Прыведзены стратыграфічныя карэляцыі дадзенай часткі разрэзу з Валына-Падоліяй, цэнтральнымі раёнамі Усходне-Еўрапейскай платформы і Валгаградскім Паволжам.

Ключавыя словы: канадонты, верхні дэвон, ніжні фамен, Беларусь, Прыпяцкі прагін, біястратыграфія, біязанаванне.

КОНОДОНТЫ ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ КУЗЬМИЧЕВСКОГО И ТОНЕЖСКОГО ГОРИЗОНТОВ НИЖНЕГО ФАМЕНА ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА (БЕЛАРУСЬ)

О. В. Мурашко

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
Филиал «Институт геологии»
ул. Академика Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь
E-mail: volum@tut.by

Приведены данные о конодонтах из отложений кузьмичевского и тонежского горизонтов нижнего фамена Припятского прогиба. Выделены комплексы конодонтов с таксонами, характерными для зон стандартной конодонтовой шкалы: комплекс конодонтов из отложений кузьмичевского горизонта соответствует зонам *Palmatolepis triangularis*, *Pa. delicatula platys* и *Pa. minuta minuta*, а тонежского – зонам *Pa. minuta minuta*, *Pa. crepida crepida* и *Pa. termini* [13]. Уточнено время появления *Icriodus alternatus hemialternatus* Drygant 2010, *Polygnathus communis larysazimae* Drygant 2010, *P. delenitor* Drygant 1986. На основе биофацциального анализа выполнены палеогеографические реконструкции. Проведены стратиграфические корреляции данной части разреза с Вольно-Подоліей, центральными районами Восточно-Европейской платформы и Волгоградским Поволжьем.

Ключевые слова: конодонты, верхний девон, нижний фамен, Беларусь, Припятский прогиб, биостратиграфия, биозонирование.

УДК 551.735.1(476-12)

УГЛЕНОСНОСТЬ ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕВИЗЕЙСКОГО ПОДЪЯРУСА НИЖНЕГО КАРБОНА ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

В. И. Толстошеев¹, Р. Г. Гарецкий², П. О. Сахарук¹

¹Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
Филиал «Институт геологии»

ул. Академика Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь
E-mail: polina.sakharuk@gmail.com

²Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь

В статье рассмотрена угленосность нижневизейских отложений нижнего карбона Припятского прогиба, залегающих фрагментарно в пределах отдельных окончаний синклиналильных зон. Рассматриваемые отложения представляют собой сохранившиеся фрагменты погребенной озерно-речной палеосистемы ранневизейского возраста. Основные углепроявления установлены в образованиях бобриковского горизонта на Лельчицкой и Заозерной площадях, расположенных в западной части Южно-Ельской и средней части Северо-Ельской синклиналильных зон прогиба соответственно. Второстепенные углепроявления отмечены в отложениях гостовского горизонта, залегающих в основном с сокращенными разрезами в выделенных окончаниях синклиналильных зон. В образованиях нижнего визе пласты и прослои углей и углистых глин образуют линзы ограниченного распространения с резко изменчивым строением и мощностью. Гостовско-бобриковские угли образовались из остатков высших растений, по степени метаморфизма они относятся к бурым углям группы БЗ.

Ключевые слова: каменноугольная система, нижний отдел, нижневизейский подъярус, Припятский прогиб, углепроявления.

ВВЕДЕНИЕ

В стратиграфической схеме каменноугольных отложений Беларуси 2010 г. [22] в нижней части визейского яруса выделен нижневизейский подъярус, включающий гостовский и бобриковский горизонты, которым соответствуют гостовская и богутичская свиты.

Для составления приведенных в статье карт и таблиц по нижневизейским отложениям авторы проанализировали большое количество геолого-геофизических материалов, полученных в результате проведения геологических исследований прошлых лет, в том числе каротажные диаграммы многих глубоких нефтяных и мелких скважин, пробуренных на территории Припятского прогиба и сопредельных структурах, с использованием палинологических данных.

Полученные материалы показали, что в нижневизейских отложениях Припятского прогиба содержатся пласты и прослои углей и углистых глин, образующие линзообразные залежи ограниченного распространения с резко изменчивым строением и мощностью. Часто наблюдаются фациальные переходы углей в углистые породы. По мощностям и простираанию пластов и прослоев углей и угли-

стых глин в Припятском прогибе выделяются основные и второстепенные углепроявления, рассмотренные в статье.

Исследования выполнены в рамках НИР «Геологическое строение отложений визейского яруса нижнего карбона Припятского прогиба и сопредельных территорий и оценка их перспектив на полезные ископаемые» подпрограммы «Белорусские недра» Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В Припятском прогибе образования нижнего визе залегают фрагментарно [27] и выделены в Предберезинской, Предпервомайской, Предречицкой, Предчервонослободской, Южно-Притокской, Предсколодинской, Преднаровлянской, Северо- и Южно-Ельской синклиналильных зонах, сформировавшихся по поверхности верхнефаменской соленосной толщи между соляными валами под действием соляной тектоники [2; 10]. Процессы галокинеза способствовали накоплению и сохранению от размыва образований нижнего визе [27]. В Предмалодушинской, Северо-Конковичской

и Северо-Шестовичской синклинальных зонах нижневизейские отложения отсутствуют. В юго-западной и западной частях Припятского прогиба в связи с отсутствием процессов галокинеза в верхней соленосной толще по мощностям образований нижнего визе выделяются Северо-Туровский структурный залив и несколько малоамплитудных локальных брахисинклиналей и мульд.

Нижневизейские отложения установлены в разрезах более 600 скважин и залегают на глубине от 62,4 м на Боровском структурном носу (скв. Осинская 15, пробурена Кировским ПГО) и до 2110 м в Северо-Золотухинской синклинали (скв. Северо-Золотухинская 1-р, пробурена РУП «ПО «Белоруснефть»»). В северо-западной части Днепровского прогиба эти образования погружаются с северо-запада на юго-восток до 2054 м (скв. Довжиковская 1-р) и глубже. Подстилаются они обычно турнейскими, реже – верхнедевонскими образованиями, а перекрываются разновозрастными породами: от каменноугольных (тульский горизонт верхнего визе) до палеогеновых.

Ранее гостовско-бобриковские отложения Припятского прогиба выделялись в объеме каолиновой толщи, соответствовавшей бобриковскому горизонту среднего визе [1; 3; 7; 8; 9; 11]. В последующее время, в результате применения литологического и палинологического методов исследований Г.И. Кедо и В.К. Голубцовым [6], а также благодаря привлечению стратиграфических методов положение названных отложений в разрезе было уточнено. При этом было установлено, что самая верхняя часть железистой толщи, охарактеризованная прежде верхнекизеловским комплексом спор турнейского яруса, а также большая часть (I, II и III пачки) каолиновой толщи являются нижневизейскими (гостовскими) образованиями, и только верхняя (IV) пачка каолиновой толщи относится к бобриковскому горизонту (рис. 1). Эти материалы были использованы авторами статьи, с привлечением геофизического метода (ГИС), для расчленения нижневизейских отложений на пачки и выделения в них пластов и прослоев углей и углистых глин [11; 12; 26; 27; 28; 29].

Общая стратиграфическая шкала [16]				Региональные стратиграфические подразделения Припятского прогиба							Стратиграфические схемы смежных регионов							
Система	Отдел	Ярус	Польярус	Горизонт	Серия	Свита, подсвита	Пачка	Комплексы спор	Толща		Восточно-Европейская платформа [20]	Московская синеклиза (западное и южное крылья) [20]						
									1957-1966 гг.	1980 г.								
Каменноугольная	Нижний	Визейский	Верхний	Тульский	Ельсая	Яселенская	Верхняя	tl	Железистая	Каолиновая	Каолиновая	Тульский	Тульская					
							Нижняя							Глинисто-известняковая				
							Богутинская								IV	br ₁	Бобриковский	Бобриковская
		Косвинский	II	br ₃	Косвинский	Кизеловский												
			Кизеловский	I			ki ₁	Кизеловский	Черепетский									
		Турнейский		Верхний	Верхняя	1	ki ₁			Железистая	Железистая	Черепетский	Черепетская					
			2															
			Нижняя		3	m ₁												
					4	m ₂												
		Упинский	Хвоенская	hv	5	m ₃	Темноцветная глинистая	Упинский	Упинская									
					6													
		Малевский	Новоруднянская	nv				Малевский	Малевская									

Рисунок 1 – Сопоставление стратиграфических схем визейских и турнейских отложений Припятского прогиба

В разрезах скважин Припятского прогиба гостовско-бобриковские отложения представлены в основном песками и песчаниками белесыми и розоватыми, кварцевыми, разномерными, с частыми прослоями пестроцветных (белых, розоватых, малиново-красных и др.) каолиновых глин, жирных, плотных, иногда сильно песчаных, места-

ми углистых или с прослоями бурых углей [6; 11; 30]. Мощности описываемых отложений изменяются от 0 до 267,0 м (скв. Ельсая 28-р в Южно-Ельсской синклинали), в среднем составляя около 100 м (табл. 1). Рассматриваемые образования в Припятском прогибе выделены в терригенную каолинитово-угленосную пестроцветную формацию [23; 24].

ГЕОЛОГИЯ

УГЛЕПРОЯВЛЕНИЯ В НИЖНЕВИЗЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Основные углепроявления в Припятском прогибе установлены на Заозерной и Лельчицкой площадях и связаны преимущественно с породами бобринского горизонта нижневизейского подъяруса по сравнению с угленосными образованиями верхнего визе и башкирского яруса среднего карбона [1; 19; 31].

Заозерная площадь. В 1955–1959 гг. Полесской ГРП на Заозерной площади проводились геолого-поисковые работы на обнаружение угля в каменноугольных отложениях (Б. С. Ковалев, А. Н. Брусенцов). Всего было пробурено 24 скважины до глубины 500–600 м с отбором керна: 20 на Заозерной и по 2 скважины на Мозырской и Кустовницкой площадях.

В 1973–1980 гг. на названной площади Южной геолого-поисковой партией осуществлялись геолого-поисковые работы на поиски даунсонит-бокситовых руд. Было пробурено 95 скважин в основном на глубину до 330–700 м, из которых 23 вскрыли даунсонит-бокситовые руды [4]. В некоторых разрезах этих скважин отмечено залегание прослоев угля и углистых глин в отложениях башкирского и визейского ярусов, в том числе и в образованиях нижневизейского подъяруса. Почти все скважины, про-

буренные на поиски угля и даунсонит-бокситовых руд, остановлены преимущественно в отложениях гостовского горизонта нижнего визе, иногда турнейского яруса нижнего карбона, не вскрывая верхнедевонские образования. При этом все пробуренные скважины полностью вскрыли бобринские отложения (IV ритмо-пачка), частично приведенные в таблице 1, что позволило оконтурить образования бобринского и гостовского горизонтов.

В отложениях нижнего визе основные углепроявления на рассматриваемой площади отмечаются в бобринских отложениях. В образованиях гостовского горизонта отмечаются в основном маломощные прослои угля и углистых глин в верхней, III пачке (ее мощность 65 м и более), выделенной Г. И. Кедо под названием «угольная» [6]. В ее кровле в нескольких скважинах выделяется от одного до трех прослоев угля: в скв. 67-у залегает один прослой мощностью 0,45 м, в скв. 21-п – два прослоя (0,8 и 1,5 м), а в скв. 24-п – три прослоя по 0,4 м каждый. Ниже по разрезу в верхней части III пачки отмечаются прослои угля в скважинах: 22-у (0,3 м, 0,6 м и 0,55 м), 24-п (0,4 м), 80-п (0,5 и 1,1 м) и 90-п (0,45 м). В средней части III пачки пласты угля представлены в скважинах: 14-у (0,8 м), 65-у (0,3 м), 11-п (0,4 м), 24-п (0,3 и 1,8 м) и 5-д (1,2 м).

Таблица 1 – Стратиграфическое расчленение нижневизейских угленосных и верхневизейских отложений в разрезах скважин Заозерной площади Припятского прогиба

№ п/п	Скважина	Альгитуда Забой	Индекс кровли	Система	Каменноугольная С						Подшва
				Отдел	Нижний С ₁						
				Ярус	Визейский С ₁ v						
				Подъярус	С ₁ v ₂			С ₁ v ₁			
				Горизонт	С ₁ vn	С ₁ mh	С ₁ al	С ₁ tl	С ₁ bb	С ₁ gs	
1	Гостов 7-п	144,0 710,0	C ₁ sž	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	362,4 - 218,4 20,6	383,0 - 239,0 24,6	407,6 - 263,6 37,2	444,8 - 300,8 17,4	462,2 - 318,2 43,8	506,0 - 362,0 142,6	648,6 - 504,6
2	Заозерная 21-п	145,7 609,0	C ₁ sž	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	432,2 - 286,5 13,8	446,0 - 300,3 26,5	472,5 - 326,8 28,3	500,8 - 355,1 12,8	513,6 - 367,9 46,9	560,5 - 414,8 >48,5	н. в.
3	Заозерная 24-п	145,0 545,0	C ₁ sž	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	338,3 - 193,3 13,7	352,0 - 207,0 25,0	377,0 - 232,0 23,6	400,6 - 255,6 27,6	428,2 - 283,2 49,0	477,2 - 332,2 >67,8	н. в.
4	Заозерная 27-п	145,8 502,0	C ₁ sž	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	359,5 - 213,7 9,0	368,5 - 222,7 26,0	394,5 - 248,7 26,3	420,8 - 275,0 20,5	441,3 - 295,5 42,1	483,4 - 337,6 >18,6	н. в.
5	Заозерная 53-п	145,4 695,0	C ₂ b	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	465,0 - 319,6 20,8	485,8 - 340,4 40,2	526,0 - 380,6 15,0	541,0 - 395,6 67,8	608,8 - 463,4 >86,2	н. в.
6	Заозерная 57-п	150,0 466,0	C ₂ b	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	287,5 - 137,5 7,0	294,5 - 144,5 23,5	318,0 - 168,0 15,2	333,2 - 183,2 7,8	341,0 - 191,0 44,0	385,0 - 235,0 >81,0	н. в.
7	Заозерная 60-п	150,0 686,0	C ₁ sž	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	511,6 - 361,6 6,0	517,6 - 367,6 26,0	543,6 - 393,6 20,2	563,8 - 413,8 10,0	573,8 - 423,8 58,8	632,6 - 482,6 >53,4	н. в.
8	Заозерная 64-п	150,7 705,0	C ₁ sž	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	573,2 - 423,2 7,5	580,7 - 430,7 26,0	606,7 - 456,7 23,7	630,4 - 480,4 8,8	639,2 - 489,2 >65,8	н. в.	
9	Заозерная 71-п	145,5 620,0	C ₁ sž	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	453,8 - 308,3 22,6	476,4 - 330,9 14,4	490,8 - 345,3 21,2	512,0 - 366,5 24,0	536,0 - 390,5 >84,0	н. в.

Окончание табл. 1

10	Заозерная 95-п	149,9 717,0	C ₂ b	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	578,5 - 428,6 15,5	594,2 - 444,1 18,8	612,8 - 462,9 27,9	640,7 - 490,8 16,1	656,8 - 506,9 >60,2	н. в.
11	Движки 22-у	142,0 670,3	C ₁ sž	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	263,2 - 121,2 7,2	270,4 - 128,4 26,2	296,6 - 154,6 33,7	330,3 - 188,3 19,3	349,6 - 207,6 42,1	391,7 - 249,7 179,4	571,1 - 429,1
12	Гостов 32-у	150,533,8	C ₂ b	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	-	319,4 - 169,0 29,2	348,6 - 198,2 10,1	358,7 - 208,3 46,1	404,8 - 254,4 107,6	512,4 - 362,0
13	Движки 67-у	141,1 624,3	C ₁ sž	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	337,0 - 195,9 12,0	349,0 - 207,9 35,0	384,0 - 242,9 45,5	429,5 - 288,4 28,5	458,0 - 316,9 45,7	503,5 - 362,4 >120,8	н. в.
14	Малый Боковец 104-у	144,0 585,5	C ₁ sž	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	390,0 - 246,6 19,0	409,0 - 265,0 31,0	440,0 - 296,0 36,0	476,0 - 332,0 53,3	529,3 - 385,3 >56,2	н. в.
15	Иваньковщина 109-у	150,0 727,4	C ₂ b	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	613,0 - 463,0 25,2	638,2 - 488,2 33,8	672,0 - 522,0 22,0	694,0 - 544,0 >33,4	н. в.	н. в.

* н. в. – отложения не вскрыты

С учетом повышенной угленосности и полноты разрезов бобриковских отложений авторы построили подробную карту мощностей отложений бобриковского горизонта Заозерной площади с углепроявлениями в масштабе 1 : 100 000 (рис. 2) и таблицу угленосности (табл. 2). Как видно из рисунка, отложения бобриковского горизонта имеют меньшую площадь распространения по отношению к подстилающим образованиям гостовского горизонта, но они залегают совместно в крупной одноименной синклинали. Синклираль расположена на юго-западном участке Центральной зоны Припятского прогиба между соляными валами: Сколодинским на севере, Ельским и Наровлянским на юге, осложненными локальными соляными поднятиями (рис. 2). Бобриковская синклираль оконтурена изопакитами с отметками 20 и 40 м. Внутри контура отрисовано довольно много мелких локальных структур: куполов, брахиантиклиналей и структурных носов с величинами изолиний от 20 до 40 м, а также мульд и брахисинклиналей с отметками изопакит от 50 до 100 м. Угленосные породы залегают в осевой и приосевой частях синклиналей. В локальных отрицательных структурах залегают от 1 до 4 пластов и пропластков угля мощностью от 0,4 до 2,35 м, изредка от 0,05 до 0,3 м (табл. 2).

В бобриковское время Заозерная первичная синклираль представляла собой среднюю часть Северо-Ельской синклинальной зоны и ее формирование осуществлялось за счет оттока соли в верхнефаменской соленосной толще к вышеназванным соляным валам. Внутри этой зоны тоже происходили процессы соляной тектоники (галокинеза) с образованием локальных структур. Этому способствовало расположение в осевой части зоны восточного антиклинального продолжения Анисимовского верхнефаменского соляного вала,

включающего Заозерную и Северо-Заозерную брахиантиклинали с отсутствием в их сводах бобриковских отложений. В проекции над этим восточным продолжением вала образовалась цепочка локальных положительных поднятий: Восточно-Александровское, Западно-Руднинское, Северо-Руднинское, Восточно-Руднинское и Михалкинское. На западном участке зоны бобриковские отложения подковообразно огибают Заозерную брахиантиклиналь. В синклинальной зоне помимо локальных поднятий в конце бобриковского времени при участии галокинеза к северу от восточной части соляного вала сформировалась Северо-Александровская, Свириновская и Восточно-Антоновская брахисинклинали, Южно-Гостовская и Малобоковская мулдьды, а к югу от него образовались Северо-Движковская, Руднинская и Северо-Наровльская брахисинклинали и Восточно-Движковская мулдьда.

По результатам анализа проб углей из скв. Иваньковщина 109-у установлено, что влажность (W^a) составляет 14,6–19,1 %, средняя зольность (A^d) – 16,7–25,7 %, выход летучих веществ (V^{daf}) – 43,6–53,6 %, содержание общей серы (S_t^d) – 1,71–3,99 %, теплота сгорания без влаги (Q_s^d) – 5652 ккал/кг, теплота сгорания на горючую массу (Q_s^{da}) – 6786 ккал/кг, кажущаяся плотность (d_a) – 1,48.

Проведенные исследования показали, что угли в нижневизейских отложениях Заозерной площади имеют небольшие мощности, не выдержаны по простиранию и не образовали угольных залежей и залегают на довольно большой глубине (более 300 м). Согласно этим данным угли нижневизейского подъяруса нижнего карбона не представляют промышленного интереса, но имеют большое научное значение при изучении нижнекаменноугольных отложений Беларуси и сопредельных территорий.

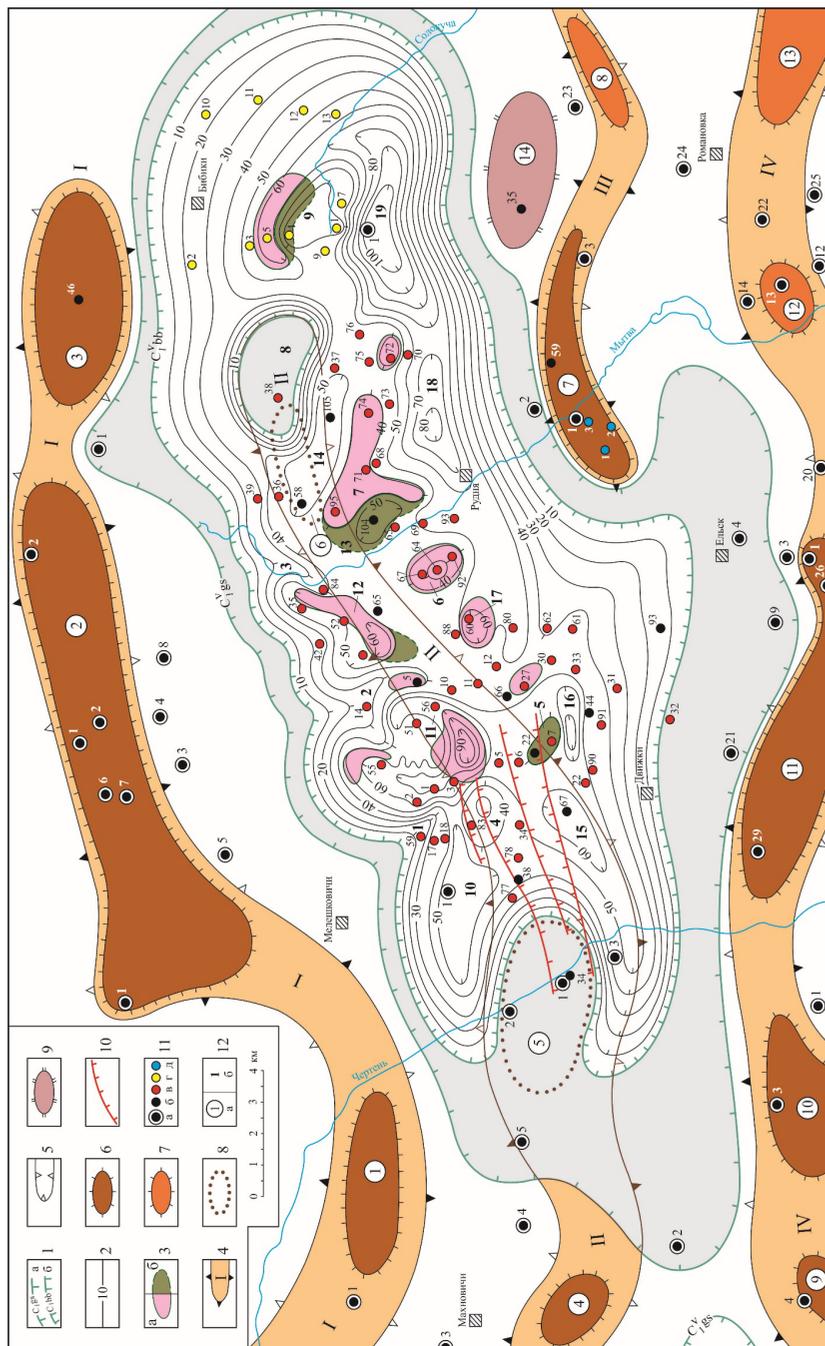


Рисунок 2 – Карта мощностей отложений бобриковского горизонта визейского яруса нижнего карбона Заозерной площади Припятского прогиба с углепроявлениями

Условные обозначения к рисунку 2

- 1 – границы распространения отложений горизонтов нижнего визе: а – гостовского, б – бобриковского; 2 – изопахиты отложений бобриковского горизонта, м; 3 – пласты углей (а) и углистых глин (б) бобриковского и гостовского возраста; 4 – условные границы и номера соляных валов (I – Сколодинский, II – Анисимовский, III – Наровлянский, IV – Ельский); 5 – условные границы синклинальных зон; соляные поднятия: 6 – криптодиапиры с брекчией кепрока в своде; 7 – диапироиды; 8 – межкупольные диапироиды глинисто-галитовой подтолщи верхнего фамена; 9 – межкупольное поднятие типа «щита черепахи»; 10 – локальные разрывы; 11 – скважины: а – нефтяные глубокие, б – угольные, в – на давсонит-бокситовые руды, пробуренные в 1973–1980 гг., г – на давсонит-бокситовые руды, пробуренные в 1984–1985 гг., д – солевые; 12 – локальные структуры: а – верхнефаменские соляные антиклинали, брахиантиклинали, купола (цифры в кружках): 1 – Махновичская, 2 – Каменская, 3 – Мозырская, 4 – Восточно-Анисимовский, 5 – Заозерная, 6 – Северно-Заозерная, 7 – Кустовницкая, 8 – Наровлянская, 9 – Новодубровская, 10 – Николаевская, 11 – Ельская, 12 – Восточно-Ельский, 13 – Завойтская, 14 – Северо-Кустовницкая межкупольная брахиантиклиналь; б – бобриковские структуры: брахиантиклинали, купола, структурные носы: 1 – Иванковщинский, 2 – Гостовский, 3 – Антоновский, 4 – Восточно-Александровский, 5 – Южно-Бовгурковская, 6 – Западно-Руднинская, 7 – Северо-Руднинская, 8 – Северо-Заозерная, 9 – Михалкинская; синклинали, брахисинклинали, мульды: 10 – Северо-Александровская, 11 – Южно-Гостовская. 12 – Свириновская, 13 – Малобоковская, 14 – Восточно-Антоновская, 15 – Северо-Движковская, 16 – Восточно-Движковская, 17 – Восточно-Бовгурковская, 18 – Руднинская, 19 – Северо-Наровлянская

Таблица 2 – Углепроявления в отложениях нижневизейского подъяруса визейского яруса нижнего карбона Заозерной площади и северной части Припятского прогиба

№ п/п	Скв.	Порода	Глубина, м	Мощность, м	Возраст
1	2	3	4	5	6
Заозерная площадь Южная ГПП, Гостовский объект					
1	7-п	Глина углистая	492,8–493,5	0,7	bb
2	11-п	Уголь	484,0–484,4	0,4	gs
3	21-п	Уголь	560,5–561,3	0,8	gs
		Уголь	563,65–565,15	1,5	
4	24-п	Уголь	477,2–477,6	0,4	gs
		Уголь	479,2–479,6	0,4	
		Уголь	480,3–480,7	0,4	
		Уголь	494,4–494,8	0,4	
		Уголь	503,5–503,8	0,3	
		Уголь	543,8–545,6	1,8	
5	27-п	Уголь	463,2–464,0	0,8	bb
6	53-п	Уголь	544,6–545,5	0,9	bb
		Уголь	562,6–563,15	0,55	
7	57-п	Уголь	341,0–344,3	3,3	bb
		Глина углистая	344,3–345,5	1,2	
		Уголь	347,1–349,45	2,35	
		Глина углистая	351,5–354,8	3,3	
8	60-п	Уголь	578,3–579,3	1,0	bb
9	64-п	Уголь	667,5–668,0	0,5	bb
10	67-п	Уголь	559,6–560,2	0,6	bb
11	71-п	Уголь	513,0–513,9	0,9	bb
12	72-п	Уголь	684,6–685,2	0,6	bb
13	75-п	Уголь	666,3–667,4	1,1	gs
		Уголь	668,3–669,2	0,9	
14	79-п	Уголь	662,2–663,0	0,8	bb
15	80-п	Глина углистая	690,0–693,7	3,7	bb
		Глина углистая	720,5–721,1	0,6	
		Глина углистая	723,65–724,5	0,85	
		Уголь	766,5–767,0	0,5	gs
		Глина углистая	770,5–771,1	0,6	
		Уголь	777,9–779,0	1,1	
16	81-п	Глина углистая	524,4–524,6	0,2	bb
17	90-п	Уголь	701,8–702,25	0,45	gs
18	92-п	Уголь	754,5–755,4	0,9	bb
19	95-п	Уголь	626,6–628,1	1,5	bb
		Глина углистая	631,35–631,85	0,5	
		Глина углистая	635,0–635,6	0,6	
		Глина углистая	641,0–641,55	0,55	
		Уголь	641,55–642,15	0,6	
Южная ГПП, Припятский объект					
20	4-д	Глина углистая	435,4–438,0	2,6	bb
		Глина углистая	490,3–492,9	2,6	
		Глина углистая	496,6–498,8	2,2	gs
		Глина углистая	532,6–533,7	1,1	
		Глина углистая	596,2–597,4	1,2	
21	5-д	Глина углистая	493,8–494,4	0,6	gs
		Уголь	494,4–495,6	1,2	
		Глина углистая	495,6–496,0	0,4	
		Глина углистая	502,1–502,7	0,6	

ГЕАЛОГІЯ

Продолжение табл. 2

№ п/п	Скв.	Порода	Глубина, м	Мощность, м	Возраст
22	10-д	Уголь	703,8–704,1	0,3	bb
Полесская ГРП, Заозерный объект (на юрские угли)					
23	4-у	Уголь	333,2–333,7	0,5	bb
24	5-у	Уголь	329,8–330,4	0,6	bb
		Глина углистая	332,5–343,0	10,5	
25	8-у	Уголь	372,8–373,35	0,55	bb
26	10-у	Уголь	279,0–279,6	0,6	bb
		Глина углистая	281,5–284,25	2,75	
		Уголь	284,25–284,85	0,6	
		Глина углистая	284,85–292,0	7,15	
27	14-у	Глина углистая	491,5–493,6	2,1	bb
		Глина углистая	515,0–515,65	0,65	
		Уголь	560,6–561,4	0,8	gs
		Глина углистая	573,45–574,3	0,85	
Полесская ГРП, Заозерный объект (на угли карбона)					
28	22-у	Глина углистая	374,0–374,3	0,3	bb
		Уголь	379,4–379,6	0,2	
		Глина углистая	379,6–379,8	0,2	
		Глина углистая	385,2–385,6	0,4	
		Уголь	396,5–396,8	0,3	gs
		Глина углистая	402,5–402,65	0,15	
		Уголь	402,65–403,25	0,6	
		Уголь	404,25–404,8	0,55	
29	23-у	Уголь	551,6–551,65	0,05	bb
		Уголь	456,5–456,7	0,2	
		Уголь	457,15–457,3	0,15	
30	32-у	Уголь	506,2–506,3	0,1	bb
		Глина углистая	379,9–380,1	0,2	
		Глина углистая	380,95–381,1	0,15	
		Глина углистая	411,0–411,2	0,2	
		Уголь	524,9–524,95	0,05	gs
31	33-у	Глина углистая	682,6–682,7	0,1	bb
32	34-у	Глина углистая	564,0–564,7	0,7	gs
33	38-у	Глина углистая	486,4–488,0	1,6	gs
34	57-у	Глина углистая	364,1–364,2	0,1	bb
		Глина углистая	366,1–366,5	0,4	
		Уголь	367,2–367,25	0,05	
		Глина углистая	367,25–367,4	0,15	
35	65-у	Уголь	449,8–450,1	0,3	gs
		Алеврит углистый	450,1–452,1	2,0	
		Уголь	470,65–470,7	0,05	
36	66-у	Глина углистая	398,15–398,25	0,1	gs
		Глина углистая	407,2–407,9	0,7	
		Глина углистая	408,7–409,3	0,6	
		Уголь	557,0–557,05	0,05	
37	67-у	Песок угл.	484,6–485,2	0,6	bb
		Уголь	503,5–503,95	0,45	
		Глина углистая	504,95–505,8	0,85	gs
		Песок углистый	505,8–506,1	0,3	
		Глина углистая	519,8–520,0	0,2	
38	104-у	Глина углистая	479,0–479,3	0,3	bb

Окончание табл. 2

№ п/п	Скв.	Порода	Глубина, м	Мощность, м	Возраст
39	109-у	Глина углистая	705,7–706,3	0,6	bb
		Уголь	706,3–706,7	0,4	
		Глина углистая	706,7–707,45	0,75	
		Уголь	707,45–708,25	0,8	
		Глина углистая	708,25–708,6	0,35	
		Уголь	708,6–709,0	0,4	
		Глина углистая	709,0–709,45	0,45	
		Уголь	711,6–711,7	0,1	
		Глина углистая	711,7–713,6	1,9	
		Уголь	713,6–714,0	0,4	
		Глина углистая	714,7–717,3	2,6	
Север Припятского прогиба Октябрьская ГПП (на сланцы)					
40	29-сл	Уголь	321,1–321,35	0,25	gs
		Уголь	322,65–322,9	0,25	
41	30-сл	Глина углистая	314,7–315,0	0,3	gs
		Глина углистая	324,25–324,6	0,35	
		Глина углистая	336,6–337,2	0,4	

Стратиграфические индексы: bb – бобриковский горизонт; gs – гостовский горизонт

Лельчицкая площадь. Отложения нижневизейского подъяруса визейского яруса нижнего карбона на Лельчицкой площади юга Припятского прогиба вскрыты в 1981 г. скважиной 1, пробуренной партией № 49 Кировского производственно-геологического объединения (ПГО). При дальнейших поисковых работах (1981–1989 гг.) впервые для данной площади в верхней части каолиновой толщи нижнего карбона (рис. 1) обнаружены угленосные образования. Они установлены на глубинах от 70,4 м (скв. 145) до 533,4 м (скв. 218) в разрезах 46 скважин, неравномерно распределенных по площади. Основное их количество (30) пробурено на Северном угленосном участке, где установлены наиболее кондиционные пласты углей. Из них 24 скважины вскрыли угли на глубинах до 200 м [30] (табл. 3).

В 2008–2009 гг. ГП «БЕЛГЕО» дополнительно осуществила вначале геологоразведочные, а в 2010–2013 гг. – поисково-оценочные работы на доизучение угольной залежи на Северном участке Лельчицкой площади. Было пробурено 55 скважин, из которых 46 вскрыли пласты углей (6 из них помещены в таблице 3). Обобщение ранее полученных и новых материалов позволило авторам данной статьи построить уточненную структурную карту поверхности нижневизейских отложений Лельчицкой площади с контуром угольной залежи в масштабе 1 : 100 000 (рис. 3) и карту суммарных мощностей бурого угля в нижневизейских отложениях Лельчицкой площади в масштабе 1 : 50 000 (рис. 4).

Таблица 3 – Угли нижневизейских отложений визейского яруса нижнего карбона Лельчицкой площади Припятского прогиба (по материалам партии № 49 Кировского ПГО и БЕЛГЕО)

№ п/п	№ Скв.	Глубина, м	Мощность угольного пласта, м	Возраст	Суммарная мощность углей, м
1	2	3	4	5	6
1	39	110,0–117,5	7,5	bb	7,5
2	106	112,5–113,5	1,0	bb	7,4
		121,6–126,1	4,5		
		142,0–143,9	1,9	gs	
3	113	77,4–78,0	0,6	bb	4,6
		93,3–93,8	0,5		
		94,3–95,0	0,7		
		95,6–96,6	1,0		
		97,2–99,0	1,8		

Продолжение табл. 3

№ п/п	№ Скв.	Глубина, м	Мощность угольного пласта, м	Возраст	Суммарная мощность углей, м
4	114	77,2-78,2	1,0	bb	5,2
		78,7-79,2	0,5		
		93,6-94,6	1,0		
		95,1-95,7	0,6		
		96,3-97,4	1,1		
		98,0-99,0	1,0		
5	115	98,3-100,0	1,7	bb	7,8
		108,0-109,0	1,0		
		109,6-110,9	1,3		
		111,6-113,2	1,6		
		132,0-134,2	2,2	gs	
6	116	114,6-116,4	1,8	bb	7,3
		121,5-122,0	0,5		
		124,9-125,4	0,5		
		137,4-141,9	4,5	gs	
7	117	80,8-82,2	1,4	bb	3,4
		82,9-83,7	0,8		
		84,2-85,4	1,2		
8	118	88,8-90,6	1,8	bb	5,1
		90,8-91,2	0,4		
		92,8-93,6	0,8		
		94,0-95,0	1,0		
		96,4-97,5	1,1		
9	119	114,2-115,0	0,8	bb	3,3
		124,5-127,0	2,5	gs	
10	137	446,1-446,9	0,8	bb	3,7
		453,5-455,2	1,7		
		455,8-457,0	1,2		
		469,7-470,5	0,8	gs	
11	138	501,6-502,4	0,8	bb	5,2
		506,0-506,5	0,5		
		511,7-512,2	0,5		
		513,7-517,1	3,4		
12	145	70,4-72,0	1,6	bb	9,8
		79,8-82,4	2,6		
		82,9-83,7	0,8		
		94,6-96,0	1,4		
		96,6-97,5	0,9		
		98,0-99,3	1,3		
		100,6-101,8	1,2		
13	146	104,4-105,0	0,6	bb	5,0
		106,5-108,7	2,2		
		109,2-110,0	0,8		
		120,0-121,4	1,4	gs	
14	148	348,5-349,2	0,7	bb	0,7
15	150	296,6-297,0	0,4	bb	2,1
		298,0-299,7	1,7		
16	151	298,0-300,9	2,9	bb	5,8
		302,3-302,7	0,4		
		308,2-308,6	0,4		
		314,8-315,4	0,6		
		322,0-324,3	2,3		
17	204	130,5-132,0	1,5	bb	1,5

ГЕАЛОГІЯ

Продолжение табл. 3

№ п/п	№ Скв.	Глубина, м	Мощность угольного пласта, м	Возраст	Суммарная мощность углей, м
18	206	78,0–80,0	2,0	bb	8,4
		91,2–93,0	1,8		
		94,0–94,8	0,8		
		95,3–97,0	1,7		
		98,9–101,0	2,1		
19	207	111,0–111,6	0,6	bb	4,4
		113,6–114,4	0,8		
		115,0–116,2	1,2		
		117,1–117,9	0,8		
		118,6–119,6	1,0		
20	208	161,8–164,0	2,2	bb	5,9
		164,5–165,8	1,3		
		166,4–167,4	1,0		
		168,2–169,6	1,4		
21	213	182,0–184,0	2,0	bb	5,3
		185,0–186,0	1,0		
		187,0–189,3	2,3		
22	214	241,5–245,5	4,0	bb	11,2
		246,0–251,8	5,8		
		253,0–254,4	1,4		
23	215	175,0–178,0	3,0	bb	8,6
		178,8–182,0	3,2		
		183,0–185,4	2,4		
24	216	293,4–303,8	10,4	bb	12,2
		305,2–307,0	1,8		
25	218	528,0–532,0	4,0	bb	4,6
		532,8–533,4	0,6		
26	354-сл*	100,1–100,9	0,8	bb	10,9
		122,5–129,3	6,8		
		129,8–132,7	2,9		
		133,3–133,7	0,4		
		136,5–136,8	0,3		
27	395	154,8–155,3	0,5	bb	1,0
		170,5–171,0	0,5	gs	
28	396	190,0–192,6	2,6	bb	4,5
		193,0–194,9	1,9		
29	397	241,4–244,6	3,2	bb	4,9
		245,0–246,7	1,7		
30	398	250,0–250,4	0,4	bb	6,7
		251,0–253,0	2,0		
		253,4–255,9	2,5		
		256,3–258,1	1,8		
31	399	287,6–291,8	4,2	bb	7,8
		292,2–294,5	2,3		
		296,6–297,9	1,3		
32	400	117,2–117,6	0,4	bb	3,2
		121,2–124,0	2,8		
33	555	278,4–280,4	2,0	bb	3,9
		298,4–300,3	1,9		
34	563	346,6–348,5	1,9	bb	1,9

Окончание табл. 3

№ п/п	№ Скв.	Глубина, м	Мощность угольного пласта, м	Возраст	Суммарная мощность углей, м
35	564	129,7–130,3	0,6	bb	10,1
		130,8–134,4	3,6		
		136,7–140,2	3,5		
		140,9–141,4	0,5		
		144,0–145,9	1,9		
36	566	354,4–355,6	1,2	bb	2,0
		358,5–359,3	0,8		
37	567	324,5–326,6	1,1	bb	1,1
38	569	403,8–404,3	0,5	bb	2,9
		418,1–420,0	1,9		
		422,2–422,7	0,5		
39	570	440,0–443,0	3,0	bb	3,0
40	571	96,6–97,6	1,0	bb	1,0
41	572	78,6–79,8	1,2	bb	4,2
		82,0–83,0	1,0		
		99,4–101,4	2,0	gs	
42	573	86,7–87,5	0,8	bb	0,8
		98,3–98,7	0,4		
		99,0–100,2	1,2		
		111,8–114,8	3,0	gs	
43	4-г**	147,3–149,3	2,0	bb	12,8
		170,0–171,4	1,4		
		171,8–175,2	3,4		
		175,6–179,1	3,5		
		179,5–182,0	2,5		
44	8-уб**	204,8–205,5	0,7	bb	13,8
		221,8–226,2	4,4		
		228,8–230,4	1,6		
		234,1–235,2	1,1		
		235,8–241,8	6,0		
45	140	251,0–252,4	1,4	bb	3,3
		253,7–254,1	0,4		
		261,7–262,4	0,7		
		274,2–275,0	0,8		
46	141	309,8–310,3	0,5	bb	2,5
		317,6–319,0	1,4		
		319,4–320,0	0,6		
47	152	254,8–255,7	0,9	bb	4,1
		263,4–264,8	1,4		
		266,2–266,9	0,7		
		284,9–286,0	1,1		
48	135	281,5–284,4	2,9	bb	2,9
49	136	389,2–392,2	3,0	bb	3,0

* скважина пробурена БелГРЭ на сланцы

** скважины, пробуренные БЕЛГЕО

Стратиграфические индексы: bb – бобриковский горизонт; gs – гостовский горизонт

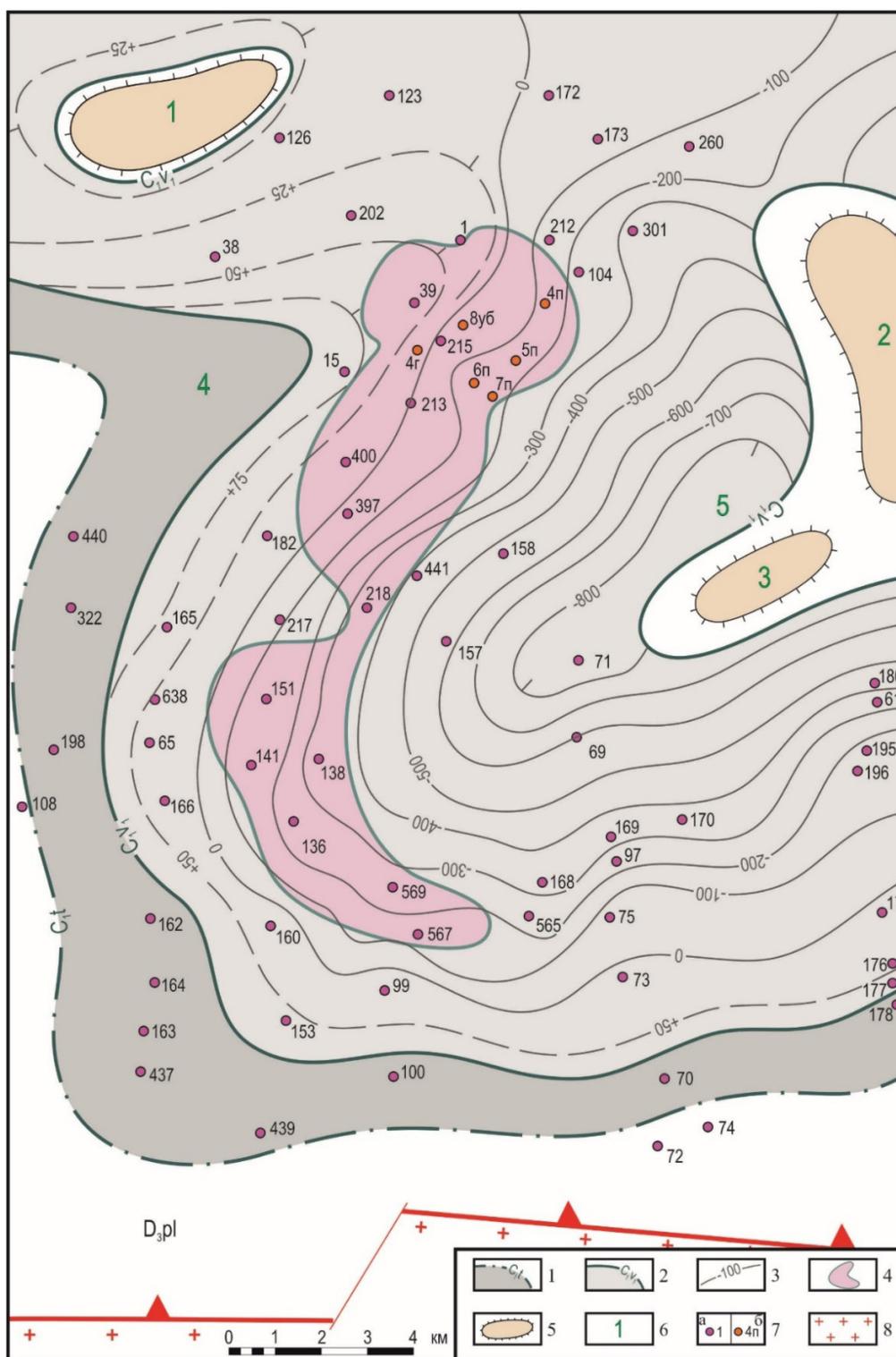


Рисунок 3 – Структурная карта поверхности отложений нижневизейского подъяруса нижнего карбона Лельчицкой площади Припятского прогиба с контуром угольной залежи

1 – граница распространения отложений турнейского яруса; 2 – граница распространения отложений нижневизейского подъяруса; 3 – изогипсы поверхности отложений нижневизейского подъяруса; 4 – Лельчицкая буроугольная залежь; 5 – локальные поднятия верхнедевонской соленосной толщи; 6 – локальные структуры:

1 – Дубровская брахиантиклиналь, 2 – Стодоличская брахиантиклиналь, 3 – Ольховская брахиантиклиналь, 4 – Боровский структурный нос, 5 – Восточно-Дубровская брахисинклиналь; 7 – скважины: а – партии № 49 Кировского ПГО (на редкие элементы и бурый уголь карбона), б – БЕЛГЕО (на уголь карбона); 8 – кристаллический фундамент (Украинский щит)

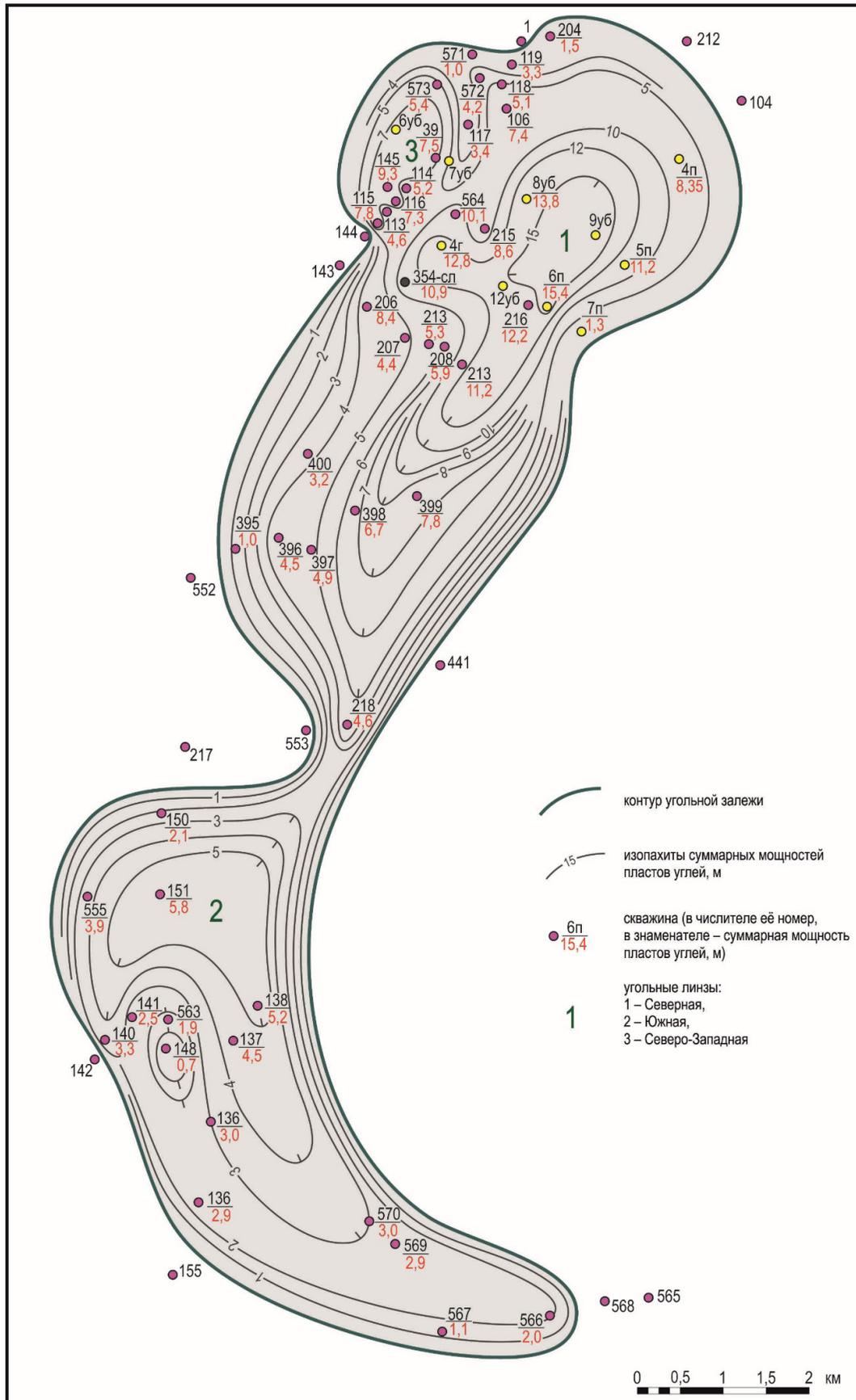


Рисунок 4 – Карта суммарных мощностей бурого угля в нижневизейских отложениях Лельчицкой площади Припятского прогиба

Угленосные породы залегают в песчано-глинистой толще гостовско-бобриковского возраста раннего визе раннего карбона. Основная угленосность приурочена к образованиям бобриковского горизонта, выделенного Г.И. Кедо и В.К. Голубцовым [6] и соответствующего IV пачке-циклу каолиновой толщи на Заозерной площади. Бобриковский возраст пород, вмещающих угли, подтвержден В.И. Авхимович и Г.Н. Сахаровой по изученным спорам из скважин Кировского ПГО: 116 (инт. 104,2–124,3 м), 117 (79,6–85,6 м), 118 (79,0–94,6 м), 213 (гл. 188,0 м), 354-сл (92,0–125,3 м). Мощность отложений горизонта составляет до 57,6 м (скв. 354-сл). Нижележащие образования отнесены к гостовскому горизонту. Они полностью пройдены всего несколькими скважинами, имеют мощность до 131,3 м (скв. 396) и вмещают несколько небольших линз углей в самой верхней части разреза.

В последующее время бобриковский возраст пород был подтвержден З.М. Клименко по образцам из скважин БЕЛГЕО: 4-г (инт. 148,0–192,4 м), 6-уб (84,5–91,2 м), 7-уб (90,9–137,1 м), 8-уб (201,0–244,5 м), 9-уб (386,6–397,6 м) и 12-уб (243,5–305,0 м).

Граница между гостовскими и бобриковскими образованиями постепенная, т.к. бобриковская толща обычно наращивает полный разрез гостовских пород. Поверхность описываемых нижневизейских отложений эрозийная, и на Лельчицкой площади ее перекрывают с размывом разновозрастные породы – от нижнетульских до палеогеновых.

Угольная залежь расположена на западном окончании центриклинали Южно-Ельской синклинали зоны, прилегающей к восточному склону Боровского структурного носа. Он оконтурен изогипсами от +25 до +75 м и имеет амплитуду 50 м. Залежь имеет подковообразную форму шириной от 2 до 4,5 км и длиной 18 км. Ее площадь составляет 47,19 км². В северной части она ориентирована субмеридионально, а в южной – субширотно. Абсолютные отметки поверхности нижневизейских отложений колеблются от +75 м в своде Боровского поднятия до –800 м в Восточно-Дубровской брахисинклинали, примыкающей к западному окончанию Ельского соляного вала, осложненного Стодо-

личской и Ольховской соляными брахиантиклиналями. Угольные пласты погружены в сторону Восточно-Дубровской брахисинклинали, образуя ряд изгибов с уклоном от 50 до 180 м на 1 км, т.е. падают под углом от 2,8 до 10°. Они не затронуты разрывными нарушениями, но могут выпадать из разреза на локальных участках вследствие их размыва или фациального замещения терригенными породами [30].

Западное центриклинальное замыкание Южно-Ельской синклинали зоны на рисунке 3 выделяется в виде структурного залива, огибающего западное окончание Ельского вала и осложненного Восточно-Дубровской брахисинклиной. В связи с этим угольная залежь приобрела подковообразную форму с восточным наклоном слоев. В раннем визе в пресноводном водоеме на месте угольной залежи размещалась Восточно-Дубровская первичная компенсационная брахисинклинали, в которой происходило образование угленосных отложений. В последующее время под действием соляной тектоники, особенно в перми – триасе, ось компенсационной брахисинклинали сместилась ближе к западному окончанию Ельского вала, осложненного вышеуказанными соляными поднятиями с образованием Восточно-Дубровской вторичной компенсационной брахисинклинали. В результате угольная залежь оказалась расположенной на борту этой структуры.

В разрезе бобриковского горизонта содержится от 1 до 7 пластов угля. Глубина залегания угольных пластов на Северном участке изменяется от 70,4 м (скв. 145) до 533,4 м (скв. 218), а на Южном – от 251,0 м (скв. 140) до 517,1 м (скв. 138) (табл. 3). Мощность угленосной толщи составляет от 4,6 м (скв. 117) до 33,6 м (скв. 354). Угли переслаиваются пачками песчаников и глин мощностью от 0,4 до 21,6 м. Основной (нижний) угольный пласт (пласт М) повсеместно распространен в пределах угольной залежи, участками расщепляется на пачки М1 и М2 (буквой М пласты обозначили геологи БЕЛГЕО) и замещается прослоями песков и глин (табл. 4). Мощность отдельных пластов изменяется от 0,5–2 до 8–10 м.

Таблица 4 – Угольные пласты бобриковских отложений визейского яруса нижнего карбона и их мощность в скважинах восточной угленосной части Лельчицкой площади Припятского прогиба (по материалам БЕЛГЕО)

№ скважины	Глубина скважины, м	Абсолютная отметка устья, м	Угольный пласт				Суммарная мощность пластов углей	Зольность в пересчете на сухую навеску по ГОСТ 95-27313, А ^с , %
			Номер пласта	Интервал залегания		Мощность, м		
				от	до			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4п	446	132,51	M2	375,20	378,40	3,20	8,35	75,77
			M1	411,30	416,45	5,15		21,69
5п	506	133,00	Mп	173,75	175,25	1,5	11,2	41,99
				449,90	450,30	0,40		50,08
				451,50	451,90	0,40		62,59
			M2	449,25	449,50	0,25		32,10
			M1	454,15	458,70	4,55		30,28
6п	396	133,26	Mп	145,30	147,90	2,60	15,4	54,55
				331,60	332,80	1,20		22,11
			M2	339,80	346,00	6,20		21,23
			M1	358,60	364,00	5,40		30,80
7п	500	133,00	Mп	448,10	448,45	0,35	1,3	62,77
				447,50	448,10	0,60		45,56
				448,45	448,80	0,35		68,59

Примечание – М, М1, М2 – рабочие угольные пласты, по которым подсчитаны запасы, Мп – прочие, выделенные в разрезе угольные слои, не включенные в подсчет запасов

В Лельчицкой угольной залежи по суммарной мощности пластов углей выделяется три линзы: Северная, Северо-Западная и Южная. В Северной линзе отмечается наибольшая суммарная мощность углей – от 7,0 до 15,4 м (скв. 6-п), в Северо-Западной она равна 7 м, а в Южной – изменяется от 3 до 5 м (рис. 4). Средняя суммарная мощность углей на Северном участке залежи определяется в 6,7 м.

Угольные пласты гостовского горизонта, как и в разрезах Заозерной площади (скв. Движки 22-у и др.), залегают в самой верхней его части. Они образуют несколько небольших линз преимущественно на северо-западном участке залежи. Угли часто выклиниваются и замещаются каолиновыми глинами и песками.

По особенностям геологического строения угленосная площадь относится ко 2-й группе, т. е. площади с мощными пластами и выдержанными пластами средней мощности с пологим ненарушенным или слабо нарушенным залеганием [5]. По степени метаморфизма угли относятся к бурым [30].

Объем запасов бурого угля на Северном участке залежи предварительно оценен в 110 млн т. Про-

гнозные ресурсы всего Лельчицкого углепроявления составляют около 250 млн т [21; 30].

Гостовско-бобриковские угли по способу накопления являются автохтонными (образовались из растений на месте их произрастания). Они образовались из остатков высших растений, но в них присутствует значительное количество оболочек микроспор и обрывков бугорчатых макроспор, сцементированных гелифицированными и фюзенизированными тканями. Минеральная примесь представлена дисперсным глинистым материалом и редкими зернами кварца. В петрографической классификации [18, с. 47–57] они относятся к группе гумолитов, классам гелитолитов (гелиты и гелититы), липоидолитов (липоидиты и липоидтиты) и микрогумолитов (микрогумиты). По степени преобразования основного углеобразующего вещества [17], а также согласно материалам Л. Ф. Ажгиревич и др. [19; 31] наиболее часто встречаемыми в гостовско-бобриковских отложениях Припятского прогиба являются угли подклассов гелитов, гелититов

и особенно микрогумитов, для которых характерно отсутствие резкого преобладания какой-либо группы микрокомпонентов [30].

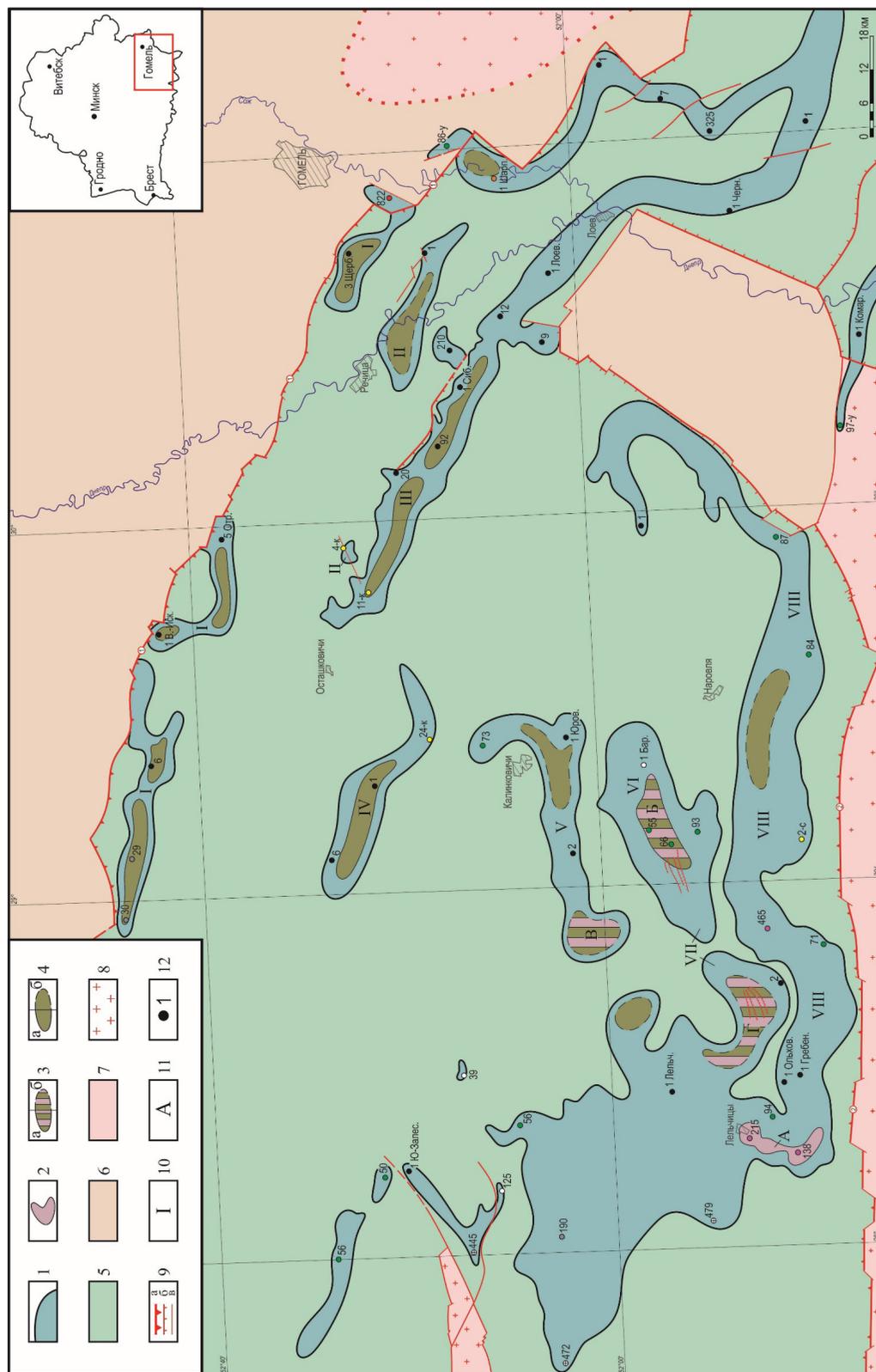
Все органические микрокомпоненты бурых углей подразделяются на три группы: гуминита (гелифицированные), инертинита (фюзенизированные) и липтинита (липоидные). Согласно описанию образцов угля из скважин партии № 49 Кировского ПГО: скв. 39 (обр. 5, гл. 110,0–118,5 м), 106 (обр. 16, гл. 121,0 м; обр. 19, гл. 126,0 м), 113 (обр. 23, гл. 97,5–98,0 м) и 116 (обр. 25, гл. 134,0–138,0 м), группу гуминита составляют микрокомпоненты подгрупп гумодетринита и гумоколлинита, сложенные фрагментами тканей растений и лишенные клеточного строения. Группа инертинита представлена отдельными линзами и фрагментами семифюзенита, фюзенита и инертодетринита. Группа липтинита представлена споринитом (30–60 %) и кутинитом [30].

Качество угля определялось в лаборатории тематической экспедиции «Укруглегеология» по шести ядерным пробам из скв. 145 и скв. 146 партии № 49, расположенных на Северном участке угольной залежи. По результатам анализов влажность (W^d) составляет 5,0–8,8 %, средняя зольность (A^d) равна 34 %, выход летучих веществ (V^{daf}) – 43,2–44,9 %, содержание общей серы (S_t^d) – 1,5–3,5 %, выход битумов (B_i^d) – 0,2 %, теплота сгорания (Q_s^{daf}) – 27,2–28,9 МДж/кг (6485–6885 ккал/кг). Кажущаяся плотность (d_a) угля равна 1,18 [30].

Согласно материалам поисково-оценочных работ БЕЛГЕО на Северном участке (2010–2013 гг.) уголь Лельчицкой залежи по качеству относится к переходной технологической группе, находящейся между группами БЗ (плотный маловлажный бурый уголь) и Д (длиннопламенный каменный уголь). Его расчетная рабочая теплота сгорания составляет 3500–4000 ккал/кг, зольность – 11–37 %, влажность – 9–14 %, содержание серы – до 1,5–2,8 %. По основным показателям качества он соответствует углям Челябинского угольного бассейна, а также тарбоганской серии Кузбасса, широко используемым для энергетических целей [21]. Отметим, что угли Лельчицкой залежи обводнены, что предопределяет необходимость их осушения перед обработкой. Угли основного пласта и пачек даже в пределах Северного участка заметно различаются по величине зольности. Высокая зольность и доля терригенной составляющей в составе общей золы обусловлены расположением Лельчицкой площади в непосредственной близости к Украинскому кристаллическому щиту, являющемуся основным источником поступления терригенного материала в Припятский прогиб.

Помимо двух названных площадей, залегание бобриковских отложений с углепроявлениями предполагается на Восточно-Казимировской и Южно-Софиевской площадях, расположенных в западных частях Предсколодинской и Северо-Ельской синклинальных зон соответственно. На этих площадях по сейсмическим данным выделяются одноименные межкупольные поднятия типа «щита черепахи» с повышенными мощностями отложений карбона, в том числе нижнего визе [15; 26].

Наличие отдельных участков в Южно-Ельской (Лельчицкая площадь), Северо-Ельской (Заозерная и Южно-Софиевская площади) и Предсколодинской (Восточно-Казимировская площадь) синклинальных зонах с доказанными или предполагаемыми отложениями бобриковского горизонта отличает их от остальных синклинальных зон Припятского прогиба, в которых отложения нижнего визе имеют небольшие мощности и представлены образованиями гостовского горизонта, включающего в основном первую (I) и вторую (II) пачки-циклы, и только в западной части Предречицкой синклинальной зоны (скв. Осташковичи 11-к) вскрыт полный разрез гостовских образований с тремя пачками-циклами (I, II, III), перекрытыми песчаниками нижней части четвертой (IV) пачки-цикла (бобриковский горизонт). В образцах глин из III пачки палеонтологические определения (спорово-пыльцевой анализ) выполнили Г.И. Кедо и Г.Н. Сахарова [25]. В нижней части III пачки отмечен прослой углистой глины (0,1 м), а в средней залегают два прослоя угля мощностью до 0,1 м. Гостовский возраст пород подтвержден также в разрезах скв. Протасы 29-сл и скв. Зеленковичи 30-сл, пробуренных в западной части Предберезинской синклинальной зоны на севере Припятского прогиба. В образцах глин из этих скважин определение спор выполнили В.И. Авхимович и Г.И. Кедо. Они выделили в образованиях нижнего визе только первую и вторую пачки-циклы гостовского горизонта, трансгрессивно перекрытого отложениями тульского горизонта верхневизейского подъяруса. В скв. Протасы 29-сл в средней части второй пачки отмечены два прослоя угля мощностью до 0,2 м, а в скв. Зеленковичи 30-сл в нижней и средней частях той же пачки залегают несколько прослоев углистых глин мощностью от 0,3 до 0,4 м [28], и все они относятся к второстепенным углепроявлениям. В остальных синклинальных зонах прогиба гостовские отложения выделены с использованием каротажных диаграмм в сравнении с изученными разрезами скв. Протасы 29-сл и скв. Зеленковичи 30-сл, на карте также показаны в качестве предполагаемых второстепенных углепроявлений (рис. 5).



Рисунк 5 – Угленосность нижневизейских отложений Припятского прогиба с элементами палеогеоморфологии
Условные обозначения к рисунку 5

1 – граница распространения нижневизейских отложений; 2 – Лельчицкая буротулльная залежь; 3 – контуры утлепроваўленій в отложениях нижнего визе (а – установленные, б – предполагаемые); 4 – контуры утлеистых глин с прослоями угля в отложениях нижнего визе (а – установленные, б – предполагаемые); 5 – аккумулятивная низменная равнина; 6 – эрозонная приподнятая равнина; 7 – высокая суша; 8 – выступы кристаллического фундамента; 9 – разломы: а – краевые суперрегиональные (1 – Северо-Припятский, 2 – Южно-Припятский), б – региональные, в – прочие; 10 – синклинали: I – Предбрезинская, II – Предпервомайская, III – Предрицкая, IV – Предчервонослободская, V – Предсколодинская, VI – Преднаровлянская, VII – Северо-Ельская, VIII – Южно-Ельская; 11 – утлепроваўленія: А – Лельчицкое, Б – Заозерное, В – Восточно-Казимировское, Г – Южно-Софлевское; 12 – скважина и ее номер

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА В РАННЕВИЗЕЙСКОЕ ВРЕМЯ

В конце позднего турне и раннем визе происходил подъем Восточно-Европейской платформы (ВЕП). В результате регрессии позднепалеозойского моря территория Беларуси (включая Припятский прогиб) превратилась в сушу [3]. В раннем визе (346,7–341,44 млн лет назад) в течение 5,26 млн лет [33] в Припятском прогибе происходило накопление осадков и образование терригенной каолинитово-угленосной пестроцветной формации, сложенной песчаными и глинистыми породами с прослоями бокситов, давсонита и углей [2]. Они формировались в континентальных условиях в пресноводных озерных водоемах и речных долинах. Припятский прогиб представлял собой, по-видимому, еще грабен, ограниченный малоамплитудными приподнятыми бортами Северо- и Южно-Припятского краевых разломов, между которыми располагалась низменная аккумулятивная равнина (рис. 5). К северу от Северо-Припятского разлома находилась повышенная суша, а к югу от Южно-Припятского – выделялась высокая суша, Украинский кристаллический щит.

Распределение мощностей и литологические особенности гостовско-бобриковских образований Припятского прогиба дают основание предположить, что рассматриваемые отложения представляют собой сохранившиеся фрагменты древней озерно-аллювиальной системы ранневизейского возраста [27].

Погребенные палеодолины раннекаменноугольной эпохи известны на территории Подмосквового и Тимано-Печорского бассейнов, Волго-Уральской области, Днепровско-Донецкого прогиба и других регионов ВЕП [3; 6; 12; 13; 32].

В пределах Днепровского прогиба погребенную речную палеосистему проследили А. Е. Лукин и Г. И. Вакарчук в работе [12], изобразив ее на карте мощностей и фаций отложений бобриковского горизонта. Они отметили, что юго-восточнее линии Радченки – Знаменка (к западу от Полтавы) и далее в Донецком прогибе гостовско-бобриковские песчано-глинистые отложения названной палеодолины сменяются морскими фациями, представленными известняками.

По сведениям В. С. Яблокова [32], Припятско-Днепровская палеосистема могла соединяться с крупной Боровичско-Сафоново-Брятинской речной палеосистемой, показанной им схематически в виде узкого контура, протягивающегося в меридиональном направлении от Тихвина к району Смо-

ленска и Гомеля, причем у Гомеля из-за отсутствия данных эта сеть не была прослежена.

На образование озерно-речной палеосистемы Припятского прогиба, помимо тектонических факторов, важное значение оказала палеогеографическая обстановка, существовавшая здесь в раннем визе.

В это время территория Припятского прогиба представляла собой низкую заболоченную равнину со значительным развитием лесов и кустарников, на которой установился денудационный режим и шло формирование коры выветривания, а также углепроявлений и пластов углей в отлагавшихся осадках в заболочивающихся водоемах [3; 30], расположенных в синклиналильных зонах (рис. 5). Море находилось далеко на востоке ВЕП, а в Припятско-Днепровском прогибе оно сохранялось в южной части Днепровского прогиба и в Донбассе. Господство теплого и влажного климата, близкого, по-видимому, к современному субэкваториальному, с выпадением большого количества осадков, способствовало заболочиванию местности и формированию озерно-речной сети.

Все депрессии Припятского прогиба, развивавшиеся при участии соляной тектоники в ранневизейское время, находились еще на стадии первичных компенсационных синклиналей и мульд, обособления же межкупольных поднятий типа «щита черепахи» тогда еще не произошло [26; 30]. В сводах этих поднятий в отложениях карбона и перми на Заозерной и других площадях прогиба в раннем триасе образовались локальные разрывы, которые возникли в результате растяжения слоев под действием соляной тектоники [2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Составлена серия карт с углепроявлениями в нижневизейских отложениях разного масштаба для Заозерной и Лельчицкой площадей, а также Припятского прогиба в целом, на территории которого образования нижнего визе залегают в синклиналильных зонах, образующих погребенную озерно-речную сеть ранневизейского возраста. Для построения карт изучены разрезы более 1 000 скважин, составлена таблица их стратиграфического расчленения с наиболее характерными разрезами и таблицы угленосности нижневизейских образований Заозерной и Лельчицкой площадей прогиба.

На карте суммарных мощностей бурого угля в нижневизейских отложениях Лельчицкой площади в контуре изопахитами отрисованы три линзы суммарных пластов угля: Северная, Северо-Западная и Южная. Угли Северной линзы имеют про-

мышленнае значэнне, но іх добыча пака немагчыма з-за горнотэхнічных умоў (обводненасць, досыць вялікая глыбіня залегання і др.).

На карце магутнасцей адкладаў бобрыкоўскага гарызонта Заозернай плошчы паказана Заозерная сінкліналь, в осевой і прыосевой частях якой выдзяляецца некалькі разобценных угольных ліній у асноўным з адзіначнымі пластамі углей, не аб'яднаемых у угольную залежку, як на Лельчыцкай плошчы. Вскрытыя пласты углей не прадстаўляюць прамысловага інтарэса, но маюць важнае значэнне пры вывучэнні стратыграфіі, тэктонікі і палеагеаграфіі. Аконтурываючы сінкліналь ізопа-

хиты паказваюць, што гэтая адмоўная структура ў раннім візе фарміравалася на стадзіі першаснай кампенсацыйнай сінкліналі.

На карце угленаснасці ніжневізейскіх адкладаў Прыпяцкага прагіба паказаны Усходна-Казімірская і Южна-Софійская плошчы, на якіх могуць прысутнічаць углепраяўленні ў афармаваннях бобрыкоўскага гарызонта. У большасці выдзеленых сінклінальных зонаў залгаюць маломоцныя адклады гостовскага гарызонта, змяшчаючы прослойкі углістых глін з прослойкамі угля і прадстаўляючы сабой втораступенныя углепраяўленні.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Галубцоў, В. К.** Ніжнекаменнавугальныя адклады Прыпяцкага прагіну / В. К. Галубцоў // Весці АН БССР. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 1956. – № 3. – С. 71–84.
2. **Геалогія Беларусі** / А. С. Махнач [і др.]. – Мінск : Ін-т геол. навук НАН Беларусі, 2001. – 815 с.
3. **Голубцов, В. К.** Фации тэрыторыі Беларусі ў палеозое і раннім мезозое / В. К. Голубцов, А. С. Махнач. – Мінск : Изд-во АН БССР, 1961. – 182 с.
4. **Давсоніт Беларусі** / А. С. Махнач [і др.]. – Мінск : Ін-т геол. навук АНБ, 1995. – 162 с.
5. **Інструкцыя** па прымяненні Класіфікацыі запасаў к месцарождэнням углей і гаручых сланцаў. – М., 1983. – 47 с.
6. **Кедо, Г. І. О** востраге кааляінавай толцы ніжняга карбона Прыпяцкага прагіба / Г. І. Кедо, В. К. Голубцов // Геалогія заапада Усходна-Еўрапейскай платформы. – Мінск, 1981. – С. 92–102.
7. **Кедо, Г. І.** О стратыграфіі і спарова-пыльцевых комплексах ніжніх гарызонтаў карбона БССР / Г. І. Кедо // Докл. АН СССР. – 1957. – Т. 115, № 6. – С. 1165–1168.
8. **Кедо, Г. І.** Спарова-пыльцевая характарыстыка ніжніх гарызонтаў карбона БССР // Тр. ИГН АН БССР. – 1958. – Вып. 1. – С. 46–56.
9. **Кедо, Г. І.** Споры ніжняга карбона Прыпяцкага прагіба (яснопалянскі падъярус) / Г. І. Кедо // Палеаэнталогія і стратыграфія БССР. – Мінск, 1966. – Сб. 5. – С. 3–143.
10. **Конищев, В. С.** Соляная тэктоніка Прыпяцкага прагіба / В. С. Конищев. – Мінск : Наука і тэхніка, 1975. – 150 с.
11. **К стратыграфіі і літалогіі** ніжняга карбона Беларусі / Р. М. Пістрак [і др.] // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1956. – № 4. – С. 59–76.
12. **Лукин, А. Е. О** бобрыкоўскім гарызонце візейскага яруса Дняпроўска-Донецкай впадыны / А. Е. Лукин, Г. І. Вакарчук // Докл. АН СССР. – 1976. – Т. 227, № 4. – С. 939–942.
13. **Марковский, Н. И.** Палеагеаграфічныя ўмовы размяшчэння крупных залежэй нафты (на прымеры ніжняга карбона Русскай платформы) / Н. И. Марковский. – М. : Недра, 1965. – 339 с.
14. **Монкевич, К. Н.** Пермскія і трыасовыя адклады Прыпяцкага прагіба / К. Н. Монкевич. – Мінск : Наука і Тэхніка, 1976. – 102 с.
15. **Некаторыя** асабнасці строення надсолевых девонскіх і каменнаугольных адкладаў Прыпяцкага прагіба ў сувязі з перспектывамі іх нафтагазонаснасці / Р. Г. Гарэцкі [і др.] // Строеніе і развіццё платформеннага чехла Беларусі. – Мінск, 1976. – С. 47–54.
16. **Общая** стратыграфічная шкала [Электронны рэсурс] / ВСЕГЕИ : МСК, 2024. – Режим доступа: https://vsegei.ru/ru/about/msk/str_scale/os_scale-03-24.pdf. – Дата доступа: 11.03.2024.
17. **Петраграфія** углей СССР. Вещественно-петраграфічны склад угольных пластаў і якасць углей асноўных басейнаў СССР / пад ред. И. Б. Волковай. – Л. : Недра, 1986. – 248 с.
18. **Петраграфія** углей СССР. Асновы петраграфіі углей і метады углепетраграфічных даследаванняў / пад ред. И. Э. Вальца. – Л. : Недра, 1982. – 191 с.
19. **Полезныя** іскопаемыя Беларусі: к 75-летию БелНИГРИ / редкол.: П. З. Хомич [і др.]. – Мінск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528 с.

20. **Решения** Межведомственного регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы с региональными стратиграфическими схемами. Каменноугольная система (Л., 1988 г.). – Л., 1990. – 40 с., схемы.

21. **Степанов, В. А.** Состояние угольной сырьевой базы Республики Беларусь и перспективы ее развития / В. А. Степанов // Геология, поиски и освоение месторождений полезных ископаемых Беларуси. – Минск, 2010. – Вып. 3. – С. 140–144.

22. **Стратиграфические** схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: объясн. зап. / под ред. С. А. Кручека [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 282 с.+ приложение из 15 стратиграфических схем.

23. **Тектоника** запада Восточно-Европейской платформы / под ред. Р. Г. Гарецкого. – Минск : Навука і тэхніка, 1990. – 168 с.

24. **Тектоника** Припятского прогиба / под ред. Р. Г. Гарецкого. – Минск : Наука и техника, 1979. – 176 с.

25. **Толстошеев, В. И.** Давсонитовая залежь Северо-Золотухинской синклинали Припятского прогиба / В. И. Толстошеев // Докл. НАН Беларуси. – 2002. – Т. 46, № 6. – С. 90–95.

26. **Толстошеев, В. И.** Надсолевые девонские и каменноугольные отложения Припятского прогиба / В. И. Толстошеев. – Минск : Наука и техника, 1988. – 150 с.

27. **Толстошеев, В. И.** Особенности распространения малиновско-бобриковских отложений нижнего карбона Припятского прогиба / В. И. Толстошеев // Докл. АН БССР. – 1984. – Т. XXVIII, № 9. – С. 828–831.

28. **Толстошеев, В. И.** Стратиграфия и корреляция отложений визейского яруса нижнего карбона в северной части Припятского прогиба / В. И. Толстошеев, П. О. Сахарук // Літасфера. – 2023. – № 2 (59). – С. 14–26.

29. **Толстошеев, В. И.** Стратиграфия и корреляция отложений визейского яруса нижнего карбона в южной части Припятского прогиба / В. И. Толстошеев, П. О. Сахарук // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 24–37.

30. **Угленосность** гостовско-богучицких (визейских) отложений нижнего карбона Лельчицкой площади Припятского прогиба / Р. Г. Гарецкий [и др.] // Докл. АН Беларуси. – 1995. – Т. 39, № 6. – С. 87–90.

31. **Угленосность** каменноугольных и юрских отложений БССР / Л. Ф. Ажгиревич [и др.] // Твердые полезные ископаемые БССР. – Минск, 1970. – С. 79–91.

32. **Яблоков, В. С.** Перерывы в морском осадконакоплении и палеореки (в рифее – палеозое Русской платформы) / В. С. Яблоков. – М. : Наука, 1973. – 216 с.

33. **The ICS International Chronostratigraphic Chart** / K. M. Cohen [et al.] // Episodes. – 2013 (updated in 2024). – № 36. – P. 199–204.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 17.03.2025

Рэцэнзент Я. Г. Грыбiк

ВУГЛЯНОСНАСЦЬ АДКЛАДАЎ НІЖНЕВІЗЕЙСКАГА ПАД'ЯРУСА НІЖНЯГА КАРБОНУ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ

У. І. Талсташэў¹, Р. Г. Гарэцкі², П. А. Сахарук¹

¹Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»

Філіял «Інстытут геалогіі»

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

E-mail: polina.sakharuk@gmail.com

²Інстытут прыродакарыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі

вул. Ф. Скарыны, 10, 220076, Мінск, Беларусь

ГЕАЛОГІЯ

У артыкуле разгледжана вугляноснасць ніжневизейскіх адкладаў ніжняга карбону Прыпяцкага прагіну, якія залягаюць фрагментарна ў межах асобных заканчэнняў сінклінальных зон. Разгледжаныя адклады ўяўляюць сабой захаваныя фрагменты пахаванай азёрна-рачнай палеасістэмы ранневизейскага ўзросту. Асноўныя вуглепраяўленні ўстаноўлены ва ўтварэннях бобрыкаўскага гарызонту на Лельчыцкай і Заазёрнай плошчах, размешчаных у заходняй частцы Паўднёва-Ельскай і сярэдняй частцы Паўночна-Ельскай сінклінальных зон прагіну адпаведна. Другарадныя вуглепраяўленні адзначаны ў адкладах гостайскага гарызонту, якія залягаюць у асноўным са скарачанымі разрэзамі ў вылучаных заканчэннях сінклінальных зон. Ва ўтварэннях ніжняга візе пласты і праслой вуглёў і вуглістых глін утвараюць лінзы абмежаванага

распаўсюджвання з рэзка зменлівымі будовай і магутнасцю. Гостаўска-бобрыкаўскія вуглі ўтварыліся з рэштак вышэйшых раслін, на ступені метамарфізму яны адносяцца да бурых вуглёў групы Б3.

Ключавыя словы: каменнавугальная сістэма, ніжні аддзел, ніжневізейскі пад'ярус, Прыпяцкі прагін, вуглепраяўленні.

COAL CONTENT OF THE LOWER CARBONIFEROUS LOWER VISEAN DEPOSITS OF THE PRIPYAT TROUGH

V. Tolstoshev¹, R. Garetsky², P. Sakharuk¹

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

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

²Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
10 F. Skorina St, 220076, Minsk, Belarus

Coal content of the Lower Visean deposits of the Lower Carboniferous in the Pripyat Trough is considered in the article. The Lower Visean deposits occur fragmentarily within edge parts of synclinal zones and represent the preserved fragments of the buried lake-river paleosystem of the Early Visean age. The main coal occurrences were established in the formations of the Bobrik horizon in the Lelchitsy and Zaozernaya areas, located in the western part of the South-Yelsk and middle part of the North-Yelsk synclinal zones of the trough, respectively. Secondary coal occurrences were noted in the deposits of the Gostov horizon, mainly with reduced sections, located in the edge parts of the synclinal zones. In the Lower Visean formations, coal and carbonaceous clay beds and interlayers form lenses of limited distribution with highly variable structure and thickness. The Gostov-Bobrik coals were formed from the remains of higher plants; according to the degree of metamorphism, they belong to the brown coals of the B3 group.

Keywords: Carboniferous System, Lower Series, Lower Visean substage, Pripyat trough, coal occurrences.

УДК 561.394.75+57.073(476)

ИСКОПАЕМЫЕ РЕПРОДУКТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ ПАПОРОТНИКА AZOLLA LAMARCK ПОЗДНЕГО КАЙНОЗОЯ БЕЛАРУСИ

И. Д. Климович¹, Т. В. Якубовская²¹Белорусский государственный университет, биологический факультет
ул. Академика Курчатова, 10, 220045, Минск, Беларусь
E-mail: posket.klimovich@gmail.com²Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
Филиал «Институт геологии»
ул. Академика Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь
E-mail: tvyakub@tut.by

Приводятся результаты обобщения материалов по систематике, морфологии и распространению фоссилий репродуктивных структур папоротника *Azolla* позднего кайнозоя Беларуси. Дается описание мегаспоровых комплексов шести видов и вариантов у двух из них, выявленных в результате палеокарпологических исследований, а также таксонов, описанных по палинологическим данным.

Ключевые слова: олигоцен, неоген, Беларусь, палеокарпологические исследования, виды *Azolla*, морфология, стратиграфическая приуроченность.

ВВЕДЕНИЕ

Виды разноспоровых папоротников рода *Azolla* Lamarck известны в палеонтологической летописи Земли с позднего мела [17; 28; 31; 33]. Остатки их репродуктивных структур распространены на территории Евразии, Африки, Северной и Южной Америки в тропических и субтропических областях и в большинстве их местонахождения накладываются на ареалы 6 современных видов: *Azolla filiculoides* Lamarck, *A. cristata* Kaulfuss, *A. microphylla* Kaulfuss, *A. mexicana* Schlechtendal & Chamisso ex Kunze, *A. nilotica* Decaisne & Mettenius и *A. pinnata* R. Brown. Взгляды на объём рода у разных исследователей различаются, некоторые исследователи в качестве самостоятельного вида указывают *A. rubra* R. Brown, иные считают его разновидностью – *A. filiculoides* Lamarck var. *rubra* R. Brown.

Azolla – плавающие на поверхности воды гидрофиты, произрастающие ныне в пресноводных водоёмах со стоячей или слабо проточной водой. В современной флоре Европы присутствует инвазивный вид *A. filiculoides*, в природе распространённый в тёплоумеренных и тропических регионах Америки, Азии и Австралии. Многие палеоботаники приводят сведения о его распространении в Европе и Сибири в ископаемом состоянии [17; 28; 35].

Современные виды данного рода включены в две секции: *Azolla* G. H. Mettenius и *Rhizosperma* (Meyen) G. H. Mettenius. Их главное различие – число поплавок в составе мегаспорового комплекса – у *Rhizosperma* 9, расположенных в два яруса и сгруппированных по три: к трём верхним при-

креплены по два более мелких поплавок нижнего яруса; у *Azolla*, как правило, один основной ярус из 3 крупных поплавок. У представителей секции *Azolla* на поверхности массул имеются цепляющиеся выросты, или глохидии. У видов, составляющих секцию *Rhizosperma*, на массах образуются лишённые цепляющихся приспособлений трихомы. У всех *Azolla* в мегасорусе один мегаспорангий, собственно мегаспора одна, три (или девять) других видоизменены в полавки. В микросорусе обычно большое число микроспорангиев, содержащих 64 или 32 микроспоры, объединенные в массах [12].

На территории Беларуси в континентальных отложениях позднего кайнозоя обнаружены многочисленные остатки репродуктивных структур данного рода в углистых глинах и алевролитах верхнего олигоцена (страдубский и крупнейский горизонты), в глинах, алевролитах, в бурых и сапропелевых углях всего неогена и в глинистых и супесчаных отложениях плейстоцена (рис.). Такая тафономическая приуроченность остатков *Azolla* говорит об обитании видов геологического прошлого, как и современных видов, в стоячих водах озёр, речных заводей и стариц, в медленно текущих водах подпруженных рек.

Широким распространением остатков в ископаемом состоянии на территории Беларуси и определённой стратиграфической приуроченностью видов *Azolla* обусловлена актуальность темы исследования, а цель и задачи данной работы предопределены необходимостью публикации имеющихся сведений и формализации описаний репродуктивных

структур *Azolla* с применением современной терминологии, использованной в работах [17; 29; 34; 30].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Ископаемые остатки мегаспоровых комплексов видов *Azolla*, обсуждаемые в статье, собраны Т. В. Якубовской при изучении флоры позднего олигоцена, неогена и плейстоцена во время работы в бывшем Институте геохимии и геофизики Национальной академии наук Беларуси (1970–2008 гг.). Палеокарпологические коллекции, из которых отбирался материал для изучения, хранятся в приемнике академического института – Институте геологии (в отделе стратиграфии и тектоники), который является филиалом Государственного предприятия «НПЦ по геологии».

При описании морфологии ископаемых мегаспоровых комплексов проводилось их изучение в световом бинокулярном микроскопе МБС-10 и по фотографиям, полученным Т. В. Якубовской на электронном сканирующем микроскопе Jeol ISM-35. В результате опубликованные определения некоторых видов, сделанные при изучении в бинокулярном микроскопе, были изменены. Основой для

переописания мегаспоровых комплексов приняты монографические работы П. И. Дорофеева [11], П. А. Никитина [18; 19] и В. П. Никитина и А. В. Хвалы [17], сведения о современных видах почерпнуты в [12; 29; 30; 31; 34;].

Элементы микроспоров – массулы и микроспоры – описаны палинологом Т. Б. Рыловой как принадлежащие известным или выделенным ею новым видам [20]. Эти описания использованы авторами при характеристике видов, мегаспоровые комплексы которых выявлены вместе с охарактеризованными палинологическими объектами, а также в случаях, когда мы предполагаем их принадлежность к видам, известным по карпологическим остаткам. Для других видов, выделенных Т. Б. Рыловой, приводятся ссылки на их опубликование и некоторые замечания.

В статье даны описания следующих видов: *Azolla poltavica* P. A. Nikitin, *A. interglacialica* P. A. Nikitin, *A. pseudopinnata* P. A. Nikitin с вариантом *A. pseudopinnata* P. A. Nikitin var. *elegans* Dorofeev, *A. ventricosa* P. A. Nikitin, *A. aspera* Dorofeev с вариантом *A. aspera* Dorofeev var. *sulajensis* Dorofeev, *A. parvula* Dorofeev и показана их стратиграфическая приуроченность (рис.).

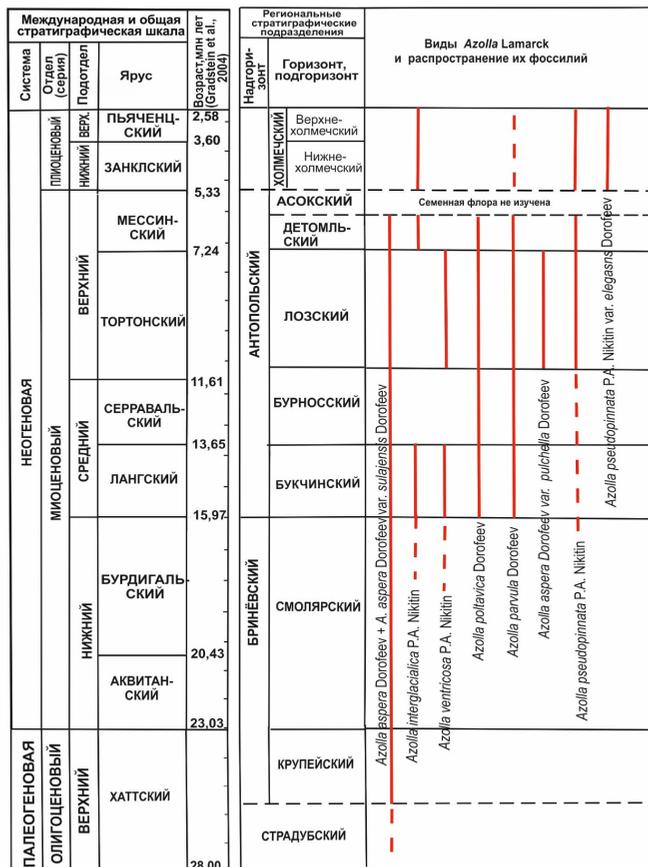


Рисунок – Стратиграфическая схема неогеновых отложений Беларуси [13; 21] и распространение остатков репродуктивных структур *Azolla* Lamarck в отложениях позднего кайнозоя Беларуси

Приводятся сведения о находках остатков *Azolla*, упоминаемых для территории Беларуси без точного определения видовой принадлежности, также о видах неясного систематического положения, описанных по остаткам массул.

В палеокарпологических коллекциях, хранящихся в Институте геологии, есть мегаспоровые комплексы *Azolla* с неточными определениями их видовой принадлежности, и в публикациях об ископаемой флоре территории Беларуси они упоминаются как *Azolla* sp. или как принадлежащие к той или иной секции этого рода. В настоящей статье эти находки не обсуждаются.

В работе использована стратиграфия неогеновых отложений Беларуси согласно схеме, опубликованной в 2010 г. [21], с изменениями и дополнениями 2019 г. [13]. Таксоны выше рода приводятся в соответствии с современной филогенетической систематикой папоротникообразных (PPG) [32].

Термины, принятые для описания репродуктивных структур *Azolla*

Вакуолярная стенка (вакуолизирующая) – тип стенки, в которой визуально различаются крупные, беспорядочно расположенные округлые полости.

Глохидии – лентообразные выросты массулы, часто имеющие якоревидную вершину (но возможны и другие ее формы) и не связанные с вакуолярной системой протоплазматического плазмодия.

Инфраспорий – часть мегаспорового комплекса, включающая собственно мегаспору и кольцообразный пояс вокруг её трёхлучевой вершины, служащий опорой для плавательного аппарата.

Колпачок – остатки плёнчатого индусия – покрывальце, сохраняющиеся на вершине мегаспорового комплекса и частично прикрывающее поплавок.

Массулы – затвердевшее вещество вакуолизирующего протоплазматического плазмодия сальвиниевых, в которое погружены микроспоры.

Мегаспоровый комплекс – комплекс, сформированный собственно мегаспорой, пояском, плавательным аппаратом и колпачком.

Плавательный аппарат – конический или куполовидный супраспорий из трех, девяти или изредка большего числа вакуолизированных поплавков, прикрепленных к расположенной по средней оси колонке из супраспорального войлока.

Поясок – кольцообразное разрастание периспория вокруг трёхлучевого рубца мегаспоры, более или менее выступающее над поверхностью инфраспория, гладкое или укрыто войлоком и служащее опорой для плавательного аппарата.

Супраспорий – часть мегаспорового комплекса, включающая поплавок, колонку, к которой они прикреплены, и колпачок.

Трихомы – нитеобразные заостренные выросты массулы, связанные с вакуолярной системой протоплазматического плазмодия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Систематика обсуждаемых в данной работе видов и подвидов

Отдел Polypodiophyta Cronquist, Takht. & W. Zimm.

Класс Polypodiopsida Cronquist, Takht. & W. Zimm.

Подкласс Polypodiidae Cronquist, Takht. & W. Zimm.

Порядок Salviniaceae Link

Семейство Salviniaceae Martinov, 1820.

Род *Azolla* Lamarck, 1783.

Секция *Azolla* G. H. Mettenius, 1847

1. *A. poltavica* Dorofeev, 1979.

2. *A. interglacialica* P. A. Nikitin, 1938, 1957.

Секция *Rhizosperma* (E. Meyen) G. H. Mettenius, 1847.

1. *A. aspera* Dorofeev, 1980.

2. *A. aspera* Dorofeev var. *sulajensis* Dorofeev, 1980.

3. *A. ventricosa* P. A. Nikitin ex P. I. Dorofeev, 1980.

4. *A. parvula* Dorofeev, 1980.

5. *A. pseudopinnata* P. A. Nikitin, 1957.

6. *A. pseudopinnata* P. A. Nikitin var. *elegans* Dorofeev, 1980.

Виды неясного положения

1. *A. goretzkyi* Rylova, 1980.

2. *A. machnatchae* Rylova, 1980.

3. *A. neogenica* Rylova, 1980.

4. *A. nemanensis* Rylova, 1980.

5. *A. bielorrussica* Rylova, 1980.

Виды и подвиды *Azolla*, определённые по мегаспоровым комплексам при палеокарпологических исследованиях

Секция *Azolla* G. H. Mettenius

***Azolla poltavica* Dorofeev, 1979**

Табл. I, фиг. 1, 1а; табл. III, фиг. 7

Azolla ucrainica: Дорофеев, 1969, с. 68, рис. 1, фиг. 1–3; рис. 2, фиг. 7–9.

Azolla ucrainica: Махнач, Рылова, 1977, с. 155, табл. I, фиг. 1, 2; табл. II, фиг. 1; Рылова, 1980, с. 98, табл. V, фиг. 1, 2; табл. VI, фиг. 1.

Azolla poltavica: Дорофеев, 1979, с. 1269, рис. 3, фиг. 6–13; рис. 8, фиг. 6–18; Якубовская, 1984, табл. I, фиг. 1–3.

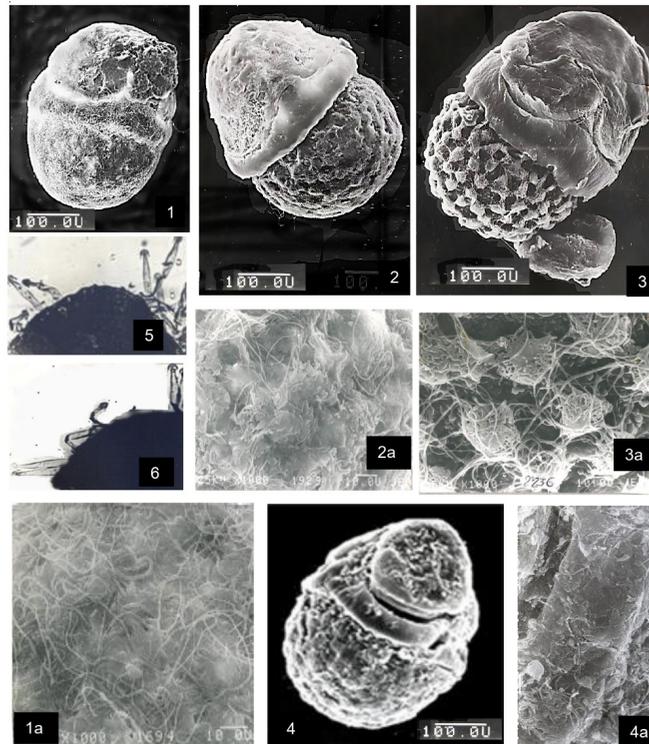
Описание. Мегаспоровый комплекс яйцевидный, реже эллипсоидальный, небольших размеров, 0,30–0,35 × 0,20–0,27 мм. Супраспорий и инфраспорий примерно равны по высоте и ширине. Колпачок приплюснутый, куполовидный, часто крепко сросшийся с поплавками. Поясок относительно широкий, плоский или выпуклый. Поплавки с полукруглым нижним краем. Поверхность инфраспория с невысокими бугорками, покрыта негустым войлоком или без него.

Массулы *A. poltavica* описаны Т. Б. Рыловой как *A. ucrainica* [14; 20] по экземпляру мегаспорового комплекса с массулами, определённого Т. В. Якубовской в отложениях среднего миоцена в скв. 120, д. Лозы, на гл. 123,3 м. Эта находка указана в списке флоры из этой скважины по анализам Т. В. Яку-

бовской, приведенным в работах Т. Б. Рыловой [20, с. 48, табл. 7]. В публикациях Т. В. Якубовской [23, с. 66, табл. 3; 24, с. 32, табл. 7], проводившей ревизию карпологических остатков перед опубликованием списков, эта находка не указана, так как была передана Т. Б. Рыловой.

Массулы (табл. I, фиг. 5) округлой, эллипсоидальной или неправильной формы, до 170 × 220 мкм. Диаметр трехлучевых микроспор в среднем 20–30 мкм. Лентовидных глохидий чаще 40, реже меньше, длина их до 65 мкм. Ширина основания глохидий в месте прикрепления к массуле 1–2 мкм, вершина их заканчиваются якоревидным вздутием с изогнутыми внутрь базально-латеральными концами. Перегородки чаще отсутствуют, но у отдельных экземпляров встречаются.

Таблица I – Репродуктивные структуры *Azolla* ex sect. *Azolla*



- 1 – *Azolla poltavica* Dorofeev, мегаспоровый комплекс, дер. Тонеж, скв. 7088, гл. 57,8–59,0 м, средний миоцен:
 1а – периспорий; 2 – *Azolla interglacialica* P. A. Nikitin, мегаспоровый комплекс, дер. Смолярка, скв. 13, гл. 76,0–84,6 м, нижний-средний миоцен: 2а – периспорий; 3 – *Azolla interglacialica* P. A. Nikitin, мегаспоровый комплекс, дер. Микелевщина, скв. 141, гл. 157,7 м, нижний плейстоцен (эоплейстоцен):
 3а – периспорий; 4 – *Azolla interglacialica* P. A. Nikitin, мегаспоровый комплекс дер. Корчѐво, обнажение, средний плейстоцен: 4а – поясок; 5 – *Azolla poltavica* Dorofeev, якоревидные глохидии, ×150 [Рылова, 1980, табл. V, фиг. 1];
 6 – *Azolla interglacialica* P. A. Nikitin (?), якоревидные глохидии, ×160 [Рылова, 1980, табл. VII, фиг. 1]

Замечания. Вид до 1979 г. приводился под названием *A. ucrainica* Dorofeev [11; 16]. Однако, как было установлено П. И. Дорощевым, *A. ucrainica* является синонимом к южноевропейскому виду *A. glabra* Dorofeev, распространенному в сармате.

Палеоэкологическая характеристика. Встречается в ассоциациях с *Salvinia petri* Dorofeev, *Brasenia pripiatensis* Dorofeev, *Aldrovanda clavata* Dorofeev и др. Вид, очевидно, типичный мезотермофит, на что указывает его появление в термическом

оптимуме среднего миоцена и его вымирание к началу плиоцена.

Стратиграфическое положение. Встречается в отложениях среднего и верхнего миоцена.

***Azolla interglacialica* P. A. Nikitin**

Табл. I, фиг. 2, 2а, 3, 3а, 4, 4а; табл. III, фиг. 8

Azolla interglacialica: П. Никитин, 1938, с. 151, табл. I, фиг. 1–2, 5–6.

Azolla filiculoides: Florschütz, 1938, p. 933, pl. XIX.

Azolla interglacialica: Якубовская, 1976, с. 225–226, табл. I, фиг. 5, 6.

Azolla interglacialis: Velichkevich, Zastawniak, 2006, p. 20, pl. 6, fig. 3–8; pl. 7, fig. 1–6.

Azolla interglacialica: Махнач, Рылова, 1977, с. 156, табл. III, фиг. 1; Рылова, 1980, с. 100, табл. VII, фиг. 1,

Azolla interglacialis: Якубовская, Литвинюк, Мотузко, 2014, с. 192, табл. I, фиг. 13–24.

Описание. Мегаспоровый комплекс яйцевидный или эллипсоидальный, размером 0,35–0,45 × 0,30–0,45 мм. Супраспорий по высоте равен или больше инфраспория, обе части комплекса равны по ширине. Колпачок глянцевый, коричневатый или чёрный. Поясок плоский или выпуклый, относительно широкий, гладкий. Поплавки округлые, с остатками индюзия. Поверхность собственно мегаспоры равномерно бородавчато-бугорчатая, реже сетчато-ямчатая, умеренно покрыта инфраспоральным войлоком.

Т. Б. Рыловой приводится описание как *A. interglacialica* единственной массулы (табл. I, фиг. 6) из отложений среднего миоцен, вскрытых скв. 120 у д. Лозы на гл. 123,3 м, в которых мегаспоровые комплексы вида не обнаружены. Массула имеет округлую форму, крупная, 268 × 294 мкм. Диаметр трехлучевых микроспор 22–37 мкм. Глохидии длиной до 100 мкм, в среднем 60–80 мкм. Форма их лентовидная, раздутая посередине. Основание узкое, шириной 1–2 мкм. Вершина представлена якоревидным вздутием со слегка изогнутыми внутрь базально-латеральными концами. Перегородки есть в числе до 4 или нет. На изображении фрагмента массулы, кроме якоревидных глохидий, виден вырост булавовидной формы, характерный для *A. goretzkyi*.

Замечания. Мегаспоровые комплексы из неогеновых отложений (табл. I, фиг. 2) мельче плейстоценовых (табл. I, фиг. 3, 4) и отличаются деталями строения – выпуклым поплавком, скульптурой поверхности мегаспоры. Более древние мегаспоровые комплексы определялись первоначально как *A. cf. interglacialica* [26, с. 81, табл. 2, с. 168, табл. II]. В отложениях нижнего плейстоцена встречаются обе формы или формы со смешанными признаками, как в Корчёво.

Ископаемые экземпляры с усохшим плавательным аппаратом, выделенные П. И. Дорофеевым [7, с. 92, рис. 1, фиг. 8–10] в венедской флоре у Гродно, описаны как *A. interglacialica* P. A. Nikitin var. Такая особенность отмечена Т. В. Якубовской у экземпляров в отложениях начала александрийского (лихвинского) межледникового Понеманья [22, рис. 14, табл. 1, фиг. 4–5] и Ф. Ю. Величкевичем при описании мегаспоровых комплексов из раннеплейстоценовой флоры Дворца [2]. Эта разновидность является микротермофитом в противоположность *A. interglacialica* – мезотермофиту собственно межледниковых периодов.

Вид морфологически неотличим от современного вида *A. filiculoides*, ввиду чего многие исследователи считают их синонимами. Однако наша точка зрения стоит в том, что это два разных вида, различающиеся как минимум ареалом и временем появления в пределах Европы.

Палеоэкологическая характеристика. Вид *A. interglacialica* отмечен в ассоциациях с большим спектром различных видов, особенно часто с *Salvinia*, *Pilularia*, *Potamogeton*. Мезотермофит, но встречается и в нетипичных для рода термических условиях как микротермофит в тафоценозах совместно с *Dryas octopetala* Linnaeus, *Salix herbacea* Linnaeus, *Betula nana* Linnaeus и других растений тундр и высокогорий [22].

Стратиграфическое положение. Вид на территории Беларуси определён разными исследователями в пограничных отложениях нижнего-среднего и всего верхнего миоцена, плиоцена, в плейстоцене – от начала до муравинского межледникового. В отложения голоцена его остатки неизвестны.

Секция *Rhizosperma* (Meyen) G. H. Mettenius
***Azolla aspera* Dorofeev, 1980**

Табл. II, фиг. 2, 2а; табл. III, фиг. 2

Azolla ventricosa var. *aspera*: Дорофеев, 1955, рис. 1, фиг. в, г.

Azolla ventricosa: Дорофеев, 1959, рис. 1, фиг. 14, 15.

Azolla aspera: Дорофеев, 1980, с. 305, рис. 3, 9–17; рис. 4, 1–25; рис. 9, фиг. 6–22; рис. 10, фиг. 1–25.

Azolla aspera: Никитин, Хваль, 2011, табл. XI, фиг. 1–4, табл. XII, фиг. 1–12, табл. L, фиг. 7.

Описание. Мегаспоровый комплекс эллипсоидальный, параллельно-крайний, размеры наших изученных экземпляров из олигоцена Греска, скв. 23 соответствуют типовым – 0,45–0,62 × 0,30–0,40 мм. Супраспорий и инфраспорий одинаковой высоты, ширина их варьируется. Нижние полавки крупные, трапециевидные с закруглёнными углами, перемычки широкие, сужающиеся кверху. Поясок узкий, прерывистый, с выразительным войлоком или совсем незаметен. Инфраспорий светло-серый, плотно усе-

ян сосочками с отдельными червеобразными выростами.

Палеоэкологическая характеристика. Остатки вида *A. aspera* из бурогольных отложений Греска встречены совместно с *Salvinia* sp., *Cariocaideia jugata* (Nikitin) Mai, *Brasenia* sp., *Decoden globosus* (E. M. Reid) P. Nikitin, *Nuphar* sp. и другими водно-болотными растениями [15]. В экологическом отношении принадлежит к теплоумеренной флоре.

Стратиграфическое положение. Описанные остатки этого вида приурочены к верхнеолигоцен-

вым отложениям, что позволяет считать его наиболее древним представителем рода на территории Беларуси.

***Azolla aspera* Dorofeev var. *sulajensis* Dorofeev, 1980**

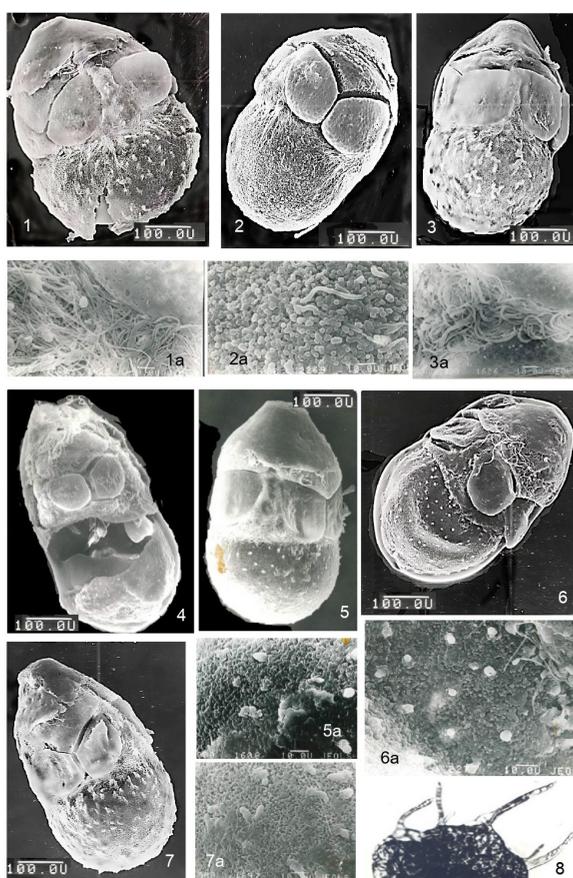
Табл. II, фиг. 3, 3а; табл. III, фиг. 3

Azolla sulajensis: Дорофеев, 1968, с. 69, рис. 1, фиг. 10–14; рис. 3, фиг. 1–3.

Azolla aspera var. *sulajensis*: Дорофеев, 1980, с. 305, рис. 4, фиг. 11–15; рис. 10, фиг. 1–10.

Azolla aspera var. *sulajensis*: Якубовская, 1984, с. 133, табл. I, фиг. 7–9.

Таблица II – Репродуктивные структуры *Azolla* ex sect. Rhizosperma



1 – *Azolla ventricosa* P. A. Nikitin, мегаспоровый комплекс, дер. Лозы, скв. 120, гл. 112 м, верхний миоцен; 1а – войлок на пояске и фрагмент нижнего поплавка; 2 – *Azolla aspera* Dorofeev, мегаспоровый комплекс, дер. Греск, скв. 23, гл. 106,0–106,8 м, верхний олигоцен – нижний миоцен; 2а – периспорий; 3 – *Azolla aspera* Dorofeev var. *sulajensis* Dorofeev, мегаспоровый комплекс, г. Белоозерск, скв. 8, гл. 58,5–70,6 м, средний миоцен; 3а – войлок на пояске, фрагменты нижнего поплавка и периспория; 4 – *Azolla parvula* Dorofeev, мегаспоровый комплекс, дер. Александрово, скв. 303, гл. 84,0–84,4 м, верхний миоцен; 5 – *Azolla pseudopinata* P. A. Nikitin, мегаспоровый комплекс, дер. Дворец, скв. 7, гл. 29,7–30,5 м, нижний плейстоцен (эоплейстоцен); 5а – периспорий; 6 – *Azolla pseudopinata* P. A. Nikitin, мегаспоровый комплекс, дер. Лозы, скв. 117, гл. 95,0–95,3 м, верхний миоцен; 6а – периспорий; 7 – *Azolla pseudopinata* P. A. Nikitin var. *elegans* Dorofeev, мегаспоровый комплекс, дер. Дворец, скв. 7, гл. 29,7–30,5 м, нижний плейстоцен (эоплейстоцен); 7а – периспорий; 8 – *Azolla netanensis* Rylova, массаула с трихомами, характерными для секции Rhizosperma, ×210 [Рылова, 1980, табл. XI, фиг. 1]

Описание. Мегаспоровый комплекс эллипсоидальный, 0,45–0,50 × 0,30–0,35 мм. Супраспорий по высоте равен инфраспорию или чуть выше его, у некоторых экземпляров шире инфраспория. Ниж-

ние полавки крупные, почти квадратные, плоские, верхние частично прикрыты колпачком. Поясок узкий, плоский, прерывистый, супраспорийный войлок слабо развит, но иногда закрывает поясок.

Поверхность инфраспория светло-серая или светло-коричневая, мелкоточечная, с червеобразными структурами.

Палеоэкологическая характеристика. Разновидность встречается в ассоциациях с *Pilularia miocenica* Dorofeev, различными *Salvinia*, *Alisma*, *Potamogeton*, а также с представителями рода *Azolla*: *A. poltavica*, *A. parvula*, *A. aspera*.

Стратиграфическое положение. Остатки *A. aspera* var. *sulajensis* выделены в отложениях среднего миоцена, вероятно, распространены гораздо шире. Так как не ясно, все ли остатки, определявшиеся на территории Беларуси до 1980 г. как *A. aspera*, П. И. Дорофеев перевёл в выделенный им вариант *A. aspera* var. *sulajensis*, распространение вида и варианта не удаётся уточнить, что и отражено на рисунке.

Замечания. В 1980 г. П. И. Дорофеев опубликовал валидное название ещё одного варианта вида *Azolla aspera* – *A. aspera* Dorofeev var. *pulchella* Dorofeev [11], который прежде описывался как самостоятельный вид *Azolla pulchella* Dorofeev. Именно под этим названием вид приводится Т. Б. Рыловой [20, с. 56, табл. 9] в списке определений П. И. Дорофеевым флоры из отложений, вскрытых скважиной 108 у д. Асоки, образец с гл. 131,90–

132,62 м. В публикации Т. В. Якубовской [24, с. 40, табл. 9] этот единственный экземпляр указан под названием *Azolla aspera* var. *pulchella*, его мегаспоровый комплекс из отложений среднего миоцена остался неизученным с помощью электронного микроскопа.

***Azolla ventricosa* P. A. Nikitin ex Dorofeev, 1980**

Табл. II, фиг. 1, 1а; табл. III, фиг. 1

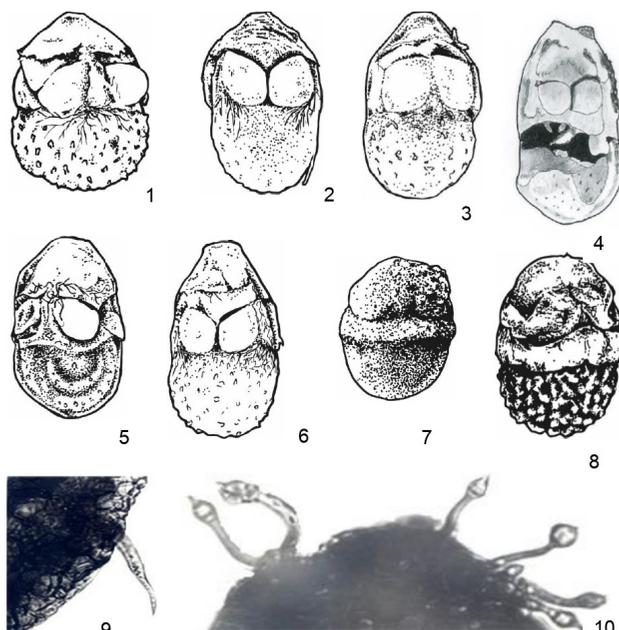
Azolla ventricosa: Дорофеев, 1959, табл. I, фиг. 11–13, 16.

Azolla ventricosa: Дорофеев, 1980, с. 304, рис. 3, фиг. 1–8; рис. 9, фиг. 1–5.

Azolla ventricosa: Никитин, Хваль, 2011 с. 41, 42, табл. XXI.

Описание. Мегаспоровый комплекс яйцевидный или эллипсоидальный, короткий, размеры нашего единственного описанного экземпляра 0,48 × 0,31 мм, он приведён как *Azolla* sp.1 в [24, с. 41, табл. 10]. Супраспорий по высоте чуть больше инфраспория. Нижние поплавки средних размеров, округлые и округло-угловатые, раздутые, в полтора раза меньше верхних, прикрытых колпачком до половины. Поясок слабо выражен, прикрыт волокнистыми выростами. Поверхность инфраспория мелкоточечная с червеобразными выростами.

Таблица III – *Azolla* Lamarck: мегаспоровые комплексы и фрагменты массул



1 – *Azolla ventricosa* P. A. Nikitin, дер. Лозы, скв. 120, гл. 112 м, верхний миоцен; 2 – *Azolla aspera* Dorofeev, дер. Греск, скв. 23, гл. 106,0–106,8 м, верхний олигоцен – нижний миоцен; 3 – *Azolla aspera* Dorofeev var. *sulajensis* Dorofeev, г. Белоозерск, скв. 8, гл. 58,5–70,6 м, средний миоцен; 4 – *Azolla parvula* Dorofeev, дер. Александрово, скв. 303, гл. 84,0–84,4 м, верхний миоцен; 5 – *Azolla pseudopinnata* P. A. Nikitin, мегаспоровый комплекс, дер. Лозы, скв. 117, гл. 95,0–95,3 м, верхний миоцен; 6 – *Azolla pseudopinnata* P. A. Nikitin var. *elegans* Dorofeev, дер. Дворец, скв. 7, гл. 29,7–30,5 м, нижний плейстоцен (эоплейстоцен); 7 – *Azolla poltavica* Dorofeev, дер. Тонеж, скв. 7088, гл. 57,8–59,0 м, средний миоцен; 8 – *Azolla interglacialica* P. A. Nikitin, дер. Микелевщина, скв. 141, гл. 157,7 м, нижний плейстоцен (эоплейстоцен); 9 – *Azolla pseudopinnata* P. A. Nikitin (?), фрагмент массулы с трихомой, ×280 [Рылова, 1980, табл. VIII, фиг. 2]; 10 – *Azolla goretskyi* Rylova, фрагмент массулы с булавовидными (копьевидными) трихомами, ×480 [Рылова, 1980, табл. IX, фиг. 1, табл. X, фиг. 1]. Увеличение рисунков в 120 раз

Замечания. Возможно, что к этому виду относятся описанные Т. Б. Рыловой фоссилии *A. neogenica* [14, с. 158, табл. IV, фиг. 1; 20, с. 100, табл. VII, фиг. 2]. Массулы овальной формы величиной 118–170 мкм. Трихомы длиной 44 мкм, основание у них широкое, около 30 мкм, заострённая верхушка у некоторых загнута книзу. Количество перегородок в верхней части от 2–3 до 6–7. Диаметр микроспор 19–22 мкм.

В списке флоры, составленном Т. Б. Рыловой [20, с. 48, табл. 7] по анализам Т. В. Якубовской, приводятся для указанной глубины скв. 120 остатки мегаспоровых комплексов *A. cf. ventricosa*, что и служит основанием для высказанного предположения.

При описании вида *A. ventricosa* В. П. Никитин и А. В. Хваль уточняют, что вид был установлен П. А. Никитиным и приводился в многочисленных работах под недействительным названием *A. turgida* Р. А. Nikitin. П. И. Дорофеев опубликовал его описание с названием *A. ventricosa* Р. А. Nikitin [11] без указания голотипа. Поэтому при действительном опубликовании вида [17, с. 41, 42] приведено двойное авторство – *A. ventricosa* Р. А. Nikitin ex Р. И. Dorofeev.

Палеоэкологическая характеристика. В регионе остатки вида отмечены в ассоциациях с *Azolla pseudopinnata*, *A. poltavica*, *Pilularia*, *Nymphaea*, различными видами *Salvinia*. Экологически, вероятно, являлся мезотермофитом, о чём свидетельствует присутствие вида в миоцене.

Стратиграфическое положение. Согласно уточнённым данным, остатки вида известны в Понеманье и Полесье Беларуси из отложений букчинского и лозского горизонтов среднего миоцена, возможно их присутствие в смолярском горизонте нижнего миоцена.

***Azolla parvula* Р. А. Nikitin**

Табл. II, фиг. 4; табл. III, фиг. 4

Azolla parvula: Дорофеев, 1968, рис. 1, 7–9; рис. 3, фиг. 4–6.

Azolla parvula: Дорофеев, 1980, с. 307, рис. 5, фиг. 1–24; рис. 11, фиг. 1–33.

Azolla parvula: Якубовская, 1984, с. 33, табл. 7; с. 139, табл. I, фиг. 4–6.

Описание. Мегаспоровый комплекс яйцевидный, часто вытянутый по высоте, 0,40–0,55 × 0,28–0,42 мм. Супраспорий и инфраспорий равны по высоте или первый выше и уже второго. Нижние поплавки небольшие, овальные, равны трети верхних. Поясок узкий, плоский или слабовыпуклый. Мегаспора часто измятая или порвана. Поверхность инфраспория с редкими мелкими бугорками.

Палеоэкологическая характеристика. Отмечен в ассоциациях почти со всеми встреченными нами

видами *Azolla* (кроме *A. ventricosa*), с *Nymphaea* и различными видами *Salvinia*. Экологически являлся мезотермофитом с некоторыми признаками холодоустойчивости, что доказывается его присутствием как в периоды термических оптимумов, так и пессимумов.

Стратиграфическое положение. Вид известен из отложений всего среднего и верхнего миоцена и вероятен в плиоцене.

***Azolla pseudopinnata* Р. А. Nikitin**

Табл. II, фиг. 5, 5а, 6, 6а; табл. III, фиг. 5, 9

Azolla pseudopinnata: Дорофеев, 1956, с. 174, табл. I, фиг. 5–6.

Azolla pseudopinnata: Никитин, 1957, с. 89, табл. I, фиг. 12, 13.

Azolla pseudopinnata: Дорофеев, 1966, с. 41, рис. 1, фиг. 1–11.

Azolla tegeliensis: Velichkevich, Zastawniak, 2006, р. 21, pl. 7, fig. 7, 8; pl. 8, fig. 1–3.

Описание. Мегаспоровый комплекс яйцевидный, 0,55–0,6 × 0,32–0,37 мм, иногда параллельно-крайний. Супраспорий по высоте равен инфраспорию, по ширине бывает чуть уже его. Нижние поплавки по размеру средней величины, менее половины верхних, округлые или округло-угловатые. Колпачок светло-серый или коричневатый, частично прикрывает верхние поплавки. Супраспорийный войлок слабо развит. Поясок узкий, плоский, иногда не выражен. Поверхность инфраспория мелкобугорчатая, с редкими червеобразными выростами.

По описанию Т. Б. Рыловой [20, с. 101, табл. VIII, фиг. 1, 2], изучавшей микрофоссилии из отложений среднего миоцена скв. 120, д. Лозы, по массулам с гл. 123,0 м определен вид *A. pseudopinnata* с вопросительным знаком. Обнаруженные массулы полусферической формы, диаметром в среднем 170–250 мкм. На выпуклой стороне массул трихомы отсутствуют, на вогнутой их может быть до 12 длиной до 105 мкм, основание широкое, кверху переходит в нитевидную терминаль шириной до 1,5 мкм. Имеется характерное для трихом беспорядочное множество перегородок. Диаметр микроспор 20–21 мкм.

Замечание. Мегаспоровые комплексы, принадлежащие *A. pseudopinnata*, в этих отложениях не обнаружены.

Палеоэкологическая характеристика. Вид встречается в ассоциациях почти со всем спектром видов *Azolla*, но наиболее часто, вплоть до квартара, с *A. interglacialica*, с *Nymphaea*, различными видами *Salvinia*, *Potamogeton*, *Pilularia*. Экологически являлся мезотермофитом с явно широким диапазоном толерантности.

Стратиграфічнае становішча. Астаткі *A. cf. pseudopinnata* вядомыя ў адкладах сярэдняга і верхняга міоцэна і вызначаюцца без *cf.* – ў пліоцэне, а таксама ў термомерах ніжняга плейстоцэна. Ф. Ю. Велічкевіч указваў від у сярэднеплейстоцэнавай флоры бутанайскага (ліхвінскага) межледніковай Літвы [1].

Мы разглядаем *A. pseudopinnata* як сінанім *A. tegeliensis* Florschütz.

***Azolla pseudopinnata* П. А. Нікіцін var. *elegans* Дорофеев, 1980**

Табл. II, фіг. 7, 7а; табл. III, фіг. 6

Azolla pseudopinnata var. *elegans*: Дорофеев, 1980, с. 309, рис. 6, фіг. 14–16; рис. 12, фіг. 11–13.

Azolla pseudopinnata var. *elegans*: Якубовская, 1982, табл. I, фіг. 3–5.

Апісанне. Мегаспоровы комплекс эліпсоідальны, 0,45–0,50 × 0,30–0,35 мм. Супраспоры вышэй і ўжэ інфраспоры. Ніжнія поплавкі сярэдняга памеру, каля трэцяй часткі верхніх, ад кругла-углаватых да ромбападобных скошаных, адносна большэй крупных. Поясок узкі, плоскі, у некаторых экзэмплярах прерывісты. Периспоры светла-серыя ці карычневатыя, шіпава-бугорчатыя ці з многічисленнымі червепадобнымі выростама.

Варыетэт адрозняецца памерам і большэй выцягнутай эліпсоідальнай формай мегаспоровога комплексу, формай ніжніх поплавкаў, а таксама на нашых экзэмплярах – рэгулярнымі червепадобнымі выростама на паверхні інфраспоры.

Палеаэкалагічная характарыстыка. Варыетэт адзначаны ў асацыяцыях з *Azolla interglacialica*, *A. pseudopinnata*, *Pilularia*, рознымі *Salvinia* і іншымі відамі мелкаводдзій. Экалагічна з'яўляецца мезотермафітам.

Стратиграфічнае становішча. Разнавіднасць апісана па астаткам з верхняга пліоцэна Падняпроўя (Холмеч, Рэчыцкі раён Гомельскай абласці) як характэрная для заходніх абласцей арэала *A. pseudopinnata*. Вядома практычна з усіх разрэзаў пліоцэна Беларусі.

Віды, апісаныя па масулам пры паліналагічных даследаваннях

***Azolla goretskyi* Рылова**

Табл. III, фіг. 10

Azolla goretskyi: Махнач, Рылова, 1977, с. 158, табл. IV, фіг. 2; табл. V, фіг. 1.

Azolla goretskyi: Рылова, 1980, с. 102, табл. IX, фіг. 1, 2; табл. X, фіг. 1.

Масулы і мікраспору апісаны Т. Б. Рыловай з двух месцазнаходзенняў у Понемань – скв. 120, д. Лозы, гл. 123 м і скв. 149, д. Журавельнікі, гл. 107,36 м з адкладаў сярэдняга міоцэна.

Замечанні. Апісаныя астаткі знайдуцца сумесна з мегаспоровымі комплексамі відаў *A. parvula* [23, с. 68, табл. 3, рис. фіг. 4, 5; 24, с. 33, табл. 7]. Трэбаюцца дадатковыя даследаванні для ўточнення відаваснаўленасці *A. goretskyi*, так як прыведзеныя Т. Б. Рыловай зобразы масул з булавападобнымі і копчападобнымі гложыямі намі не ідэнціфіцыраваны ў даступных крыніцах.

***Azolla machnatchae* Рылова**

Azolla machnatchae: Махнач, Рылова, 1977, с. 159, табл. V, фіг. 2.

Azolla machnatchae: Рылова, 1980, с. 103, табл. X, фіг. 2.

Таксон апісаны па знаходках у адкладах верхняга міоцэна, раскрытых скв. 120, д. Лозы, гл. 99,55 м, і ў літаратуры большэй не ўпамінаецца. Мегаспоровыя комплексы вызіпаемага віда не вядомыя. Па даным П. І. Дорофеева ў [24, с. 87, табл. 13], у указаных адкладах знайдуцца *A. ex gr. poltavica* (*A. ucrainica*) і *A. ex sect. Risosperma*. Копчападобная форма гложыяў, паказаная ў масулах *A. machnatchae*, не апісана ў даступнай нам літаратуры, і відаваснаўленасць астаткаў патрабуе дадатковых даследаванняў.

***Azolla neogenica* Рылова**

Azolla neogenica: Махнач, Рылова, 1977, с. 158, табл. IV, фіг. 1.

Azolla neogenica: Рылова, 1980, с. 100, табл. VII, фіг. 2.

Масулы *A. neogenica* апісаны з адкладаў сярэдняга міоцэна Понемань па знаходках ў скв. 120, д. Лозы, гл. 122,7 м. Мы прадпаложылі, што апісаныя масулы могуць належаць віду *A. ventricosa*, мегаспоровыя комплексы якога, вызіпаеныя са знакам *cf.*, указаны для адкладаў на гэтай глыбіні ў [20, с. 48, табл. 7].

***Azolla nemanensis* Рылова**

Azolla nemanensis: Махнач, Рылова, 1977, с. 159, табл. VI, фіг. 2, 2; табл. VII, фіг. 1, 2.

Azolla nemanensis: Рылова, 1980, с. 103, табл. XI, фіг. 1, 2; табл. XII, фіг. 1, 2.

Від апісаны ў адзіным месцазнаходзенні – скв. 120, д. Лозы, гл. 123,0 і 122,7 м па масулам з адкладаў сярэдняга міоцэна і ў літаратуры большэй не ўпамінаецца. Мегаспоровыя комплексы віда не вядомыя. Напісаныя трыхом сбліжае яго з відамі з секцыі *Rhizosperma*.

***Azolla bielorusica* Рылова**

Azolla bielorusica: Махнач, Рылова, 1977, с. 156, табл. II, фіг. 2.

Azolla bielorusica: Рылова, 1980, с. 99, табл. VI, фіг. 2.

Таксон апісаны з адзінаго месцазнаходзення – скв. 120, д. Лозы, гл. 99,55 м з адкладаў

верхнего миоцена как вид секции *Azolla* и в литературе больше не упоминается. Мегаспоровые комплексы на данной глубине в разрезе скв. 120 не выявлены.

Замечания. По данным П. И. Дорофеева в [24, с. 57, табл. 13], на гл. 100,7–101,35 м в этой скважине обнаружены остатки *A. ex sect. Rhizosperma*. Однако Т. Б. Рылова описала массулы как принадлежащие секции *Azolla* и на приведённой ею иллюстрации они изображены с длинными, узкими глохидиями с выразительной якоревидной вершиной, что и показывает принадлежность их секции *Azolla*. Такие глохидии изображены в работе [17, с. 26 табл. IX, фиг. 7] у вида *A. tomentosa* P. A. Nikitin.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В континентальных отложениях верхнего олигоцена, неогена и плейстоцена, сформировавшихся на территории Беларуси после регрессии последнего морского бассейна, выявлены многочисленные остатки мегаспоровых комплексов и отдельных массул видов *Azolla*. В более древних отложениях поиски ископаемых остатков видов этого рода в регионе не проводились. На основании имеющегося в распоряжении авторов палеокарпологического материала в ископаемой флоре Беларуси показано наличие шести видов *Azolla* и вариантов у двух из них. В статье даны описания *Azolla poltavica* P. A. Nikitin, *A. interglacialica* P. A. Nikitin, *A. ventricosa*

P. A. Nikitin ex P. I. Dorofeev, *A. aspera* Dorofeev с вариантом *A. aspera* Dorofeev var. *sulajensis* Dorofeev, *A. parvula* P. A. Nikitin, *A. pseudopinnata* P. A. Nikitin с вариантом *A. pseudopinnata* P. A. Nikitin var. *elegans* Dorofeev и упоминается о находке оставшегося не изученным варианта *A. aspera* Dorofeev var. *pulchella* Dorofeev (*A. pulchella* Dorofeev). По литературным данным обобщены сведения о видах неясного положения, описанных по массулам палинологом Т. Б. Рыловой.

Использование сканирующего электронного микроскопа для изучения репродуктивных структур видов *Azolla* позволило выявить некоторые важные диагностические признаки и охарактеризовать морфологию остатков ископаемых видов с применением современной терминологии. Авторы сознают, что приведённый в статье материал недостаточен и требуются исследования на обширном материале для более глубокого изучения морфологии, систематики, эволюции и распространения видов *Azolla* на территории Беларуси в геологическом прошлом.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность Алексею Владимировичу Хвалю, кандидату биологических наук, ведущему хранителю коллекций лаборатории палеоботаники Ботанического института РАН, Санкт-Петербург, за бесценные советы и предложения по доработке статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Величкевич, Ф. Ю. Плейстоценовые флоры ледниковых областей Восточно-Европейской равнины / Ф. Ю. Величкевич. – Минск : Наука и техника, 1982. – 239 с.
2. Величкевич, Ф. Ю. Позднеплейстоценовая флора Дворца на Днепре / Ф. Ю. Величкевич. – Минск : Наука и техника, 1992. – 140 с.
3. Дорофеев, П. И. Сарматские растения с рек Тилигула и Ю. Буга / П. И. Дорофеев // Тр. Бот. ин-та АН СССР. Сер. I. – 1955. – Вып. 11. – С. 144–160.
4. Дорофеев, П. И. О плиоценовой флоре Нижней Камы / П. И. Дорофеев // Сб. «Академику В. Н. Сукачёву к 75-летию со дня рождения». – М. – Л. : Изд-во АН СССР, 1956. – С. 171–181.
5. Дорофеев, П. И. О новых видах *Azolla* для третичной флоры СССР / П. И. Дорофеев // Ботанический журнал. – 1959. – № 12 (44). – С. 1756–1763.
6. Дорофеев, П. И. О миоценовой флоре из окрестностей с. Юровского на Иртыше / П. И. Дорофеев // Ботанический журнал. – 1966. – № 10 (51). – С. 1480–1490.
7. Дорофеев, П. И. О плиоценовой флоре Белоруссии / П. И. Дорофеев // Нижний плейстоцен ледниковых районов Русской равнины. – М. : Наука, 1967. – С. 92–110.
8. Дорофеев, П. И. Про мегаспори *Salvinia*, *Azolla* та *Pilularia* із неогенових відкладів України / П. И. Дорофеев // Український ботанічний журнал. – 1968. – № 6 (25). – С. 63–72.
9. Дорофеев, П. И. Миоценовая флора Мамонтовой горы на Алдане / П. И. Дорофеев. – Л. : Наука, 1989. – 148 с.
10. Дорофеев, П. И. К систематике третичных *Azolla* Lam. из секции *Azolla* Lam. / П. И. Дорофеев // Ботанический журнал. – 1979. – № 9 (64). – С. 1259–1272.

11. **Дорофеев, П. И.** К систематике третичных *Azolla* Lam. из секции *Rhizosperma* Meyen. / П. И. Дорофеев // Ботанический журнал. – 1980. – № 3 (65). – С. 297–310.
12. **Жизнь** растений. Мхи. Плауны. Хвощи. Папоротники. Голосеменные растения / Под ред. И. В. Грушевицкого, С. Г. Жилина. – М. : Просвещение, 1978. – Т. 4. – 447 с., ил.
13. **Матвеев, А. В.** Изменения в стратиграфических схемах неогеновых и четвертичных отложений Беларуси в связи с пересмотром границы между системами / А. В. Матвеев, Т. Б. Рылова, С. В. Демидова, Т. В. Якубовская // Докл. НАН Беларуси. – 2019. – № 3 (63). – С. 350–359.
14. **Махнач, Н. А.** Расчленение плиоценовых отложений в стратотипическом разрезе у д. Лозы Новогрудского района Гродненской области по данным спорово-пыльцевого анализа / Н. А. Махнач, Т. Б. Рылова // О границе между неогеном и антропогеном. – Минск : Наука и техника, 1977. – С. 136–192.
15. **Мурашко, Л. И.** Поздний олигоцен Беларуси / Л. И. Мурашко, Т. Б. Рылова, Т. В. Якубовская // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 1998. – Т. 6, № 4. – С. 67–80.
16. **Негру, А. Г.** Раннепонтическая флора южной части Днестровско-Прутского междуречья / А. Г. Негру. – Кишинёв : Штиинца, 1979. – 112 с.
17. **Никитин, В. П.** Репродуктивные структуры *Azolla* в кайнозойе Западной Сибири / В. П. Никитин, А. В. Хваль // Палеоботаника. – 2011. – № 2. – С. 5–90.
18. **Никитин, П. А.** Четвертичные семенные флоры с низовьев реки Иртыша / П. А. Никитин // Тр. Биол. ин-та Томск. гос. ун-та. – 1938. – Т. 5 – С. 143–178.
19. **Никитин, П. А.** Плиоценовые и четвертичные флоры Воронежской области / П. А. Никитин. – М. – Л. : Изд-во АН СССР, 1957. – 200 с.
20. **Рылова, Т. Б.** Палинологическая характеристика неогеновых отложений Белорусского Понеманья / Т. Б. Рылова. – Минск : Наука и техника, 1980. – 214 с.
21. **Стратиграфические** схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объясн. зап. / под ред. С. А. Кручека [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 282 с. + приложение из 15 стратиграфических схем.
22. **Якубовская, Т. В.** Палеогеография лихвинского межледниковья Гродненского Понеманья / Т. В. Якубовская. – Минск : Ин-т геол. и геохим. АН БССР. – 1976. – 300 с.
23. **Якубовская, Т. В.** Семенные флоры из нижних слоёв неогеновых отложений белицкой серии / Т. В. Якубовская // Неогеновые отложения Белоруссии. – Минск : Наука и техника, 1982. – С. 62–71.
24. **Якубовская, Т. В.** Очерк неогена и раннего антропогена Белорусского Понеманья (по палеокарпологическим исследованиям) / Т. В. Якубовская. – Минск : Наука и техника, 1984. – 160 с.
25. **Якубовская, Т. В.** Корчёмское межледниковье Беларуси / Т. В. Якубовская, Г. И. Литвинюк, А. Н. Мотузко. – Минск : Изд-во В. Хурсик, 2014. – 161 с. + приложения на 53 с.
26. **Якубовская, Т. В.** Позднекайнозойские флоры района проявления неогенового карста в окрестностях г. Берёзы / Т. В. Якубовская, Т. Б. Рылова // Флора и фауна кайнозойе Белоруссии. – Минск : Наука и техника, 1992. – С. 76–94.
27. **Florschütz, F.** Die beiden *Azolla*-Arten des niederländischen Pleistozäns / F. Florschütz // Mededeel. Bot. Mus. Herb. Rijksuniv // Utrecht. – 1938. – № 49. – P. 932–945.
28. **Collinson, M. E.** Cainozoic ferns and their distribution / M. E. Collinson // *Brittonia*. – 2001. – Vol. 53, № 2. – P. 173–235.
29. **Gardenal, P.** Morphology and ultrastructure of heterosporous Filicophyta spores from north-west Argentina / P. Gardenal, M. A. Morbelli, G. E. Giudice // *Grana*. – 2007. – № 46 (2). – P. 65–77.
30. **Martin, A. R. H.** Some structures in *Azolla* megaspores, and an anomalous form / A. R. H. Martin // *Review of Palaeobotany and Palynology*. – 1976. – № 21 (2). – P. 141–169.
31. **Metzgar, J. S.** Phylogeny and divergence time estimates for the fern genus *Azolla* (Salviniaceae) / J. S. Metzgar, H. Schneider, K. M. Pryer // *International Journal of Plant Sciences*. – 2007. – № 168 (7). – P. 1045–1053.
32. **Pteridophyte** Phylogeny Group. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns // *Journal of Systematics and Evolution*. – 2016. – № 54 (6). – P. 563–603.
33. **Srivastava, S. K.** *Azolla* from the Upper Cretaceous Edmonton Formation, Alberta, Canada / S. K. Srivastava // *Canadian Journal of Earth Sciences*. – 1968. – Т. 5, № 4. – С. 915–919.
34. **Sweet, A.** A study of *Azolla pinnata* R. Brown. / A. Sweet, L. V. Hills // *American Fern Journal*. – 1971. – № 61 (1). – P. 1–13.
35. **Velichkevich, F. Yu.** Atlas of the Pleistocene vascular plant macrofossils of Central and Eastern Europe. Part 1. Pteridophytes and monocotyledons / F. Velichkevich, E. Zastawniak. – Kraków : W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, 2006. – 224 p.

ВЫКАПНЁВЫЯ РЭПРАДУКТЫЎНЫЯ СТРУКТУРЫ ПАПАРАЦІ *AZOLLA LAMARCK* ПОЗНЯГА КАЙНАЗОЮ БЕЛАРУСІ

І. Д. Клімовіч¹, Т. В. Якубоўская²

¹Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, біялагічны факультэт
вул. Акадэміка Курчатава, 10, 220045, Мінск, Беларусь
E-mail: posket.klimovich@gmail.com

²Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
Філіял «Інстытут геалогіі»
вул. Акадэміка Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь
E-mail: tvyakub@tut.by

*Прыведзены вынікі абагульнення матэрыялаў па сістэматыцы, марфалогіі і распаўсюджванні фасілій рэпрадуктыўных структур папараці *Azolla* позняга кайназою Беларусі. Апісаны мегаспоровыя комплексы шасці відаў і варыянтаў у двух з іх, выяўлены ў выніку палеокарпалагічных даследаванняў, а таксама таксоны, вызначаныя паводле паліналагічных даных.*

Ключавыя словы: алігацэн, неаген, Беларусь, палеокарпалагічныя даследаванні, віды *Azolla*, марфалогія, стратыграфічная прымеркаванасць.

FOSSIL REPRODUCTIVE STRUCTURES OF FERN *AZOLLA LAMARCK* OF THE LATE CENOZOIC OF BELARUS

I. Klimovich¹, T. Yakubovskaya²

¹Belarusian State University, Faculty of Biology
10 Akademika Kurchatova St, 220045, Minsk, Belarus
E-mail: posket.klimovich@gmail.com

²State Enterprise State Enterprise "Research and Production Center for Geology"
Branch "Institute of Geology"
7 Akademika Kuprevicha St, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: tvyakub@tut.by

*The results of a materials generalization on the taxonomy, morphology and distribution of reproductive structures fossils of the *Azolla* fern from the Belarus Late Cenozoic are presented. A description of megaspore complexes of six types is given and varieties in two of them, identified as a result of paleocarpological studies, as well as taxa described from palynological data.*

Keywords: Oligocene, Neogene, Belarus, paleocarpological studies, *Azolla* species, morphology, stratigraphic preferences.

УДК 551.782.2:551.79.792(476)

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЙ СТРАТОТИПА СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ГРАНИЦЫ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ СИСТЕМЫ БЕЛАРУСИ У ДЕРЕВЕНЬ ДВОРЕЦ И ХОЛМЕЧ НА ДНЕПРЕ

С. В. Демидова, Т. В. Якубовская

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
Филиал «Институт геологии»
ул. Академика Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь
E-mail: demidovasvet@mail.ru, tvyakub@tut.by

Приводится краткий обзор результатов изучения разными авторами пограничных отложений неогеновой и четвертичной систем в обнажении на берегу Днепра в Речицком районе Гомельской области в местонахождении полной стратиграфической последовательности. Показано их значение для обоснования нижней границы квартера, которая в стратиграфической схеме четвертичных отложений Беларуси с 2017 г. проводится по нижней границе дворецкого горизонта – аналога гелазского яруса Международной стратиграфической шкалы, на уровне 2,58 млн лет.

Ключевые слова: нижняя граница четвертичной системы (квартера), холмечский горизонт, дворецкий горизонт, залегание, вещественный состав отложений, палеомагнетизм, палеоботанические данные.

ВВЕДЕНИЕ

К 2019 г. были разработаны и опубликованы дополнения к стратиграфическим схемам докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси 2010 г. [35], касающиеся нижней границы четвертичной системы (граница между неогеновой и четвертичной системами, граница неоген / квартал). Эту работу выполнили специалисты – члены стратиграфической комиссии в соответствии с постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (от 23.01.2017 № 8), которым положение нижней границы четвертичной системы (периода) Беларуси утверждено на уровне 2,58 млн лет согласно Международной хроностратиграфической шкале. При подготовке дополнений проведена ревизия материалов, послуживших обоснованием границы неоген / квартал, осуществленная коллективом исследователей из филиала «Институт геологии» государственного предприятия «НПЦ по геологии» и Института природопользования НАН Беларуси. В ходе этой работы были выявлены некоторые неточности и противоречия в исходных материалах, которые неоднократно обсуждались авторами настоящей публикации и теперь предлагаются читателю. Дополнения, обоснование и описание стратотипа нижней границы квартера Беларуси приведены в публикациях [12–15; 24; 25; 29; 39].

Основные изменения в схемах неогеновых и четвертичных отложений Беларуси сводятся к следующему. Во-первых, в состав четвертичных отло-

жений территории Беларуси включены отложения дворецкого горизонта бывшего верхнего плиоцена, который в схеме 2010 г. венчает трехчленный колочинский надгоризонт. Дворецкий горизонт является аналогом гелазского яруса Международной стратиграфической шкалы квартера. В дополненной стратиграфической схеме четвертичных отложений Беларуси он состоит из ольховского и любчанского подгоризонтов. Во-вторых, колочинский надгоризонт упразднен, и плиоцен схемы 2019 г. представлен лишь холмечским горизонтом с двумя подгоризонтами – нижнехолмечским, аналогом занклского яруса, и верхнехолмечским, аналогом пьаченцского яруса плиоцена общей шкалы, т. е. стал двучленным в соответствии с Международной стратиграфической шкалой.

К дворецкому региональному горизонту нынешнего нижнего плейстоцена относятся следующие местные подразделения: дворецкая свита s. str. в Речицком Приднепровье, ольховские слои и любчанская свита (верхнеасокская подсвита, новогрудские слои) Вселюбского Понеманья, верхняя часть александровской свиты в Гродненском Понеманье, грушевская свита в Брестском Полесье, ольховские слои у г. Зельвы и верхи гайнинской свиты в Логойском метеоритном кратере. Основные опорные разрезы с границей четвертичной системы показаны на рисунке 1 [24, рис. 1]. Стратотипические разрезы, давшие название горизонту, находятся у дд. Дворец, Холмеч и Колочин Речицкого района Гомельской области. С момента их открытия в 1968 г. они изучались многими геологами,

палеоботаниками и стратиграфами: Г. И. Горецким, Н. А. Махнач, В. А. Кузнецовым, С. С. Манькиным, Е. П. Мандер, В. М. Мотузом, Е. А. Ильиным, В. К. Лукашевым, М. А. Певзнером, П. И. Дорофеевым, Ф. Ю. Величкевичем, Л. Н. Вознячуком, Р. А. Зиновой, А. Ф. Бурлак, С. Г. Дромашко, Н. В. Зайцевой, С. Л. Шиманович, Л. И. Мурашко, Я. И. Аношко, Л. Н. Богомоловой, В. Ю. Зосимовичем, А. Н. Третьяк, З. Я. Волок, Т. Б. Рыловой, Т. В. Якубовской, Т. В. Жуковской и другими. История открытия и изучения этих разрезов описаны в первых публикациях о разрезе Дворец, в работах Р. А. Зиновой с коллегами [21], Ф. Ю. Величкевича [3] и др.

ОБЗОР ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалы, имеющие значение для современных стратиграфических построений и палеогеографических реконструкций, впервые получены Н. А. Махнач, рассматривавшей спорово-пыльцевые данные по разрезу у д. Дворец как характерные для налибокского, тогда древнейшего, межледникового квартера Беларуси [26; 28], П. И. Дорофеевым и Ф. Ю. Величкевичем [11], обосновавшим в соответствии со стратиграфией того времени плиоценовый возраст отложений на основании палеокарпологических исследований по сборам 1968–1971 гг. Позже исследования палинологов А. Ф. Бурлак и Т. Б. Рыловой особенностей неогеновых и раннечетвертичных спорово-пыльцевых спектров Холмеч и Дворца дали богатый материал для межрегиональной корреляции и воссоздания истории растительности, а изучение семенной флоры Т. В. Якубовской пополнило сведения о составе флоры. Исследования этих палеоботаников в значительной мере организованы Р. А. Зиновой [31]. Детальные исследования Р. А. Зиновой выполнены в процессе многолетнего изучения ею неогена и олигоцена Речицкого Приднепровья не только в обнажениях, но и по скважинам благодаря специальному бурению, проведенному в 1979 г. в рамках проекта № 41 Международной программы геологических корреляций «Граница неогена и четвертичной системы». Итоги этих исследований в Речицком страторайоне обобщены Р. А. Зиновой с коллегами [10; 31]. Но до сих пор не проведено достаточно полное обобщение результатов всех работ, выполненных разными исследователями в разные годы на стратотипическом местонахождении границы с учетом современных стратиграфических представлений. Такая работа представляется необходимой для успешного использования стратиграфической схемы четвертичной системы

Беларуси в новом объеме и распознавания границы неоген / квартал в других местонахождениях. Побудительными причинами для выполнения ее служат также те обстоятельства, что район обнажений плиоцена и нижнего квартера в Речицком районе теперь находится в зоне загрязнения радионуклидами и остались немногие геологи, работавшие на разрезах в период их активного изучения в 1970–1980-х гг. Разные авторы, описывая материалы по расчисткам, не всегда указывали достаточно точно их местоположение, номера расчисток повторялись, одни и те же отложения относились к стратонам с разными названиями.

Выходы плиоценовых и нижнечетвертичных пород между д. Дворец и д. Холмеч находятся в основании высокого (до 21 м) подмываемого правого берега Днепра и на узкой пойме (рис. 2), вскрываются в межень несколько выше уреза воды и под водой. Протяженность этого обнажающегося крутого берега между окраинами двух деревень около 3 км, на нем образовалось несколько оврагов, которые видны на спутниковых картах, так как заняты деревьями и кустарниками. Весь разрез коренного берега и поймы сверху донизу неоднократно описан в работах [18; 19; 22; 23; 26; 28; 31 и др.].

На рисунке 3 показаны выработки, по которым имеются опубликованные палеоботанические данные и местонахождение которых по публикациям удалось установить более или менее точно, – 17 расчисток и шурфов, 5 глубоких (до 50 м глубиной) скважин по продольному профилю вдоль берега Днепра и 2 на пойме. Три скважины по линии Холмеч – Краснополье [30, рис. 3, 4] на нашем рисунке не отражены, так как палеоботанические материалы из их отложений спорные. Расчистка 1–1971, изученная Ф. Ю. Величкевичем [2; 3], и расчистка 6–1979, описанная Р. А. Зиновой [31, с. 31], находились вблизи разреза 1968 г., исследованного впервые в этом местонахождении [26], который в материалах С. Г. Дромашко в работе Р. А. Зиновой с соавторами [31] фигурирует как расчистка 7461.

Изучение вещественного состава пограничных отложений в Речицком страторайоне [31] показало следующие особенности. Состав песчано-алевритовых и глинистых отложений холмечского и дворецкого горизонтов в целом обладает выраженной однородностью и устойчивостью основных признаков, что можно рассматривать как следствие долговременного питания за счет одних и тех же близких по генезису и составу источников в условиях циклически колеблющегося режима аллювиального и аллювиально-озерного осадконакопления.

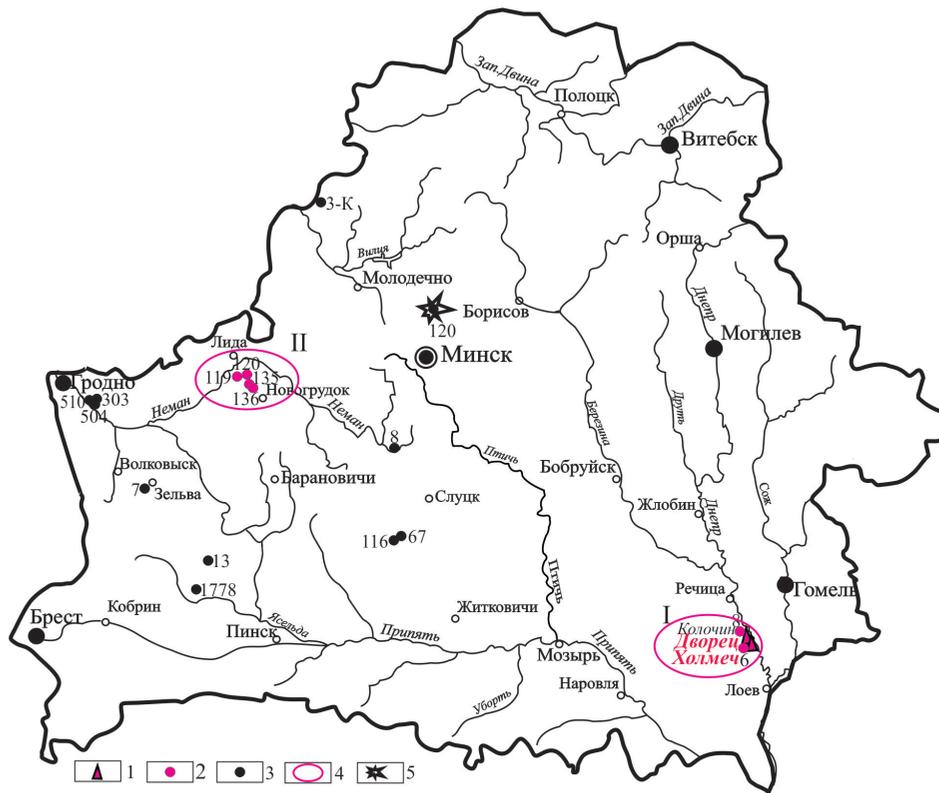


Рисунок 1 – Основные местонахождения на территории Беларуси, в которых выявлена стратиграфическая граница четвертичной системы [24, рис. 1] 1 – типовые обнажения: Холмеч, Дворец; 2 – скважины с типовыми отложениями: 6 – д. Дворец, 8 – д. Колочин; 3 – другие опорные скважины: 3-К – д. Давтюны, 7 – г.п. Зельва, 8 – д. Шахновщина, 13 – д. Сенкевичи, 67 – д. Кривичи, 116 – д. Вёска, 119 – д. Детомля, 120 – д. Лозы, 120 – д. Логоза, 135 – д. Кремушевка, 136 – д. Слочва, 303 – д. Александрово, 504 и 510 – д. Сивково, 1778 – д. Бронная Гора; 4 – страторайоны: I – Речицкий, II – Вселюбский; 5 – Логойский метеоритный кратер



Рисунок 2 – Обнажение правого берега Днепра между деревнями Холмеч (на заднем плане) и Дворец (за кадром, справа). Фото О. И. Зименкова, 1982 г.

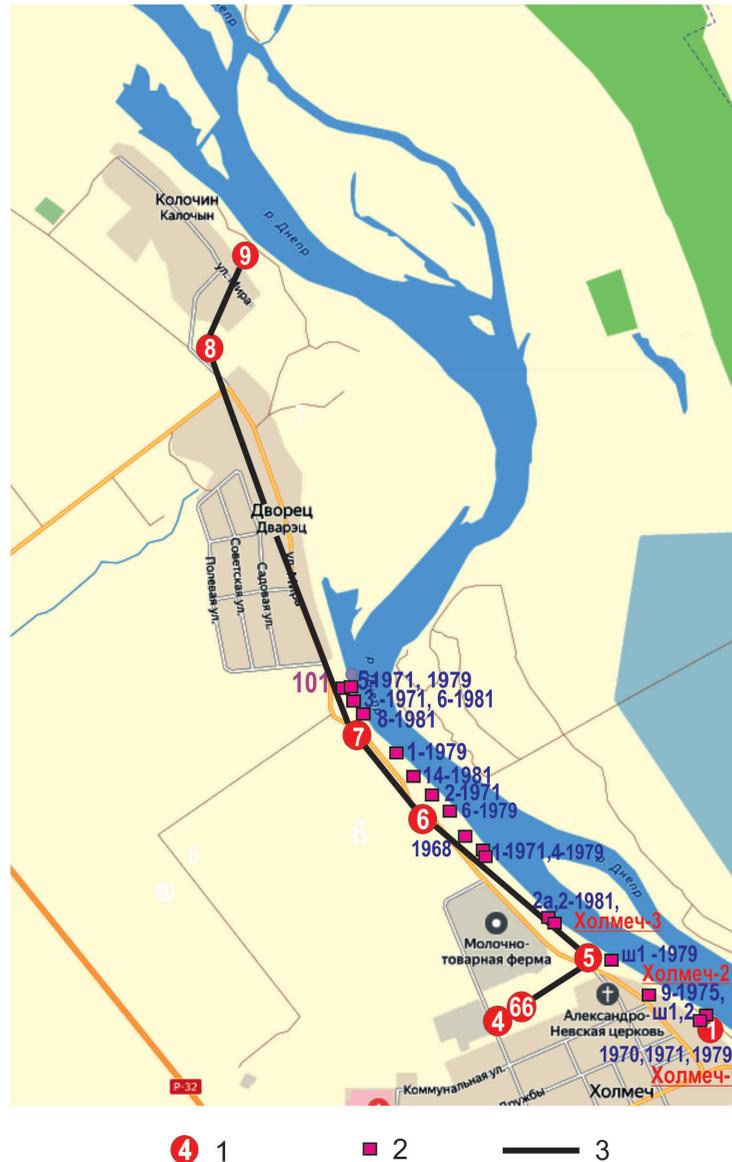


Рисунок 3 – Размещение скважин, расчисток и шурфов, вскрывших плиоценовые и нижнечетвертичные отложения в долине Днепра у дд. Холмеч, Дворец и Колочин Речицкого района Гомельской области 1 – скважина и ее номер; 2 – расчистка, шурф, год; 3 – линия профиля, опубликованного в монографии «Плиоцен Речицкого Приднепровья Беларуси» (1987) [31, рис. 2]

Результаты минералогического анализа свидетельствуют, что основными минералами легких фракций являются кварц, полевые шпаты, мусковит. Ведущие тяжелые минералы образуют характерную для палеоген-неогеновых континентальных образований Восточно-Европейской платформы терригенно-минералогическую ассоциацию: ильменит, метаморфические минералы (дистен + силлиманит + ставролит), циркон в различных количественных соотношениях, лейкоксен, рутил, турмалин. Содержание отдельных минералов ведущей ассоциации неодинаково и обнаруживает признаки эволюционной ритмичности. Состав глинистого вещества, как правило, существенно монтмориллонитовый.

Литология пород дана в описании всех выработок и скважин в большинстве публикаций и отражена на геологическом профиле по линии дд. Холмеч – Колочин в работе Р. А. Зиновой с соавторами [31, рис. 2]. Линия профиля показана на рисунке 3. При анализе профиля следует иметь в виду, что скв. 4(66)–8 располагаются на коренном берегу вдоль долины Днепра и в них вскрыты в основном полные разрезы холмечского горизонта. Скважины 5 у д. Холмеч и 9 у д. Колочин находятся на пойме напротив скв. 4 и скв. 8 соответственно. Отрезки профиля между этими скважинами проходят вкост долины Днепра.

Холмечский горизонт залегает со стратиграфическим перерывом на отложениях харьковского горизонта верхнего эоцена – нижнего олигоцена по А. Ф. Бурлак [1], а перекрыт аккумуляциями дворецкого горизонта. В типовых разрезах холмечский горизонт слагают породы двух седиментационных циклов – пески, глины, сапропелиты и алевриты. Первый (нижний) цикл соответствует отложениям нижнехолмечской, второй – верхнехолмечской подсвит холмечской свиты. Соответственно, горизонт делится на подгоризонты: нижнехолмечский нижнего плиоцена и верхнехолмечский верхнего плиоцена. Отложения нижнехолмечского подгоризонта вскрываются лишь в скважинах. В шурфах 1 и 2 на пойме у д. Холмеч изучены отложения верхнехолмечского подгоризонта холмечского горизонта (Холмеч-1). В основании коренного берега у Холмеча известны отложения дворецкого горизонта в расч. 9 (Холмеч-2) и на более высоком гипсометрическом уровне – вселюбского подгоризонта гомельского горизонта в разрезе Холмеч-3 [20] и в шурфе 2а в 312 м вверх по течению от паромы [38]. На протяжении около 700 м от южной окраины д. Дворец вниз по течению, по данным Р. А. Зиновой, в расчистках открываются осадки собственно дворецкой свиты – любчанского подгоризонта дворецкого горизонта. Все они расположены между речными створами 100 и 101, а не 101–102, как указано Ф. Ю. Величкевичем [3, с. 6].

Плиоценовые отложения холмечского горизонта выявлены у д. Колочина [36] по образцу, взятому из отвалов породы на пойме, – песчаных микрослоистых алевритов, насыщенных остатками растений, оказавшихся на поверхности, вероятно, при копке или чистке колодца, что находится в тыловой части поймы у дороги при спуске из деревни. Неоднократные поиски коренного местонахождения этих алевритов на пойме не дали результатов, но отложения плиоцена у Колочина были обнаружены при бурении скв. 8 и скв. 9.

Отложения дворецкого горизонта образованы аккумуляциями одного седиментационного цикла, представлены русловой и пойменной фациями – переслаивающимися песком и алевритом кварцевого состава, перекрытыми глиной темно-серой с растительными остатками фации стариц, в составе которой встречаются прослойки гиттии. Подстилаются эти аккумуляции с размывом отложениями верхнехолмечской подсвиты, перекрыты ниже-среднечетвертичным аллювием речичской свиты, описанной Р. А. Зиновой. Дворецкий горизонт по отложениям в скважинах не получил полной палеоботанической характеристики, так как скважины вскрыли лишь аллювий русла, скудные данные о семенной фло-

ре дворецкой свиты получены лишь в скв. 8 у Колочина.

Подосва холмечского горизонта залегает на уровне около 97 м абсолютной высоты, кровля его вскрывается на пойме в шурфах и в скважинах на уровне около 113 м. Дворецкая аллювиальная свита врезана в отложения холмечского горизонта и залегает в интервале глубин 105–115 м. Мощность отложений изменчива: холмечский горизонт имеет мощность до 12 м, дворецкий – до 8 м. Залегание свит холмечского и дворецкого горизонтов показывает констративный характер пограничного аллювия палео- и пра-Днепра.

Результаты изучения палеомагнитных свойств разреза у д. Дворец показали, что в отложениях пойменной фации дворецкой свиты имеет место интервал положительной намагниченности [22; 31, рис. 5], что наряду с выводами палеоботаников о сходстве ископаемой флоры с флорой тегелена Европы позволяет считать, что в разрезе Дворец присутствует субзона Олдувей магнитостратиграфической шкалы.

Палеоботанические исследования отложений в местонахождении у д. Дворец и д. Холмеч способствовали созданию детальной стратиграфии плиоцена и нижнего плейстоцена (эоплейстоцена) Беларуси в стратиграфических схемах 1981 г. [32] и 2010 г. [35]. В этом местонахождении Речицкого страторегiona прослежено последовательное залегание отложений холмечского горизонта нижнего и верхнего плиоцена (в нынешнем представлении о двучленном плиоцене), дворецкого горизонта и вселюбского подгоризонта гомельского горизонта нижнего подотдела четвертичной системы с неоген-четвертичной границей на уровне 2,58 млн лет.

На основании палинологических исследований Т. Б. Рыловой описаны следующие региональные палинозоны пограничных неоген-четвертичных отложений: для верхнехолмечского подгоризонта верхнего плиоцена – R ch 2 *Quercus* – *Castanea* – *Betula* – *Tilia* – *Fraxinus* и для любчанского подгоризонта дворецкого горизонта – R dv 2 *Pinus* – *Picea* – *Betula* – NAP. Также выявлена палинозона ольховского подгоризонта – ольховских слоев в Понеманье: R dv 1 NAP – *Betula* – *Pinus*, которая соотносится с нижним подгоризонтом дворецкого горизонта в Речицком страторайоне [24; 25].

В результате палеокарпологического изучения неогена и квартера предложен критерий выявления границы по группам видов последнего появления (LAD) в позднем плиоцене и группе видов первого появления (FAD) в раннем квартере. Выявлено, что виды LAD позднехолмечской флоры и FAD позднед-

ворецкой весьма многочисленны и резко отличаются по составу и палеоклиматическим характеристикам. Для промежуточной между ними ольховской флоры характерно присутствие видов из этих групп как позднехолмечской, так и собственно дворецкой флоры, а также наличие 5 видов селягинелл – трех дворецких: *Selaginella reticulata* Dorof. et Wieliczk., *S. borysthenica* Dorof. et Wieliczk., *S. selaginoides* (L.) Beauv. ex Schrank et Mart. и двух перигляциальных плейстоценовых: *S. helvetica* (L.) Spring. и *S. tetraedra* Wieliczk. [29]. Эта «селягинелловая флора» теперь занимает место первой в квартере, которое в схеме Л. Н. Вознячука было предназначено для таковой флоры его гомельского надгоризонта, соотносимого с эбуруном [4; 5], ныне вселюбского подгоризонта гомельского горизонта [35].

В литературных источниках фигурируют местонахождения разрезов с названиями Холмеч-1, Холмеч-2 и Холмеч-3. Эта нумерация сформировалась в разные годы по мере открытия соответствующих отложений у д. Холмеч и относится к разрезам, в которых представлены: холмечский горизонт – плиоцен в нынешнем объеме (Холмеч-1: шурфы под номерами 1 и 2–1970, 1971, 1979 и скв. 1 ручного бурения со дна шурфа), дворецкий горизонт (Холмеч-2: расчистка 9–1975) и отложения дворецкого и вселюбского горизонтов (Холмеч-3: шурф 1–1979 у Р. А. Зиновой; шурфы 2–1981 и 2а–1981 у Т. В. Якубовской [38] и 1–1982 и 2–1982 у Р. А. Зиновой [31]). Удивительным образом совпало, что нумерация от Холмеч-1 до Холмеч-3 отражает и возрастную последовательность отложений от древних к молодым. Соотношение отложений плиоцена (в прежнем объеме) в разрезах у д. Холмеч и д. Дворец удалось проследить в этих местонахождениях с помощью палеокарпологических данных [20], подтвержденных палинологическими исследованиями, выполненными Т. Б. Рыловой (31, рис. 7).

Холмечский горизонт новой схемы подразделяется на верхне- и нижнехолмечский подгоризонты, соответствующие верхнехолмечской и нижнехолмечской подсвитам холмечской свиты. Эти подразделения в публикациях всеми авторами понимаются одинаково. Разночтения встречаются при характеристике глинисто-алевритовых отложений дворецкого горизонта в разрезах у д. Дворец: дворецкие глины, древнеозерные и озерно-болотные отложения у Н. А. Махнач – то же, что верхнеплиоценовые отложения (аналог тегелена) по П. И. Дорофееву, дворецкая свита s. str. в первых публикациях, прежде всего у первооткрывателя местонахождения Г. И. Горецким [7], нижнедворецкая подсвита дворецкой свиты Р. А. Зиновой [31]. Описанные Р. А. Зиновой как верхнедворецкая подсвита глины местонахож-

дения Холмеч-3 – это гомельский надгоризонт с селягинелловой флорой Л. Н. Вознячука [4; 5] и нижняя часть гомельского горизонта – вселюбский подгоризонт стратиграфической схемы четвертичных отложений Беларуси, опубликованной в 2010 г. В связи с такими разночтениями дворецкая свита в стратиграфической схеме неогеновых отложений Беларуси [24; 35] рассматривается в объеме дворецкой свиты s. str., нижнедворецкой подсвиты в понимании Р. А. Зиновой и является стратотипом дворецкого горизонта, выделявшегося прежде как верхнеплиоценовый. Принять в качестве стратотипа горизонта дворецкую свиту с ее нижнедворецкой и верхнедворецкой подсвитами было невозможно, поскольку отложения верхней подсвиты в процессе разработки стратиграфических схем неогеновой и четвертичной систем в 2001–2005 гг. были отнесены к нижнечетвертичному вселюбскому горизонту [6; 34].

В составе отложений дворецкой свиты s. str. (нижнедворецкой подсвиты Р. А. Зиновой) в разрезах местонахождения у д. Дворец и д. Холмеч глинисто-алевритовая пачка, из которой получены палинологические и палеокарпологические характеристики, подстилается песком, преимущественно немой в палеоботаническом отношении, с выразительным горизонтом размыва, как в скв. 6 и соседней расч. 6 у д. Дворец (см. описание на с. 31 и 34 в [31]). Предположительно, эта часть аллювия может отвечать ольховским слоям Понеманья с ископаемой флорой, отражающей сильное похолодание, которое соответствует претегелену Европы и маркирует границу плиоцен / квартал на уровне 2,58 млн лет. Вероятно, к ольховскому стратону можно отнести семенную флору с гл. 12,7–13,9 м в скв. 10 Артуки [37] и в других разрезах этого участка, в которых по результатам изучения вещественного состава выделяется довольно мощная аллювиальная пачка в основании дворецкой свиты (нижнедворецкой подсвиты Р. А. Зиновой) [31].

Ольховские слои выделены Г. И. Горецким в разрезах скв. 120 (гл. 92,6–96,2 м) у д. Лозы и 119 (гл. 73,1–88,6 м) у д. Детомля Новогрудского района Гродненской области [8; 9] по преобладанию в спорово-пыльцевых спектрах пыльцы трав и сосны, постоянному присутствию пыльцы березы и ольхи и некоторым другим признакам [27; 33]. Время их формирования соотносилось Г. И. Горецким со временем позднеакчагыльского похолодания в бассейне Камы и Волги. Слои сложены песком и алевритом пепельно-серым и переслаиванием алеврита и глины общей мощностью до 10 м. Залегают ольховские слои в Понеманье на аналогах верхнехолмечского подгоризонта и перекрываются отложениями, содержащими ископаемую флору дворецкой свиты. Эту

стратиграфическую последовательность в пределах Вселюбского стратойона Понеманья продолжает вселюбская свита, в палиноспектрах и семенной флоре которой отражено следующее похолодание климата, выявленное в селлагинелловых слоях гомельского надгоризонта Л. Н. Вознячука [4; 5], соответствующих верхнедворецкой подсвите Р. А. Зиновой.

Весьма досадным обстоятельством является то, что в итоговых публикациях о флоре Дворца П. И. Дорофеев [16] и Ф. Ю. Величквич [3] флору всех изученных ими расчисток объединили в едином списке и не выделили флору из более молодых отложений, относящихся к вселюбскому горизонту.

При привязке разрезов на обнажении у д. Дворец часто в качестве репера использовался знак речного створа на Днепре напротив южной окраины деревни, его номер 101. У д. Холмеч вблизи изучаемых отложений в ту пору (1971, 1979 гг.) располагался створ № 98. Все изученные выходы отложений холмечского и дворецкого горизонтов, а также вселюбского подгоризонта гомельского горизонта находятся между знаками 98 и 101. Привязка разрезов у д. Холмеч осуществлялась относительно паромы, функционировавшей до 70-х гг. прошлого столетия, он отражен на крупномасштабных топокартах и его местоположение указывают полевые дороги на берегах Днепра близ деревни.

Для понимания палеоботанических данных также важно, что все спорово-пыльцевые диаграммы, полученные Т. Б. Рыловой по образцам из расчисток Р. А. Зиновой 1979 и 1981 гг., построены как диаграммы неогеновых отложений, при этом на диаграмме по расч. 5 (нумерация 1979 г. Р. А. Зиновой) приведен разрез, не соответствующий его описанию в работе [34, с. 31–32]. Семенная флора Т. В. Жуковской и Т. В. Якубовской [17] изучена в другой расчистке под № 5 (по нумерации 1971 г.), которая также расположена в 12 м ниже створа 101, вблизи береговой линии, и отражает самое теплое время формирования дворецкой свиты.

Палеокарпологические материалы по скв. 4–9 опубликованы Т. В. Якубовской [37] как предварительные. Эти данные по всем скважинам, к сожалению, не обсуждались с коллективом авторов книги «Плиоцен Речицкого Приднепровья Белоруссии» 1987 г. [31] и до сих пор не опубликованы с учетом всех геологических и палинологических данных.

Некоторые обозначенные проблемы и вопросы, возникшие при изучении дворецкого горизонта, пыталась разрешить Т. В. Жуковская, прошедшая аспирантуру под руководством Т. В. Якубовской в 2001–2003 гг. К сожалению, в силу различных обстоятельств работа завершена не была. Материалы по стратотипическим разрезам приграничных отложений неоген / квартал в целом обобщены в крат-

ком очерке Объяснительной записки к стратиграфической схеме неогеновых отложений Беларуси 2010 г. и публикациях по обоснованию нижней границы четвертичной системы на уровне 2,58 млн лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нижняя граница четвертичной системы (граница между неогеновой и четвертичной системами, неоген-четвертичная граница) в дополненной стратиграфической схеме квартала Беларуси [24] проводится между холмечским и дворецким горизонтами. Стратотип границы четвертичной системы изучен в разрезах у д. Холмеч и д. Дворец Речицкого района Гомельской области.

В итоге аналитического обзора материалов по стратотипу границы квартала Беларуси проявились первоочередные задачи дальнейших исследований. Необходимость подготовки обобщающей публикации материалов всех исследователей по характеристике стратотипа границы неоген / квартал в Беларуси для сохранения и использования важнейших научных данных по этой теме потребует следующих предварительных работ:

- уточнение геологических профилей Холмеч – Дворец – Колочин и Холмеч – Артуки – Краснополье с учетом согласованных палеоботанических данных о возрасте отложений в соответствии с современной стратиграфией;

- составление списков семенной флоры, характеризующей части двучленного дворецкого горизонта в современном объеме, и публикация состава видов LAD для поздних холмечской и FAD для ольховской и позднедворецкой флор;

- перестроение показательных спорово-пыльцевых диаграмм дворецкого горизонта по единой методике, принятой для четвертичных отложений;

- обобщение известных и выявление новых геологических (залегание, особенности литологии, минералогии, геохимии и др.) и палеонтологических (ископаемая флора и фауна) критериев обоснования границы в стратотипе;

- выполнение палеопотамологических, неотектонических и палеогеографических реконструкций с учетом результатов всех исследований;

- выбор перспективных ключевых участков на территории Беларуси для дальнейших исследований границы неоген / квартал и инверсии магнитного поля Земли на рубеже палеомагнитных эпох Гаусс / Матуяма, к которой и привязана граница между неогеновой и четвертичной системами.

Авторы искренне благодарят Р. А. Зинову за любезно предоставленные личные дневники полевых исследований у д. Дворец и д. Холмеч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бурлак, А. Ф.** Новые палинологические данные к стратиграфии и корреляции палеогеновых отложений запада СССР / А. Ф. Бурлак // Флора и фауна кайнозоя Белоруссии. – Минск : Навука і тэхніка, 1992. – С. 103–109.
2. **Величkevич, Ф. Ю.** Новые данные о флоре д. Дворец на Днепре / Ф. Ю. Величkevич // Стратиграфия и палеогеография антропогена. – Минск : Навука і тэхніка, 1975. – С. 110–133.
3. **Величkevич, Ф. Ю.** Позднеплиоценовая флора Дворца на Днепре / Ф. Ю. Величkevич. – Минск : Навука і тэхніка, 1990. – 140 с.
4. **Вознячук, Л. Н.** Основные стратиграфические подразделения четвертичных отложений / Л. Н. Вознячук // Материалы по стратиграфии Белоруссии. – Минск : Навука і тэхніка, 1981. – С. 137–151.
5. **Вознячук, Л. Н.** Проблемы гляциоплейстоцена Восточно-Европейской равнины / Л. Н. Вознячук // Проблемы плейстоцена. – Минск : Навука і тэхніка, 1985. – С. 8–55.
6. **Геология Беларуси** / А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
7. **Горецкий, Г. И.** Аллювиальная летопись великого Пра-Днепра / Г. И. Горецкий. – Москва : Наука, 1970. – 491 с.
8. **Горецкий, Г. И.** О критериях определения границы между неогеном и антропогеном / Г. И. Горецкий // Пограничные горизонты между неогеном и антропогеном. 1977. – Минск : Навука і тэхніка, 1977. – С. 8–55.
9. **Горецкий, Г. И.** Особенности палеопотамологии ледниковых областей (на примере Белорусского Понеманья) / Г. И. Горецкий. – Минск : Навука і тэхніка, 1980. – 288 с.
10. **Граница неогеновой и четвертичной систем на территории Белоруссии** / Э. А. Левков [и др.]. – Минск : Навука і тэхніка, 1983. – 31 с.
11. **Дарафееў, П. І.** Новыя матэрыялы аб пляцэнавай флоры Беларусі / П. І. Дарафееў, Ф. Ю. Величkevич // Антрапаген Беларусі. – Минск : Навука і тэхніка, 1971. – С. 154–165.
12. **Демидова, С. В.** Изменение уровня нижней границы четвертичной системы (периода) на территории Беларуси / С. В. Демидова, Т. Б. Рылова, Т. В. Якубовская // Геология и минерально-сырьевые ресурсы запада Восточно-Европейской платформы: проблемы изучения и рационального использования : материалы междунар. науч. конф., посвящ. 215-летию со дня рождения И. Домейко, Минск, 31 июля – 3 авг. 2017 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: А.К. Карабанов [и др.]. – Минск : Строймедиа-Проект, 2017. – С. 130–133.
13. **Демидова, С. В.** Новое в составе неогеновой и четвертичной систем геологического разреза территории Беларуси / С. В. Демидова, Т. Б. Рылова, Т. В. Якубовская // Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов: сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к 1000-летию г. Бреста, Брест, 12–14 сент. 2019 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. К. Карабанов, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2019. – Ч. 1. – С. 146–149.
14. **Демидова, С. В.** Палеоботаническое обоснование новых стратиграфических подразделений неогена и квартера Беларуси / С. В. Демидова, Т. Б. Рылова, Т. В. Якубовская // Биогеография и эволюционные процессы : материалы LXVI сессии Палеонтол. общ-ва при РАН, Санкт-Петербург, 6–10 апр. 2020 г. – СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2020. – С. 189–191.
15. **Демидова, С. В.** Стратиграфическая схема квартера Беларуси: новая редакция в связи с увеличением объема системы / С. В. Демидова, Т. В. Якубовская, Т. Б. Рылова // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований : материалы X Всеросс. совещ. по изучению четвертичного периода, Москва, 25–28 сент. 2017 г. / редкол.: Ю.А. Лаврушин [и др.]. – М. : ГЕОС, 2017. – С. 117–118.
16. **Дорофеев, П. И.** О плиоценовой флоре дер. Дворец на Днепре / П. И. Дорофеев // Проблемы палеоботаники. – Л. : Наука, 1986. С. 44–71.
17. **Жуковская, Т. В.** О флоре климатического оптимума дворцевого времени позднего плиоцена Беларуси / Т. В. Жуковская // Докл. НАН Беларуси. – 2004. – Т. 48, № 3. – С. 100–104.
18. **Зінава, Р. А.** Вынікі палеамагнітных даследаванняў неагенавых і антрапагенавых адкладаў Лоўскага Прыдняпроўя / Р. А. Зінава, А. Н. Трацяк, З. Я. Волак // Новае ў геалогіі антрапагену Беларусі. – Минск : Навука і тэхніка. – 1979. – С. 153–160.
19. **Зинова, Р. А.** Геологическое строение и палинологическая характеристика обнажений у д. Дворец на Днепре / Р. А. Зинова, А. Ф. Бурлак // Исследования земной коры территории Белоруссии. – Минск, 1982. – С. 30–37.

20. **Зинова, Р. А.** Новые данные о соотношении разрезов верхнеплиоценовых отложений у дд. Дворец и Холмеч на Днепре / Р. А. Зинова, Т. В. Якубовская // Пограничные горизонты между антропогеном и неогеном. – Минск : Навука і тэхніка, 1977. – С. 181–191.
21. **Зинова, Р. А.** О новой находке позднеплиоценовой флоры на Днепре / Р. А. Зинова, Т. В. Якубовская, Т. Б. Рылова // Докл. АН БССР. – 1981. – Т. 25, № 1. – С. 73–76.
22. **Лукашев, В. К.** Первые результаты палеомагнитных исследований некоторых разрезов кайнозоя юга Белоруссии / В. К. Лукашев, М. А. Певзнер // Докл. АН БССР. – 1974. – Т. 18, № 12. – С. 1108–1111.
23. **Мандер, Е. П.** Об условиях формирования и возрасте аллювиальных отложений близ д. Дворец Речицкого района / Е. П. Мандер, В. А. Кузнецов // Материалы IV науч. конф. молод. ученых Белоруссии. – Минск : Польша, 1971. – С. 460–463.
24. **Матвеев, А. В.** Изменения в стратиграфических схемах неогеновых и четвертичных отложений Беларуси в связи с пересмотром границы между системами / А. В. Матвеев [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2019. – Т. 63, № 3. – С. 350–359. doi: 10.29235/1561-8323-2019-63-3-350-359.
25. **Матвеев, А. В.** Пограничные горизонты неогеновой и четвертичной систем Беларуси (на границе 2,58 млн лет) / А. В. Матвеев [и др.] // Літасфера. – 2019. – № 1 (50). – С. 15–25.
26. **Махнач, Н. А.** Доминдельская флора у д. Дворец на Днепре / Н. А. Махнач, С. С. Манькин, Е. П. Мандер // Докл. АН БССР. – 1970. – Т. 14, № 12. – С. 1106–1109.
27. **Махнач, Н. А.** Расчленение плиоценовых отложений в стратотипическом разрезе у д. Лозы Новогрудского района Гродненской области (по данным спорово-пыльцевого анализа) / Н. А. Махнач, Т. Б. Рылова // О границе между неогеном и антропогенем. – Минск : Навука і тэхніка, 1977. – С. 136–196.
28. **Махнач, Н. А.** Этапы развития растительности Белоруссии в антропогене / Н. А. Махнач. – Минск : Наука и техника, 1971. – 212 с.
29. **Новое** в стратиграфических схемах неогеновых и четвертичных отложений Беларуси / Т. Б. Рылова [и др.] // Проблемы региональной геологии запада Восточно-Европейской платформы и смежных территорий : материалы I Междунар. науч. конф., Минск, 10–12 апр. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: О. В. Лукашев (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2020. – С. 245–250.
30. **Палеоботанические** метки геологической летописи в отложениях неогена и плейстоцена у п. г. т. Зельва Гродненской области / Т. В. Якубовская [и др.] // Літасфера. – 2007. – № 1 (26). – С. 40–54.
31. **Плиоцен** Речицкого Приднепровья Белоруссии / Р. А. Зинова [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1987. – 148 с.
32. **Решения** Межведомственного регионального стратиграфического совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Белоруссии, 1981. – Л. : Наука, 1983. – 136 с.
33. **Рылова, Т. Б.** Палинологическая характеристика неогеновых отложений Белорусского Понеманья / Т. Б. Рылова. – Минск : Навука і тэхніка, 1980. – 216 с.
34. **Стратиграфическая** схема четвертичных отложений Беларуси / А. Ф. Санько [и др.] // Літасфера. – 2005. – № 1 (22). – С. 146–156.
35. **Стратиграфические** схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: объяснительная записка / С. А. Кручек [и др.]. – Минск : ГП «БелНИГРИ», 2010. – 282 с. + приложение из 15 стратиграфических схем.
36. **Якубовская, Т. В.** О находке плиоценовой семенной флоры у д. Колочин на Днепре / Т. В. Якубовская // Докл. АН БССР. – 1978. – Т. 22, № 4. – С. 360–362.
37. **Якубовская, Т. В.** Плиоценовые флоры Белорусского Поднепровья / Т. В. Якубовская // Палеокарпологические исследования кайнозоя. – Минск : Навука і тэхніка, 1982. – С. 36–61.
38. **Якубовская, Т. В.** Что такое «гомельский надгоризонт» и его флора? / Т. В. Якубовская // Геология и гидрогеология кайнозоя Беларуси. – Минск : Навука і тэхніка, 1985. – С. 20–26.
39. **Якубовская, Т. В.** Новая граница между неогеном и кварталом на территории Беларуси / Т. В. Якубовская, Г. И. Литвинюк, В. Ф. Моисеенко // Актуальные вопросы инженерной геологии, гидрогеологии и рационального недропользования : материалы IX универ. геол. чтений, Минск, 3 апр. 2015 г. / под общ. ред. В. И. Зуя [и др.]. – Минск : Изд. центр БГУ, 2015. – С. 166–168.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 31.03.2025

Рэцэнзент Т. Б. Рылова

НЕКАТОРЫЯ ВЫНІКІ ДАСЛЕДАВАННЯЎ СТРАТАТЫПУ
СТРАТЫГРАФІЧНАЙ МЯЖЫ ЧАЦВЯРЦІЧНАЙ СІСТЭМЫ БЕЛАРУСІ
КАЛЯ ВЁСАК ДВАРЭЦ І ХОЛМЕЧ НА ДНЯПРЫ

С. У. Дзямідава, Т. В. Якубоўская

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

У артыкуле падаюцца кароткія звесткі аб стане вывучэння ўмоў залягання, літалагічным і мінеральным складзе, палеамагнетызме і палеабатанічных звесткі аб памежных адкладах неагену (холмецкі гарызонт верхняга пліяцэну) і квартару (дварэцкі гарызонт ніжняга плейстацэну) у разрэзах стрататыпу мяжы на паўднёвым усходзе Беларусі ў Рэчыцкім раёне паміж вёскамі Холмеч і Дварэц на правым беразе Дняпра. Адзначаны асноўныя крытэрыі мяжы паміж сістэмамі з апублікаваных матэрыялаў і вызначаны задачы неабходных будучых даследаванняў. На малюнках паказаны агульны выгляд агалення каля в. Дварэц і схема размяшчэння разрэзаў, з якіх вывучаны палеабатанічныя матэрыялы, – 17 шурфаў і расчыстак на правабярэжным поплаве Дняпра і 7 глыбокіх свідравін, 2 з іх на поплаве і 5 – на карэнным беразе.

Ключавыя словы: ніжняя мяжа чацвярцічнай сістэмы (квартару), холмецкі гарызонт, дварэцкі гарызонт, заляганне, рэчыўны склад адкладаў, палеамагнетызм, палеабатанічныя даныя.

SOME RESULTS OF RESEARCH OF THE QUATERNARY
STRATIGRAPHIC BOUNDARY STRATOTYPE IN BELARUS
NEAR THE VILLAGES OF DVORETS AND KHOLMECH ON THE DNIEPER

S. Dziamidava, T. Yakubouskaya

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

The article provides brief information on the state of knowledge of occurrence conditions, lithological and material composition, paleomagnetism and paleobotanical features of the boundary deposits of the Neogene (the Kholmech horizon of the Upper Pliocene) and the Quaternary (the Dvoretz horizon of the Lower Pleistocene) in the stratotypical locality in the southeast of Belarus in the sections of the right bank of the Dnieper between the villages of Dvoretz and Kholmech. The main criteria for substantiating the boundary between the systems presented in the published materials are noted, and the tasks of further research are outlined. The figures show a general view of the outcrop near the village of Dvoretz and a layout of sections with paleobotanical materials – 17 pits and cuts on the right-bank floodplain of the Dnieper and 7 deep boreholes, 2 of which are on the floodplain and 5 are on the native bank.

Keywords: the lower boundary of the Quaternary, the Kholmech horizon, the Dvoretz horizon, occurrence conditions, lithological and material composition, paleomagnetism, paleobotanical data.

УДК 504.4.062.2:504.43

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ОХРАНЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ИСТОЩЕНИЯ В БЕЛОРУССКОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ ПРИПЯТИ

О. В. Васнёва, В. Е. Волков, О. А. Берёзко, Е. М. Черевач, Т. А. Кононова, К. Д. Ровкач

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
 Филиал «Институт геологии»
 ул. Академика Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь
 mail: nauka_ig@geologiya.by, gidrogeol@geologiya.by

На основе детального анализа многолетних данных мониторинга подземных вод в естественных (слабонарушенных) и нарушенных эксплуатацией условиях, изучения особенностей геолого-гидрогеологических условий, проведения полевых, опытно-фильтрационных работ, уточнения количественных характеристик, с учетом развития площадей воронок депрессий и их влияния на состояние близлежащих водных объектов в районах расположения водозабора Лучежевичи и Микашевичского горнодобывающего района разработаны прогнозные карты гидродинамического режима подземных вод, даны рекомендации по развитию локального мониторинга подземных вод, разработаны водоохраные мероприятия по рациональному использованию и охране подземных вод от истощения в белорусской части бассейна р. Припять.

Ключевые слова: геолого-гидрогеологические условия, мониторинг поверхностных и подземных вод, локальный мониторинг подземных вод, водоотбор, прогноз гидродинамического режима подземных вод, охрана подземных вод.

ВВЕДЕНИЕ

Подземные воды в Республике Беларусь по объемам ежегодного использования многократно превосходят массу всех вместе взятых других добываемых из недр природных ресурсов. Хозяйственно-питьевое водоснабжение в стране базируется на использовании пресных подземных вод. Поэтому наиболее актуальной задачей сегодня является решение вопросов рационального использования и их охраны от загрязнения и истощения. Ухудшение состояния подземных вод в результате интенсивной антропогенной деятельности на отдельных территориях республики и на фоне возможного преобразования климата может привести к необратимым изменениям в режиме подземных вод, именно поэтому весьма важно прогнозировать, когда и где могут произойти такие негативные изменения. К основным техногенным объектам, которые приводят к пока допустимому изменению гидродинамического режима подземных вод, относятся крупные городские водозаборные сооружения, карьерные водоотливы на обводненных месторождениях и региональные мелиоративные системы [12].

Климатические изменения (неравномерность внутригодового перераспределения стока, резкие оттепели в зимний период, ранние наступления весеннего половодья, и увеличение интенсивности дождевых паводков и т.д.) так или иначе влияют не только на режим поверхностных водных объектов,

но и на взаимосвязанные с ними подземные воды, что, в свою очередь, требует проведения различных адаптационных, природоохранных и других мероприятий для смягчения последствий такого влияния.

К наиболее уязвимой (чувствительной) к происходящим климатическим изменениям можно отнести южную часть бассейна р. Припять, особенно там, где, помимо природных (метеоусловия, гидрологические и геолого-гидрогеологические условия), накладываются и антропогенные факторы (групповые водозаборные сооружения, добыча различных полезных ископаемых, ведение сельского хозяйства, сеть мелиоративных каналов и др.).

Территория исследований характеризуется достаточно высокой степенью хозяйственного освоения. В регионе действуют предприятия как промышленного (нефтехимическая, горнодобывающая отрасли, машиностроение, металлообработка, легкая, пищевая, топливная, деревообрабатывающая промышленность, производство строительных материалов), так и агропромышленного комплекса (продовольствие и сельскохозяйственное сырье).

Эксплуатация подземных вод осуществляется групповыми водозаборами г. Минск, Мозырь, Калинковичи, Слуцк, Пинск, Пружины, а также множеством ведомственных и одиночных скважин из четвертичных и дочетвертичных отложений в количестве 69,6 млнм³/год [2; 6].

Использование разведанных эксплуатационных запасов подземных вод составляет 17,17 % от

утвержденных балансовых запасов (по категориям $A + B + C_1$), что свидетельствует об обеспеченности территории пресными подземными водами [11]. Вместе с этим интенсивный сосредоточенный отбор пресных подземных вод, водопонижение, мелиорация и т. д. приводят к изменениям естественных условий питания и разгрузки водоносных комплексов, при этом формирование крупных депрессионных воронок в подземных водах радиусом 5–7 км и более является причиной осушения смежных водоносных горизонтов (комплексов), выхода из строя мелиоративных объектов, оседания земной поверхности [13].

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для обоснования выбора ключевых объектов, прогноза гидродинамического режима и разработки рекомендаций по водоохранным мероприятиям территории исследований авторами собраны, систематизированы геолого-гидрогеологические материалы; с применением методов статистической обработки проанализированы данные Государственного водного кадастра и мониторинга подземных вод; разработаны критерии и выбраны ключевые объекты; выполнены полевые исследования (замеры уровней в колодцах, реках, мелиоративных каналах, обследование эксплуатационных и наблюдательных скважин и др.) с проведением опытно-фильтрационных работ (ОФР) по локальной сети скважин, расположенной в районе ключевых объектов; построены прогнозные карты гидродинамического режима подземных вод и даны рекомендации по водоохранным мероприятиям [1; 3; 4; 10].

Большой вклад в изучение особенностей геолого-гидрогеологических условий территории исследований, разведку и оценку запасов месторождений подземных вод, разработку математических моделей геофильтрации и геомиграции внесли С. С. Белецкий, М. Ф. Козлов, В. И. Пашкевич, В. И. Фоменко, К. А. Курило, А. М. Гречко и др.

В гидрогеологическом отношении большая часть территории бассейна р. Припять относится к Припятскому артезианскому бассейну. На западе она охватывает восточные склоны Брестского артезианского бассейна, а на севере – юго-западные склоны Оршанского артезианского бассейна. Границами между основными гидрогеологическими структурами являются линии подземного водораздела, проходящие по наиболее высоким участкам седловин и погребенных выступов [2; 5]. На территории исследований определены 5 основных водоносных комплексов, используемых для

хозяйственно-питьевого водоснабжения: днепровский-сожский водно-ледниковый комплекс (f,lgIId-sz), березинский-днепровский водно-ледниковый комплекс (f,lgIbr-IId), палеогеновый и неогеновый терригенный комплекс (P + N), меловой карбонатно-терригенный комплекс (K), верхнепротерозойский терригенный комплекс (R+V) (здесь и далее наименования и индексы водоносных горизонтов (комплексов) приводятся в соответствии с [9]).

На территории исследований (начиная с 1950–1960 гг.) проводится мониторинг подземных вод в естественных (слабонарушенных) и нарушенных эксплуатацией условиях (рис. 1).

По многолетним данным режимных наблюдений за состоянием уровней подземных вод (1989–2020 гг. по 25 гидрогеологическим постам) в естественных (слабонарушенных) условиях установлено, что основное влияние на ход уровней подземных вод на территории исследований оказывают метеорологические факторы. Наиболее засушливыми здесь были 2002, 2015, 2018 и 2020 гг., а полноводными – 1998, 2004, 2016 и 2017 гг., что отразилось на глубине залегания уровней подземных вод. К примеру, в 1998-й (полноводный год) уровень воды был на глубине 1,89–2,25 м, а в наиболее маловодном 2015 г. – на глубине 2,79–3,29 м. Весенние и осенние периоды характеризуются интенсивным питанием, а летний и зимний – расходом подземных вод.

В *нарушенных эксплуатацией условиях* положение уровня подземных вод напрямую зависит от величины водоотбора. При наличии тесных гидравлических взаимосвязей между грунтовыми водами и нижележащими эксплуатируемыми водоносными комплексами отмечаются синхронные колебания уровней подземных вод. На гидродинамический режим существенное влияние оказывает и добыча обводненных твердых полезных ископаемых под защитой карьерного водоотлива с последующим формированием региональной депрессионной воронки, в пределах которой происходит осушение водоносных горизонтов, заметное сокращение поверхностного стока и т. д. [11].

На основании обобщенной информации об особенностях гидродинамического режима, факторах его формирования в естественных и нарушенных эксплуатацией условиях и т. д. определены критерии для выбора ключевых объектов, которыми явились: максимальная величина водоотбора/водопонижения, наличие представительной сети наблюдательных скважин в естественных и нарушенных эксплуатацией условиях, продолжительность рядов наблюдений и т. д. С учетом перечисленного к ключевым объектам отнесены: *Микашевичский горнодобывающий район и водозабор Лучежевичи* (рис. 1) как наиболее крупные объекты сосредоточенного

гидродинамического воздействия на режим подземных и поверхностных вод, характеризующиеся взаимосвязью (открытостью) эксплуатируемого водоносного комплекса с поверхностными водами.

Важным явилось и то, что в районе расположения объектов проводятся наблюдения за изменением уровня режима подземных вод, имеются наиболее полные ряды данных.

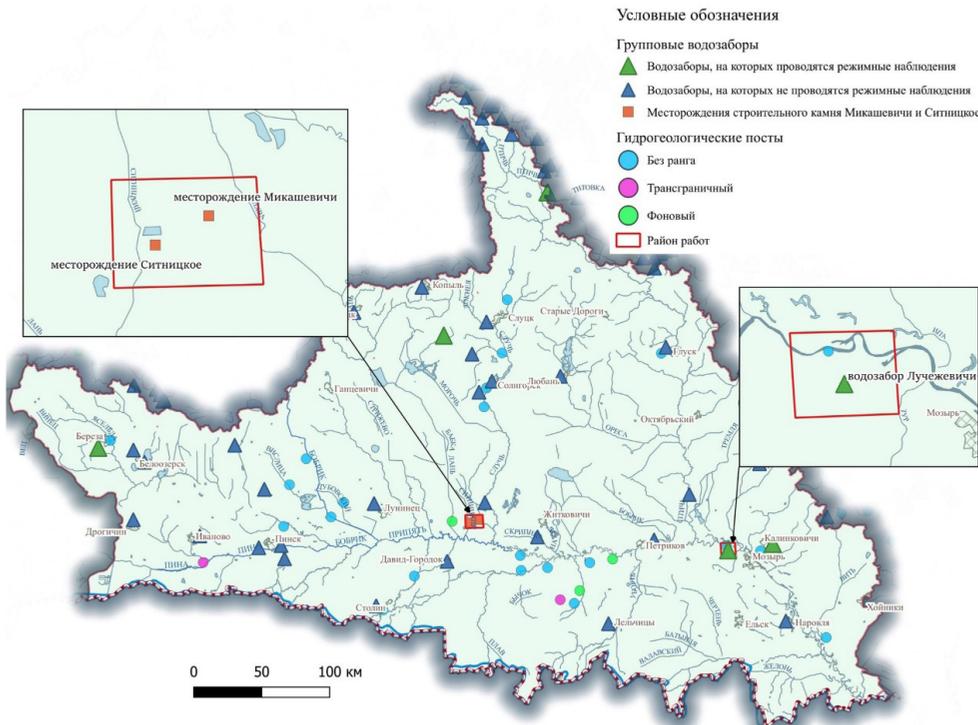


Рисунок 1 – Карта-схема расположения гидрогеологических постов и групповых водозаборов на территории бассейна р. Припять по данным [8; 11]

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Водозабор Лучежевичи расположен на левобережье р. Припять в 12–18 км северо-западнее г. Мозыря, был разведан для хозяйственно-питьевого водоснабжения Мозырского промрайона и эксплуатирует безнапорно-напорные подземные воды четвертичных, неогеновых и палеогеновых песчаных отложений с проектной производительностью более 100 тыс. м³/сут [6].

К естественным факторам формирования гидродинамического режима подземных вод в районе водозабора Лучежевичи относятся: климат, рельеф, геологическое строение, фильтрационные и емкостные свойства водовмещающих пород, наличие водоупоров, гидрология р. Припять и р. Тур. Формирование водоотбора обеспечивается на 80–90 % за счет привлечения речных вод.

Общее движение подземных вод в естественных условиях происходит с юга на север к долине р. Припять. Величина уклона зеркала подземных вод в среднем составляет 0,002. Дебиты скважин

при опробовании эксплуатируемого водоносного комплекса (Q + P) варьировали от 43,5 до 75,9 л/с при понижении уровня 4,5–7,2 м.

Под влиянием водоотбора (нарушенные эксплуатацией условия) на поверхности подземных вод сформировалась воронка радиусом до 3–6 км, максимальные размеры которой по изолинии 1,0 м наблюдались в 1993 г. и прослеживались до 2010 г. Развитие депрессии на север в значительной степени ограничивается рекой (особенно в паводковый период) и разгрузкой нижележащих напорных водоносных горизонтов. В дальнейшем по мере сокращения водоотбора его площадное влияние на уровеньный режим подземных вод постепенно уменьшилось.

Основываясь на подходах [1; 7], для участка водозабора Лучежевичи построены гидродинамические карты поверхности подземных вод в естественных и нарушенных эксплуатацией условиях, где гидродинамические сетки позволили определить основные элементы потоков: напоры, разность уровней (ΔS), градиенты, скорость фильтрации, расходы и оценить их изменение под влиянием водоотбора (рис. 2, 3).

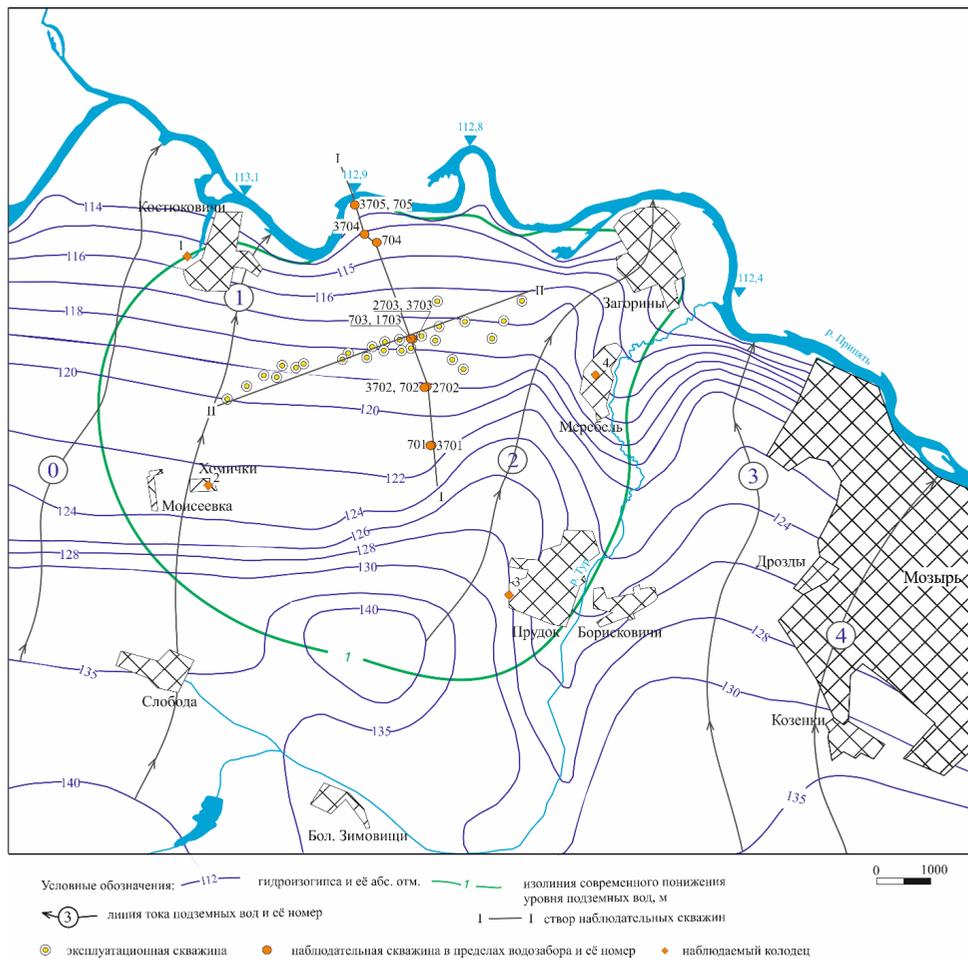


Рисунок 2 – Динамика подземных вод на участке водозабора Лучезевичи в естественных условиях

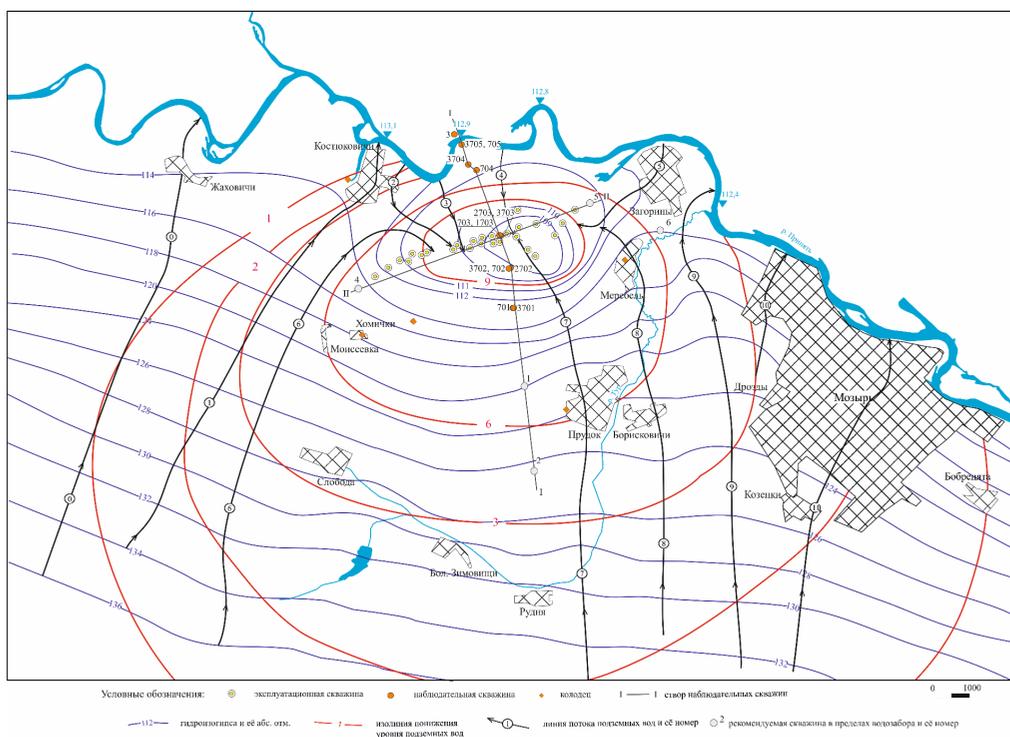


Рисунок 3 – Прогноз динамики подземных вод на участке водозабора Лучезевичи в нарушенных условиях

Основные гидродинамические характеристики режима потока показывают направление движения подземных вод, которое характеризуется линиями тока (линии равных напоров). Проекция линий равных напоров на горизонтальную поверхность представляют собой гидроизопезы (для напорных вод) и гидроизогипсы (для грунтовых вод).

Основная область питания напорно-безнапорного водоносного комплекса находится южнее исследуемого участка за изогипсой 130 м. Гидродинамическое влияние р. Тур более заметно в сторону коренного берега. Суммарный приток подземных вод в речную сеть с площади около 190 км² составляет 40 617 м³/сут. Модуль подземного питания речной сети (естественные ресурсы) составляет 2,47 л/с с км², что объясняется высокой степенью расчлененности рельефа правобережной части территории.

В нарушенных условиях режим определяется существенной деформацией гидродинамической сетки потока в нижнем течении междуречья р. Припять и р. Тур вследствие изменения ее первоначальных основных элементов – напоров, градиентов скорости фильтрации. Кроме линий тока 1–10 от водораздела, в депрессионную воронку по-

ступают потоки подземных вод по линиям тока 2–5 со стороны р. Припять, увеличились градиенты и скорости фильтрации подземных вод, сформировалась гидродинамическая сетка с основными линиями тока и падением напора в сторону водозаборных скважин (рис. 3).

В прогнозируемых нарушенных условиях водозабора Лучежевичи на поверхности водоносного комплекса сформируется по изолинии 2 м депрессионная воронка радиусом 3,0–12,5 км, площадью около 80 км², в пределах которой будут находиться западная окраина г. Мозыря, д. Бобренья, Костюковичи, Рудня, а также мелиоративные системы, водотоки и водоемы. Здесь могут выйти из строя местные источники водоснабжения (шахтные колодцы), поэтому необходимо предусмотреть ревизию их состояния, провести чистку и/или углубление колодцев. Понижение уровня менее 2 м прогнозируется на мелиоративных землях у д. Рудня и западнее д. Костюковичи, на которых после ревизии каналов может быть проведена их реконструкция (табл. 1).

В зону влияния с понижением 2–3 м попадут населенные пункты Дрозды, Козенки, Зимовищи, Слобода.

Таблица 1 – Рекомендуемые водоохранные мероприятия для рационального использования и охраны подземных вод от истощения в районе участка водозабора Лучежевичи

Понижение, м	Населенный пункт	Мелиоративная система	Водоток, водоем	Мероприятия		
				Населенный пункт	Мелиоративный объект	Водоток
1–2	Западная окраина г. Мозыря, д. Бобренья, Костюковичи, Рудня	Рудня, западнее Костюковичей	Верховья р. Тур	Ревизия, чистка и углубление колодцев	Реконструкция каналов	
2–3	д. Дрозды, Козенки, Зимовищи, Слобода	Малые и Большие Зимовищи, южнее Костюковичей	Канал Борисковичи, р. Тур южнее д. Борисковичи	Углубление колодцев, иглофильтров, бурение мелких скважин	Создание прудов-накопителей, шлюзование каналов	
>3	д. Загорины, Моисеевка, Хомички, Мербель, Прудок, Борисковичи	–	Канал Борисковичи р. Тур в нижнем течении	Централизованное водоснабжение	–	Перехват паводков и ливневых вод в водохранилищах

Здесь полностью могут выйти из строя существующие колодцы, а также мелиоративные системы у д. Зимовищи и южнее д. Костюковичи, мелиоративный канал Борисковичи и р. Тур (южнее д. Борисковичи). Восстановление водоснабжения

возможно с помощью бурения неглубоких скважин глубиной до 10–15 м или забивки иглофильтров в дно колодцев. Реконструкция и восстановление мелиоративных систем и каналов возможна с помощью прудов накопителей и шлюзования каналов.

В зону с понижением уровня более 3 м, значительно изменяющим режим подземных вод, попадут д. Моисеевка, Хомички, Загорье, Мербель, Прудок и Борисковичи, а также р. Тур в нижнем течении. Здесь должна быть предусмотрена организация централизованного водоснабжения с помощью одиночных эксплуатационных скважин или от водозабора Лучежевичи.

На основании результатов прогнозирования установлено, что существующая в преде-

лах водозабора сеть мониторинга недостаточна и может быть оптимизирована путем продления створа I-I, а именно организации наблюдений за состоянием подземных вод в скважинах 1 и 2 (для изучения склонового и водораздельного режимов), при этом в скважине 2 (до начала увеличения водоотбора) можно наблюдать фоновый водораздельный режим (табл. 2, рис. 3).

Таблица 2 – Предложения по оптимизации государственной сети наблюдений за состоянием подземных вод на участке водозабора Лучежевичи с учетом прогнозного изменения гидродинамического режима

№ п/п	Пункты наблюдений		Вид пункта наблюдений	Индекс водоносного горизонта (комплекса) [9]	Створ	Тип гидродинамического режима
	Действующие	Перспективные				
1	701	-	Скважина	P+Q	I-I	Нарушенный склоновый режим
2	3701	-	Скважина	f,lgl-II	I-I	
3	702	-	Скважина	P+Q	I-I	
4	2702	-	Скважина	P,kv	I-I	
5	3702	-	Скважина	f,lgl-II	I-I	
6	703	-	Скважина	P+Q	I-I	Нарушенный режим в центре депрессии
7	1703	-	Скважина	K,t-km	I-I	
8	2703	-	Скважина	P,kv	I-I	
9	3703	-	Скважина	f,lgl-II	I-I	Прирусловый нарушенный режим
10	704	-	Скважина	P+Q	I-I	
11	3704	-	Скважина	f,lgl-II	I-I	Пойменный нарушенный режим
12	705	-	Скважина	P+Q	I-I	
13	3705	-	Скважина	f,lgl-II	I-I	Нарушенный склоновый режим
14	-	1	Скважина	P+Q	I-I	
15	-	2	Скважина	P+Q	I-I	Фоновый водораздельный режим
16	-	3	Скважина	aIV	I-I	Фоновый пойменный режим
17	-	4	Скважина	P-N	II-II	Режим на флангах водозабора
18	-	5	Скважина	P-N	II-II	
19	-	6	Скважина	f,lgl-II	-	Прирусловый режим р. Тур
20	-	1	Колодец	aIIIpz	-	Прирусловый режим грунтовых вод
21	-	2	Колодец	aIIIpz	-	Склоновый режим грунтовых вод
22	-	3	Колодец	fId ^s	-	
23	-	4	Колодец	fId ^s	-	

На севере, в скважине 3 за рекой, должны осуществляться наблюдения фонового пойменного режима и контролировать условия взаимосвязи подземных и поверхностных вод. В створе II-II, проходящем через линию водозабора, на западном и восточном флангах водозабора рекомендуется проводить наблюдения в скважинах 4 и 5. В скважине 6, расположенной на левом берегу р. Тур, необходимо организовать постоянные наблюдения за условиями взаимосвязи подземных и поверхностных вод (рис. 3).

Колодцы в населенных пунктах д. Костюковичи, Моисеевка, Прудок и Мербель находятся в рабочем состоянии и могут быть использованы без каких-либо существенных затрат в качестве по-

стоянных наблюдательных пунктов для контроля положения уровня подземных вод в границах современной депрессионной воронки и его снижения при увеличении водоотбора на водозаборе Лучежевичи.

В состав *Микашевичского горнодобывающего района* входят разрабатываемое с 1973 г. месторождение строительного камня Микашевичи и осваиваемое с 2015 г. месторождение строительного камня Ситницкое. В составе полезного ископаемого преобладают граниты (около 90 %).

Широкомасштабная разработка горнодобывающего района ведется открытым способом под защитой карьерного водоотлива с максимальной

производительностью свыше 120 тыс. м³/сут. В общем балансе формирования карьерного водоотлива доля подземных вод на этапе стабилизации составляет около 80 %, остальная часть приходится на приток из ближайших водотоков и водоемов с подземным стоком, приток атмосферных осадков со склоновым стоком с прилегающих территорий.

При разработке месторождений с карьерным водоотливом на месторождениях формируются депрессионные воронки, в пределах которых происходит осушение обводненных пластов, снижение уровня в водоносных горизонтах и сокращение поверхностного стока. Развитие депрессионных воронок в напорных горизонтах происходит значительно быстрее, чем при осушении безнапорных пластов [13].

В региональной депрессии под воздействием водоотлива из месторождения Микашевичи прекратился сток в р. Вальчувка, р. Волохва, кан. Ситницкий и Гленбока. В зону заметного влияния в перспективе попадут каналы Глухая Лань, Панговский, р. Случь и р. Припять. Согласно исследованиям А. М. Гречко, В. Е. Волкова и др. при эксплуатации месторождения Микашевичи произошли и гидрохимические изменения поверхностных и подземных вод (привлечение соленых вод из более глубоководных водоносных горизонтов).

Гидрогеологические условия месторождений Ситницкое и Микашевичи довольно схожие. Основными водоносными горизонтами и комплексами, распространенными в районе Микашевичского горнодобывающего комплекса, являются водоносные горизонты (комплексы) четвертичных, неогеновых, палеогеновых, меловых, юрских, каменноугольных, девонских и протерозойских отложений. Удельные значения водопритоков, рассчитанные для площади запасов по промышленным критериям, практически одинаковы.

Гидродинамический режим безнапорно-напорных подземных вод четвертичного, палеоген-неогенового водоносного комплекса в первую очередь определялся дренирующим влиянием русел р. Лань, р. Случь, р. Припять, а также сетью мелиоративных каналов.

В естественных условиях основная область питания эксплуатируемого водоносного комплекса находилась в северной части междуречья, выше гидроизогипсы 132 м. Основные линии тока междуречья 1–4 направлены от области питания с севера на юг в сторону р. Припять. Напорные градиенты составляют $4,2-4,8 \times 10^{-4}$, скорость потока изменяется в пределах $2,8-3,2 \times 10^{-3}$ м/сут. Суммарный рас-

ход потока подземных вод, поступающих из междуречья непосредственно в русло р. Припять, равен 1576 м³/сут. При этом минимальная скорость потока $2,8 \times 10^{-3}$ м/сут, характерна для линии тока 3 в центральной, наиболее заболоченной части междуречья. Линии тока 5–8 направлены в сторону русла р. Случь. Напорные градиенты составляют $4,0-5,0 \times 10^{-4}$ м/сут, а скорость фильтрации потока изменяется в пределах $2,7-3,4 \times 10^{-3}$ м/сут. Суммарный расход потока подземных вод непосредственно в р. Случь – 961 м³/сут (рис. 4).

Гидродинамическая сетка фильтрационного потока подземных вод междуречья в естественных условиях наиболее деформирована, особенно в паводковые и в меньшей степени в межсезонные периоды. Суммарный приток подземных вод из заболоченного междуречья в естественных условиях составляет 2537 м³/сут, при этом модуль подземного стока в р. Припять, Случь, Лань – не более 0,1 л/с на км², что объясняется значительным превышением испарения над инфильтрации атмосферных осадков в зоне аэрации мощностью не более 1,0–1,5 м.

В прогнозируемых нарушенных условиях междуречья основное направление линий тока подземных вод определяется дренирующим влиянием водоотлива из карьеров Микашевичского горнодобывающего района при проектной глубине отработки полезного ископаемого (рис. 5).

Гидродинамический режим подземных вод в нарушенных условиях характеризуется изменением его первоначальных элементов (напоров, градиентов, скорости фильтрации и расходов) вследствие техногенной деформации гидродинамической сетки потока в междуречьи. Основные линии тока 2–7 от области питания с северной части междуречья с градиентами от $1,0 \times 10^{-2}$ до $8,6 \times 10^{-3}$ направлены в стороны котлованов Микашевичского горнодобывающего района, максимальный градиент находится на линии тока 4 (центр депрессии). Линия тока 1 вдоль р. Лань ограничивает с запада современное гидродинамическое влияние водоотлива из карьеров. С севера и северо-востока в котлованы поступает около 12 400 м³/сут воды. Линия тока 8 вдоль р. Случь с градиентом $4,3 \times 10^{-4}$ ограничивает совместное влияние водоотлива на востоке. Вдоль линий тока 10–13 с максимальными градиентами $1,4 \div 1,5 \times 10^{-2}$, со стороны р. Припять, в депрессию привлекается около 15 100 м³/сут подземных вод. Остаточный поток в р. Припять по линиям тока 14–17 с градиентами $2,2 \div 4,3 \times 10^{-2}$ не превышает 560 м³/сут воды.

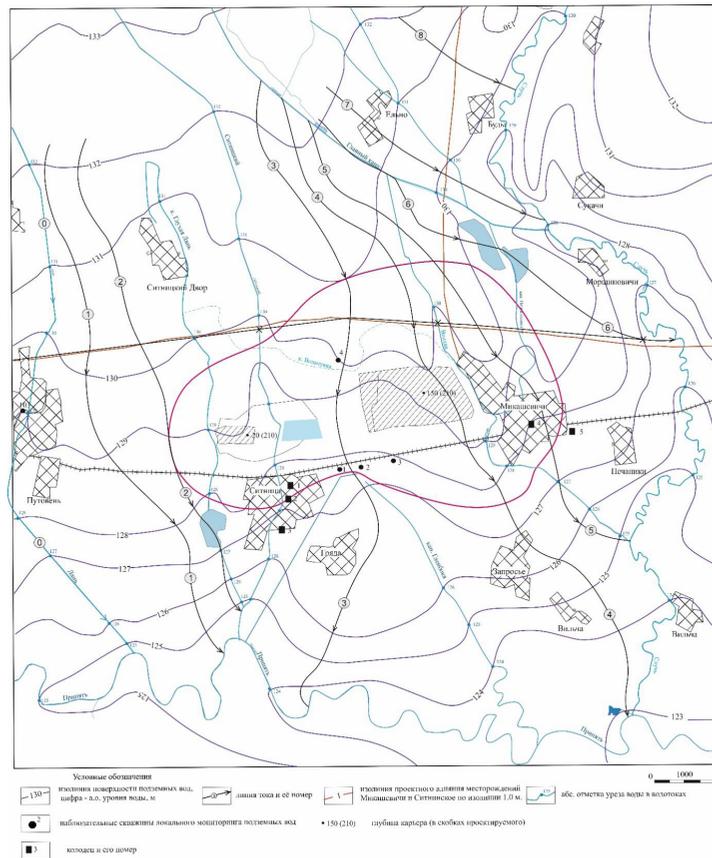


Рисунок 4 – Динамика подземных вод в районе расположения Микашевичского горнодобывающего района в естественных условиях

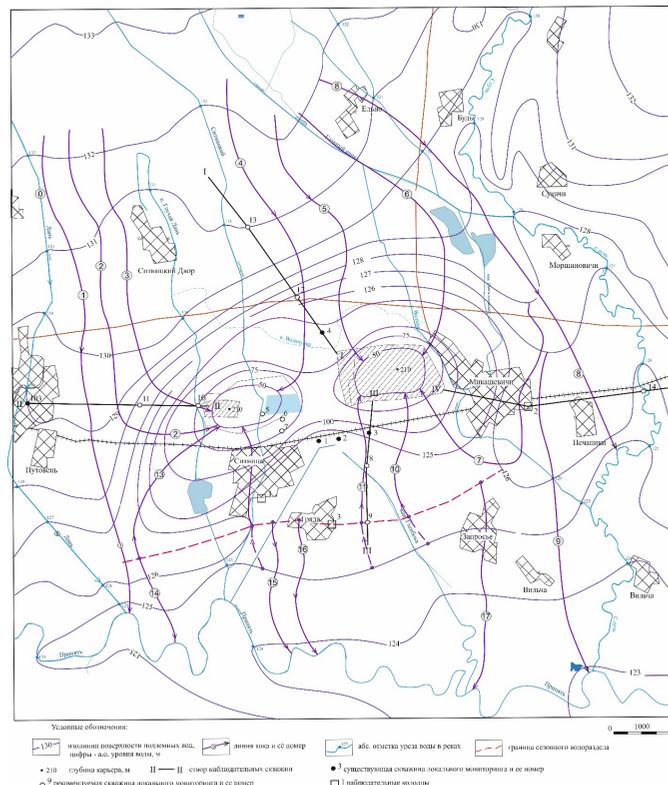


Рисунок 5 – Прогноз динамики подземных вод в районе расположения Микашевичского горнодобывающего района в нарушенных карьерным водоотливом условиях

Естественный гидродинамический режим подземных вод в нижнем течении междуречья р. Лань и р. Случь на площади около 300 км² трансформируется под влиянием карьерного водоотлива при совместном освоении месторождений Микашевичи и Ситницкое. Увеличатся градиенты фильтрации подземных вод, возрастут скорости потоков и изменится их основное направление ламинарного потока с севера на юг в сторону р. Припять на радиальную фильтрацию в сторону карьерных котлованов. Основные потоки подземных вод будут направлены в сторону карьерных котлованов глубиной 100–150 м и более.

Стабильный приток подземных вод в карьерные котлованы (без учета атмосферных осадков и увеличения инфильтрации) составит 27,0 тыс.м³/сут. Минимальный общий дренаж подземных вод речной сетью и котлованами, рассчитанный по гидродинамическим параметрам, будет равен 28,3 тыс. м³/сут. Прогнозный модуль питания подземных вод за счет увеличения инфильтрации атмосферных осадков и сокращения испарения в зоне аэрации составит около 1,1 л/с с км², что вполне соответствует проведенным ранее исследованиям по оценке естественных ресурсов подземных вод в бассейне р. Припять.

В нарушенных гидродинамических условиях произойдет существенное изменение взаимовлияния поверхностных и подземных вод, а именно в результате деформации гидродинамической сетки сократится приток подземных вод в речную сеть; основные линии тока подземных вод будут направлены в сторону котлованов под воздействием их дренирующего влияния.

В результате регионального гидродинамического воздействия карьерного водоотлива на месторождениях Микашевичи и Ситницкое на поверхно-

сти напорно-безнапорного водоносного комплекса сформируются объединенные депрессионные воронки радиусом от 3–4 до 7–8 км и общей площадью около 75 км² (рис. 5).

В зону влияния попадут населенные пункты Микашевичи, Ситница, каналы Глухая Лань, Ситницкий, Вольчувка, Волхва, Гленбока, Пангаловский, шламохранилище, р. Случь и р. Припять. На фоне региональной депрессии от карьерного водоотлива под локальным гидродинамическим воздействием шламохранилища сформируется купол засоленных вод радиусом 1,5–2,0 км, который частично дренируется каналом Ситницкий.

Для снижения последствий негативного воздействия водоотлива на природную среду предлагается выполнить комплекс водоохраных мероприятий, направленных на сохранение источников водоснабжения в населенных пунктах и поддержание стока в мелиоративных каналах за счет пресных подземных вод, полученных при раздельном дренаже из карьерного котлована или путем перехвата стока атмосферных осадков в паводковые периоды, а именно:

- в краевых частях депрессии при понижении уровня воды 1–5 м в населенных пунктах возможно сохранение источников водоснабжения в виде колодцев при их чистке или углублении путем забивки иглофильтров в дно шахтных колодцев;

- поддержание стока мелиоративных каналов возможно при создании резервного водохранилища в верховьях канала Ситницкий, между населенными пунктами Ситницкий Двор и Ельно, а также создания дополнительного накопителя пресных карьерных вод, полученных в результате системы раздельного дренажа подземных вод на северном уступе 90 м карьера Микашевичи (табл. 3).

Таблица 3 – Рекомендуемые водоохраные мероприятия для рационального использования и охраны подземных вод от истощения в районе месторождений строительного камня Микашевичи и Ситницкое

Понижение м	Населенный пункт, промзона	Водоток, водоем	Мелиоративная система	Мероприятия		
				Населенный пункт	Мелиоративный объект	Водоток, водоем
1–5	д. Ситница, г. Микашевичи	Каналы Гленбока, Глухая Лань, Ситницкий, Волхва, Панталовский, судоходный канал	Урочище Сухильно, Свидно, Навины, Погибли	Ревизия, чистка и углубление колодцев с помощью иглофильтров	Чистка и реконструкция каналов, поддержание стока за счет водохранилища в верховьях канала Ситницкий	
5–30		Каналы Глухая Лань, Ситницкий, Волхва, Панталовский, пруды в городе Микашевичи	Урочище Навины	Бурение скважин		–
30–50	г. Микашевичи, д. Ситница промзона	Шламохранилище	–	Централизованное водоснабжение	–	Перенос шламохранилища, создание накопителя карьерных пресных вод

ГЕОЛОГИЯ

Также необходимо отметить, что при составлении прогноза изменения гидродинамического режима подземных вод междуречья, в результате совместного влияния карьерного водоотлива на месторождения Микашевичи и Ситницкое установлено, что существующая сеть мониторинга подземных вод, состоящая

из 4 скважин на грунтовые воды глубиной 12–15 м, прилегающих к карьеру Микашевичи, недостаточна (рис. 5). Сеть мониторинга должна быть значительно расширена и дополнена наблюдательными пунктами в виде 4 створов со скважинами глубиной до 40–50 м и колодцами в населенных пунктах (табл. 4).

Таблица 4 – Предложения по оптимизации государственной сети наблюдений за состоянием подземных вод на участках месторождений Микашевичи – Ситницкое с учетом прогнозного изменения гидродинамического режима

№ п/п	Пункты наблюдений		Вид пункта наблюдений	Индекс водоносного горизонта [9]	Створ	Тип режима подземных вод	Рекомендации	
	действующие	перспективные						
1	1	-	Скважина	laIIIpz	-	Нарушенный режим грунтовых вод	Углублять скважины при постоянном падении уровня	
2	2	-	Скважина	laIIIpz	-			
3	3	-	Скважина	laIIIpz	III-III			
4	4	-	Скважина	laIIIpz	I-I			
5	103	-	Скважина	P+N	II-II	Естественный склоновый режим водоносного комплекса в долине р. Лань		
6	-	5	Скважина	f,lgI-II	-	Фильтрация из шламохранилища в канал Ситницкий		
7	-	6	Скважина	f,lgI-II	-	Фильтрация из шламохранилища		
8	-	7	Скважина	f,lgI-II	-			
9	-	8	Скважина	f,lgI-II	III-III	Режим сезонного водораздела между р. Припять и карьерами		
10	-	9	Скважина	aIV	III-III	Режим сезонного водораздела		
11	-	10	Скважина	laIIIpz	II-II	Условия взаимосвязи подземных вод и кан. Глухая Лань		
12	-	11	Скважина	laIIIpz	II-II	Слабонарушенный режим междуречья		
13	-	12	Скважина	f,lgI-II	I-I	Нарушенный режим междуречья		
14	-	13	Скважина	laIIIpz	I-I	Слабонарушенный режим междуречья		
15	-	14	Скважина	f,lgI-II	IV-IV	Естественный прирусловый режим в долине р. Случь		
16	-	1	Колодец	laIIIpz	-	Нарушенный режим грунтовых вод		Углубить и почистить колодец в д. Ситница
17	-	2	Колодец	laIIIpz	IV-IV			Углубить и почистить колодец на ЮВ окраине г. Микашевичи
18	-	3	Колодец	laIIIpz	-	Режим сезонного водораздела		Обследовать и почистить колодец в д. Гряда

Предлагается создать створ I–I северо-западнее от существующей скважины 4 в сторону области питания грунтовых вод и организовать наблюдения в скважинах 12 и 13 по мере развития депрессии в этом направлении, что позволит контролировать изменение питания водоносного горизонта со стороны водораздела.

К западу от месторождения Ситницкое (в сторону р. Лань) предлагается создать створ II–II (скважины 10, 11 и 103), который позволит получать сведения об условиях изменения взаимосвязи подземных и поверхностных вод канала Глухая Лань в процессе снижения уровня воды (скважина 10) и слабонарушенном режиме междуречья

(скважина 11). По скважине 103 продолжить наблюдения за склоновым режимом (естественные условия) долины р. Лань.

В створ III–III предлагается включить скважины 3, 8, 9 в южном направлении, в сторону р. Припять, что позволит изучать условия взаимосвязи подземных и поверхностных вод. В скважинах 8, 9 будет наблюдаться режим сезонного «плавающего» водораздела между р. Припять и карьерами, проходящем в полосе между двумя гидроизогипсами 125 м (рис. 5). В колодце 3, расположенном в д. Гряды, после обследования можно также наблюдать режим уровней «плавающего» водораздела.

Створ IV–IV направлен от карьера в сторону р. Случь и будет состоять из колодца 2 (юго-восточная окраина г. Микашевичи) и скважины 14 (правый берег р. Случь). В колодце 2 фиксируется увеличение влияния водоотлива. В скважине 14 наблюдается прирусловый режим подземных вод на правом берегу р. Случь. Колодцы 1–3 (в населенных пунктах Микашевичи, Ситница и Гряды) после обследования и чистки могут использоваться в качестве постоянных пунктов наблюдения за режимом грунтовых вод.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основе выполненных исследований дан прогноз изменения гидродинамического режима на участке водозабора Лучежевичи и в районе разработки месторождений строительного камня Микашевичи и Ситницкое.

В прогнозируемых нарушенных условиях водозабора Лучежевичи на поверхности водоносного комплекса по изолинии 1,0 м сформируется депрессионная воронка радиусом 3,0–12,5 км, площадью около 80 км². В зону влияния водозабора попадут населенные пункты с источниками водоснабжения, мелиоративные системы, водотоки и водоемы с различной степенью изменения гидродинамического режима.

В зависимости от степени изменения гидродинамического режима в прогнозной депрессии от

влияния водозабора Лучежевичи предложены водоохраные мероприятия, направленные на рациональное использование и охрану подземных вод, водотоков и мелиоративных систем.

Карьерный водоотлив при совместной разработке месторождений Микашевичи и Ситницкое в перспективе будет также источником регионального гидродинамического влияния в нижнем течении междуречья Лань – Случь. В результате гидродинамического воздействия водоотлива на поверхности напорно-безнапорного водоносного комплекса сформируются объединенные депрессионные воронки по изолинии понижения 1,0 м радиусом от 3–4 до 7–8 км и общей площадью около 75 км². В зону влияния водоотлива попадут населенные пункты Микашевичи, Ситница, каналы Глухая Лань, Ситницкий, Вальчувка, Волхва, Гленбока, Пангаловский, шламохранилище, р. Случь, р. Припять.

Для снижения последствий негативного воздействия водоотлива предложен комплекс водоохраных мероприятий, направленных на сохранение источников водоснабжения в населенных пунктах и поддержание стока в мелиоративных каналах.

Разработанные рекомендации по рациональному использованию и охране подземных вод от истощения в бассейне р. Припять на примере участков водозабора Лучежевичи и Микашевичского горнодобывающего района позволят постепенно осуществлять водоохраные мероприятия на основе конкретных данных наблюдений оптимизированной сети мониторинга, по мере расширения влияния ключевых объектов на подземную гидросферу.

Результаты исследований получены в ходе выполнения научно-исследовательской работы «Исследование взаимовлияния поверхностных и подземных вод в условиях изменяющегося климата» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» подпрограммы 10.1 «Природные ресурсы и их рациональное использование» на 2021–2025 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Боревский, Б. В.** Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек / Б. В. Боревский [и др.]. – 2-е изд. – М. : Недра, 1979. – 103 с.
2. Гидрогеологическое районирование территории Белорусской ССР / А. П. Лавров [и др.] // Подземные воды Белоруссии, их использование и охрана : сб. науч. тр. / под общ. ред. С. П. Гудака. – Минск : БелНИГРИ, 1981. – С. 3–32.
3. **Климентов, П. П.** Динамика подземных вод / П. П. Климентов [и др.]. – М. : Высш. шк., 1973. – 440 с.
4. **Ковалевский, В. С.** Комбинированное использование ресурсов поверхностных и подземных вод / В. С. Ковалевский. – М. : Науч. мир, 2001. – 332 с.
5. **Козлов, М. Ф.** Гидрогеология Припятского Полесья / М. Ф. Козлов. – Минск : Наука и техника, 1977. – 272 с.

6. **Методика** создания многопластовых геофильтрационных моделей для обоснования рационального использования месторождений подземных вод / В. И. Фоменко [и др.] // Рациональное природопользование в районах избыточного увлажнения : тез. докл. всесоюз. конф., Светлогорск, 3–5 окт. 1989 г. / Калинингр. гос. ун-т. – Калининград, 1989. – С. 152–153.

7. **Минкин, Е. Л.** Взаимосвязь подземных и поверхностных вод и ее значение при решении некоторых гидрогеологических и водохозяйственных задач / Е. Л. Минкин. – М. : Стройиздат, 1973. – 103 с.

8. **Мониторинг** подземных вод / О. А. Березко [и др.] // Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: результаты наблюдений, 2023 год / под общ. ред. Е. А. Мельник. – Минск : ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», 2024. – С. 142–181.

9. **Нормы** и правила рационального использования и охраны недр ГеоНиП 17.08.03-008-2022 «Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Порядок заполнения паспортов, каталогов, регистрационных карт месторождений (их частей) и проявлений полезных ископаемых, геотермальных ресурсов недр, одиночных водозаборов, отдельных буровых скважин, предназначенных для добычи углеводородов, а также подземных пространств, которые используются или могут быть использованы для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых, и их учета» : утв. постановлением М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 19 дек. 2022 г. № 29-Т : вступ. в силу с 1 апреля 2023 г. – Минск : 2023. – 61 с.

10. **Общий** подземный сток БССР / С. С. Белецкий // Комплексное использование и охрана подземных вод БССР. – Минск : БелНИГРИ, 1976. – С. 20–36.

11. **Подземные** воды [Электронный ресурс] / О. А. Березко [и др.] // Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2023 г.). – Минск : Минприроды, Минздрав. – Режим доступа: <https://www.cricuwr.by/publications/archive-cadastral-information>. – Дата доступа: 28.01.2025.

12. **Рекомендации** по рациональному использованию и охране подземных вод от истощения в белорусской части бассейна реки Западный Буг / О. В. Васнева [и др.] // Літасфера. – 2023. – № 2 (59). – С. 53–60.

13. **Шестаков, В. М.** Теоретические основы подпора, водопонижения и дренажа / В. М. Шестаков. – М. : Изд-во Моск. гос. ун-та, 1965. – 233 с.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 26.03.2025

Рэцэнзент А. М. Галкін

РЭКАМЕНДАЦЫІ ПА РАЦЫЯНАЛЬНЫМ ВЫКАРЫСТАННІ І АХОВЕ ПАДЗЕМНЫХ ВОД АД СПУСТАШЭННЯ Ё БЕЛАРУСКАЙ ЧАСТЦЫ БАСЕЙНА РАКІ ПРЫПЯЦІ

В. У. Васнёва, У. Я. Волкаў, В. А. Бярозка, А. М. Чэравач, Т. А. Конанава, К. Д. Роўкач

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

На аснове дэталёвага аналізу шматгадовых даных маніторынгу падземных вод у прыродных (слабападушаных) і парушаных эксплуатацыяй умовах, вывучэння асаблівасцей геолога-гідрагеалагічных умоў, правядзення палявых, доследна-фільтрацыйных работ, удакладнення колькасных характарыстык, з улікам развіцця плошчаў варонак дэпрэсій і іх уплыву на стан найбліжэйшых водных аб'ектаў у раёнах размяшчэння водазабору Лучажэвічы і Мікашэвіцкага горназдабываючага раёна распрацаваны прагнозныя карты гідродынамічнага рэжыму падземных вод, дадзены рэкамендацыі па развіцці лакальнага маніторынгу падземных вод, распрацаваны водаахоўныя мерапрыемствы па рацыянальным выкарыстанні і ахове падземных вод ад спусташэння ў беларускай частцы басейна р. Прыпяць.

Ключавыя словы: геолога-гідрагеалагічныя ўмовы, маніторынг паверхневых і падземных вод, лакальны маніторынг падземных вод, водаадбор, прагноз гідродынамічнага рэжыму падземных вод, ахова падземных вод.

RECOMMENDATIONS FOR THE RATIONAL USE AND PROTECTION OF GROUNDWATER FROM DEPLETION IN THE BELARUSIAN PART THE PRIPYAT RIVER BASIN

O. Vasneva, V. Volkov, O. Berezko, E. Cherevach, T. Kononova, K. Rovkach

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

Based on a detailed analysis of long-term data of groundwater monitoring in natural conditions (slightly disturbed) and conditions disturbed by exploitation, study of geological and hydrogeological conditions, field work and groundwater inflow testing, and refinement of quantitative characteristics, taking into account development of depression funnel areas and their impact on the state of nearby water bodies in the areas of the Luhezhevichi water intake and the Mikashevichi mining region, forecast maps of groundwater hydrodynamic regime have been developed, recommendations for development of local groundwater monitoring were given, and water protection measures for rational use and protection of groundwater from depletion in the Belarusian part of the Pripyat River basin were developed.

Keywords: geological and hydrogeological conditions, surface water monitoring, groundwater monitoring, local groundwater monitoring, water sampling, forecast of groundwater hydrodynamic regime, groundwater protection.

ГЕАХІМІЯ

УДК 551.464.6.02; 551.734.2;551.734.3 (476)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОТОПНЫХ (С, О) ВАРИАЦИЙ В ОТЛОЖЕНИЯХ НИЖНЕ- И СРЕДНЕДЕВОНСКИХ ГОРИЗОНТОВ НА ЛАТВИЙСКОЙ И ЖЛОБИНСКОЙ СЕДЛОВИНАХ, СЕВЕРО-ПРИПЯТСКОМ ПЛЕЧЕ И ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЕ (БЕЛАРУСЬ)

А. А. Махнач¹, Б. Г. Покровский², А. Г. Лапцевич¹, О. Ф. Кузьменкова¹, Г. Д. Стральцова¹,
Н. С. Яковлева¹, О. В. Мурашко¹

¹Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

Филиал «Институт геологии»

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

E-mail: amahnach1951@gmail.com

²Геологический институт РАН

Пыжевский пер., 7, 119017, Москва, Россия

E-mail: pokrov@ginras.ru

В статье описана попытка погоризонтной изотопной (С, О) корреляции ниже- и среднедевонских отложений Беларуси в разрезах скважин Северо-Полоцкая (на юго-востоке Латвийской седловины), Быховская (в зоне сочленения Оршанской впадины и Жлобинской седловины), Кормянская (на Жлобинской седловине), Приволье (на Северо-Припятском плече Припятского прогиба) и ГГК-1 (на юго-западном краю Воронежской антеклизы). Изучались следующие горизонты: витебский горизонт (эмс), адровский и освейский (нижний эйфель), городокский (средний эйфель), костюковичский (верхний эйфель). Показано, что изотопная информация может служить для определения эпизодов эвапоритизации, усиления и ослабления континентального стока, обмеления седиментационного бассейна, окисления рассеянного органического вещества в осадке, для корреляции разрезов, оценки характера постседиментационных изменений отложений. Не всегда наблюдается согласованность в поведении величин $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$, с одной стороны, и литофациальных параметров – с другой. Таким образом, изотопные данные в ряде случаев могут служить самостоятельным показателем вариаций условий образования и преобразования отложений.

Ключевые слова: Беларусь, Латвийская и Жлобинская седловины, Северо-Припятское плечо, Воронежская антеклиза, нижний и средний девон, изотопы углерода и кислорода.

ВВЕДЕНИЕ

В 2019–2024 гг. опубликованы результаты изотопно-геохимических исследований ниже- и среднедевонских отложений пяти белорусских разрезов [3; 4; 11; 12; 14–18]. Эти разрезы вскрыты параметрическими скважинами Северо-Полоцкая (на юго-востоке Латвийской седловины), Быховская (в зоне сочленения Оршанской впадины и Жлобинской седловины), Кормянская (на Жлобинской седловине), Приволье (на Северо-Припятском плече Припятского прогиба) и картировочной скважиной ГГК-1 (на юго-западном краю Воронежской антеклизы) (рис. 1). Были охарактеризованы вариации изотопного состава углерода и кислорода в карбонатном материале пород нижнего и среднего девона отдельно взятых разрезов и сделан сравнительный анализ изотопных вариаций в отдельно взятых стратиграфических интервалах.

В настоящей статье кратко суммированы результаты попытки погоризонтной изотопной кор-

реляции отложений всей изучавшейся части нижнего и среднего девона, включающей витебский горизонт (эмс), адровский и освейский (нижний эйфель), городокский (средний эйфель), костюковичский (верхний эйфель).

Эти отложения широко распространены на Восточно-Европейской платформе [2; 6; 8; 9; 19].

Витебский горизонт коррелируется с нижней частью ряжского горизонта России и резекненским горизонтом Прибалтики; адровский – аналог верхней части ряжского горизонта и пярнуского горизонта названных регионов соответственно.

Освейский горизонт, находящийся в основании наровского надгоризонта, коррелируется с дорогобужским горизонтом России и вадьяским подгоризонтом наровского горизонта Литвы.

Городокский горизонт, средняя часть наровского надгоризонта, – коррелирует клинцовского и мосоловского горизонтов России и лейвуского подгоризонта наровского горизонта Литвы.

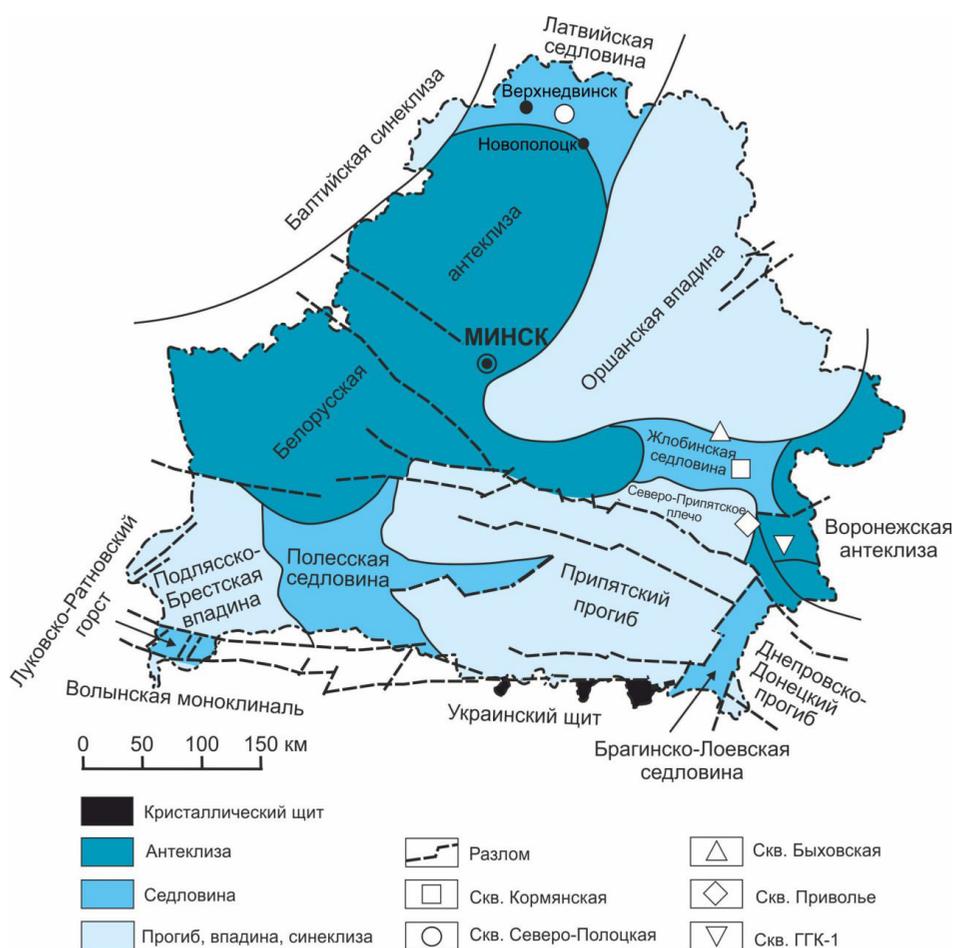


Рисунок 1 – Расположение скважин, материалы по которым использованы в работе, на схеме тектонического районирования территории Беларуси [6]

Костюковичский горизонт, завершающая часть наровского надгоризонта, – аналог черноморского горизонта России и кярнавского подгоризонта наровского горизонта Литвы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исходный аналитический материал, данный в табличном виде в предыдущих публикациях [3; 4; 11; 12; 14–18], включал результаты измерений изотопного состава углерода и кислорода в карбонатном компоненте пород, определения карбонатности и содержания органического углерода (C_{org}).

Изотопные определения углерода и кислорода производились на масс-спектрометре Delta V Advanced с использованием установки Gas-Bench-I в лаборатории геохимии изотопов и геохронологии Геологического института РАН (Москва). Изотопные отношения $\delta^{13}C$ и $\delta^{18}O$ даны относительно стандарта PDB. Точность (воспроизводимость) определений находится в пределах $\pm 0,2 \text{ ‰}$.

Карбонатность пород по методу В. Н. Щербини и газометрическим методом и содержание C_{org}

оксидометрическим методом определялись Г. И. Лучиной в Институте геологии (Минск).

Выбранные для изучения разрезы характеризуются существенным литофациальным разнообразием, что давало возможность проверить, сопровождаются ли вариации в строении горизонтов и наборе литотипов от скважины к скважине изотопными вариациями, и тем самым оценить валидность изотопной хемотратиграфии для нижне-среднедевонских отложений Беларуси.

В разрезе витебского горизонта (эмс) скв. ГГК-1 присутствуют гравелиты, а в скв. Кормянская их нет. В скв. Северо-Полоцкая доминируют мергели и доломиты и имеются проявления гипса, в то время как в Кормянском разрезе преобладают песчаники, и в нем, как и в скв. ГГК-1, гипса нет.

Отложения адровского горизонта нижнего эйфеля в скв. ГГК-1 представлены в основном песчаниками, а в скв. Кормянская – доломитами; образования освейского горизонта (нижний эйфель) в первом разрезе не содержат сульфатных проявлений, а во втором – сплошь загипсованы. Среди нижнеэйфельских образований Северо-Полоцко-

го разреза нет песчаников, но многочисленны гипсовые проявления, в Кормяном разрезе песчаники редки и много карбонатно-сульфатных пород, а в скв. ГГК-1 песчаники занимают значительное место, но отсутствуют сульфаты.

Среднеэйфельские отложения Северо-Полоцкого и Кормянского разрезов, а также разреза ГГК-1 лишены проявлений гипса, которые присутствуют в разновозрастных разрезах скв. Быховская и Приволье.

Разрезы верхнего эйфеля в скв. Северо-Полоцкая и скв. ГГК-1 сложены глинисто-доломитовыми и доломитово-глинистыми породами, которые сменяются в верхних частях бескарбонатными глинами, а верхнеэйфельские отложения Кормянского разреза в основном песчаные.

Нижне-среднедевонские образования в скв. Быховская (144,7–206,5 м), Кормянская

(144,0–351,5 м), Северо-Полоцкая (127,8–338,7 м) залегают в близких глубинных интервалах. В разрезе скв. ГГК-1 глубина залегания отложений несколько больше (345,3–454,5 м). В разрезе Приволье ниже-среднедевонские отложения характеризуются существенно большей глубиной залегания по сравнению с остальными разрезами (604,8–902,4 м).

Примечательно и то, что разрез Приволье расположен в юго-восточной части Азделинского палеовулкана и в ареале самой высокой в Беларуси плотности современного теплового потока [7; 13].

Всего было проанализировано более 500 образцов. В таблице приведены сведения о количестве использованных образцов по разным стратиграфическим подразделениям и о степени детальности изучения разрезов.

Таблица – Стратиграфическое и поскважинное распределение количества изученных образцов (n) и разрешение (м) изотопных кривых, использованных для построения корреляционных диаграмм

Горизонт	n	Скв. Северо-Полоцкая	Скв. Быховская	Скв. Кормянская	Скв. Приволье	Скв. ГГК-1
		Разрешение кривых изотопных и литофациальных вариаций (метраж части разреза, охарактеризованной в среднем одним образцом)				
Костюковичский	40	1,1	4,9	5,5	1,2	0,5
Городокский	236	0,8	1,4	1,1	0,6	0,7
Освейский	103	1,0	1,6	1,7	1,7	0,7
Адровский	39	0,4	1,1	0,4	1,0	1,1
Витебский	88	0,8	2,0	1,1	2,2	1,4

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Витебский (эмс) и адровский (нижний эйфель) горизонты

1. В Северо-Полоцком, Быховском и Кормянском разрезах, для которых характерна большая схожесть изотопных хемотратиграфических кривых (рис. 2, 3), преобладают значения $\delta^{13}\text{C}$, соответствующие или близкие величинам, свойственным для морских седиментационных карбонатов, и значения $\delta^{18}\text{O}$, присущие карбонатам эмсского и эйфельского веков [22–24; 27; 28].

Это касается и витебского, и адровского горизонтов. Вместе с тем имеются сигналы усиления роли обогащенных изотопно-легким почвенным углеродом вод суши при обмелении бассейна (отрицательные экскурсы $\delta^{13}\text{C}$), эвапоритизации (увеличение значений $\delta^{18}\text{O}$) и периодического изменения температуры морской воды, связанного с колебаниями глубины бассейна (разнонаправленные сдвиги $\delta^{18}\text{O}$) [20]. Изотопные признаки указанных палеогеографических явлений есть также в лепельских слоях скв. ГГК-1 и адровском горизонте скв. Приволье. Не исключено, что обмеле-

ние адровского бассейна в районе скв. Приволье сопровождалось окислением органического вещества осадков и превращением $\text{C}_{\text{орг}}$ в карбонатную форму [26], на что указывают более низкие значения $\delta^{13}\text{C}$ в доманикоидах (–5,0...–3,9 ‰) чем в субдоманикоидах (–2,5...–1,4 ‰).

2. Синхронные отрицательные экскурсы $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ трассируют интервалы разрезов, испытавших воздействие инфильтрационного катагенеза в обольских слоях витебского горизонта и адровском горизонте скв. ГГК-1 (песчаники и гравелиты с пойкилитовым карбонатным цементом), а также в лепельских слоях витебского горизонта скв. Кормянская (кальцит в трещине).

3. Необычное сочетание нормально- или почти нормально-морских $\delta^{13}\text{C}$ и крайне низких $\delta^{18}\text{O}$ в нижних частях витебского и адровского горизонтов разреза Приволье, расположенного в ареале высокой плотности теплового потока и на крыле Азделинского палеовулкана [7; 13], предположительно связано с катагенетическим новообразованием карбонатов в среде захороненных морских вод или раскислов, не испытавших существенного влияния инфильтрации, в условиях повышенных (или высоких) температур.

$\delta^{13}\text{C}, \text{‰ (PDB)}$

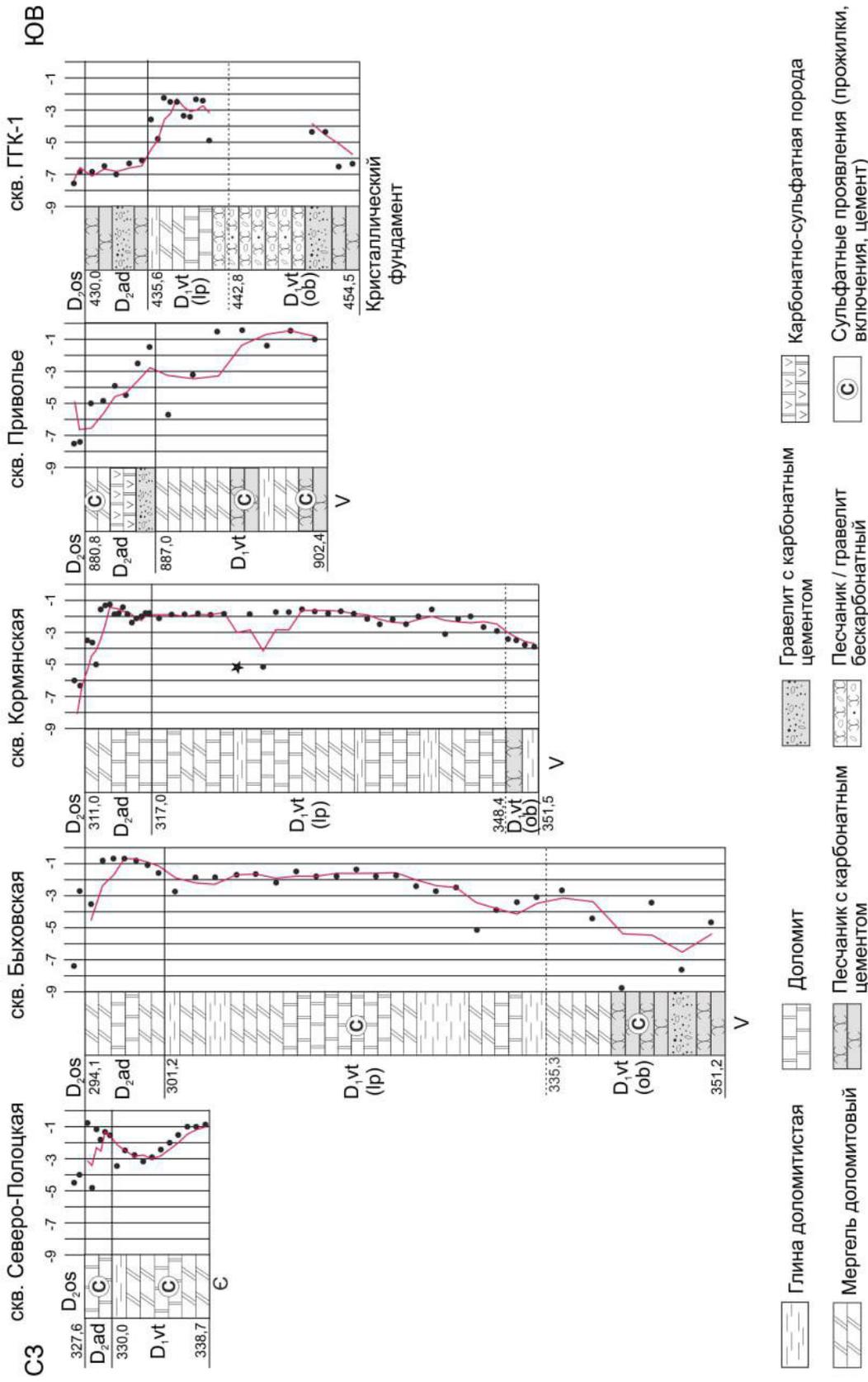


Рисунок 2 – Углеродно-изотопная корреляционная диаграмма отложенный виттебского горизонта (D₁vt) эмса и адровского горизонта (D₂ad) нижнего эйфеля на Латвийской и Жлобинской седловинах, Северо-Припятском плече и Воронежской антеклизе. Точки – фактические значения $\delta^{13}\text{C}$ (звездочка – проба с катагенетическим калцитом); кривые – линии вариаций, сглаженных методом скользящего среднего (шаг – 3 точки); D₁vt(lp) – обольские, D₁vt(ob) – лепельские слои виттебского горизонта, D₂os – освейский горизонт нижнего эйфеля, € – кембрий, V – венд; цифры слева от графиков – глубины залегания кровли и подошвы горизонтов и границы между слоями (м)

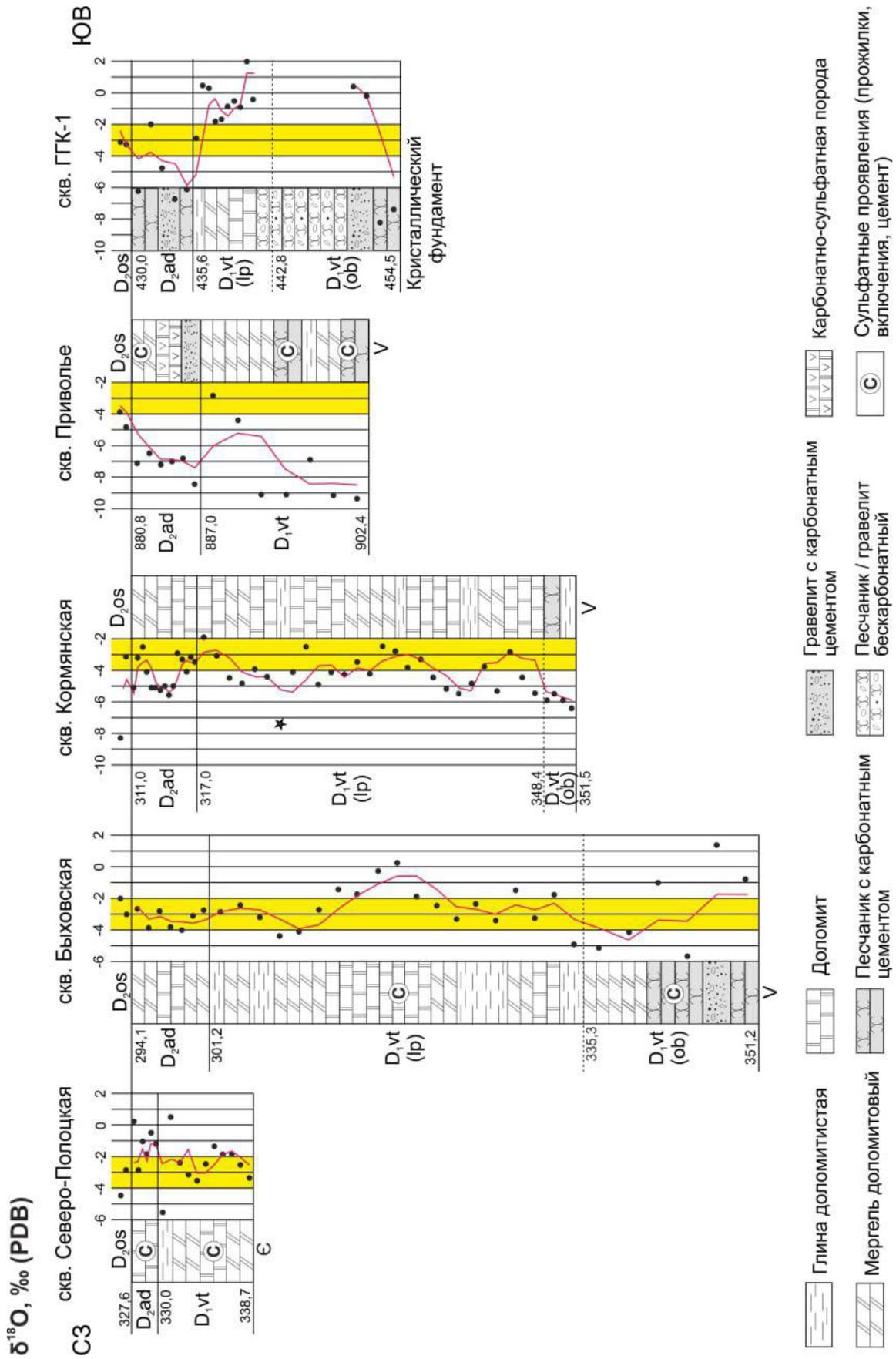


Рисунок 3 – Кислородно-изотопная корреляционная диаграмма (эмс) и аздовского горизонтов (нижний эйфель) на Латвийской и Жлобинской седловинах, Северо-Припятском плече и Воронежской антеклизе. Заливка – интервал значений δ¹⁸O, наиболее характерных для карбонатов эмского и эйфельского моря по глобальным оценкам [22–24; 27; 28]; остальные условные обозначения см. на рис. 2

Освейский горизонт нижнего эйфеля

1. Наряду с интервалами, характеризующими значениями $\delta^{13}\text{C}$ на уровне стандарта для морских седиментационных карбонатов, в разрезах имеются отрицательные экскурсы этого параметра, величина которого на пиках может опускаться до $-7\text{...}-11\text{‰}$ (рис. 4). В разрезах с ярко выраженной карбонатно-сульфатной пачкой (Быховский, Кормянский) хорошо видно, что именно она маркируется негативным сдвигом $\delta^{13}\text{C}$. Предполагается, что отрицательный углеродно-изотопный экскурс соответствует эпизодам эвапоритизации бассейна, когда он мелел, возможно, распался на отдельные ванны, разделенные обнаженными и подвергающимися эрозии участками. Такое изменение геоморфологической ситуации приводило к увеличению роли континентальных вод в геохимической системе седиментации за счет активизации их притока и/или в связи с обмелением бассейна. Эти воды, обогащенные изотопно-легким почвенным углеродом [20], могли поступать как с длительно обнаженных участков суши, где и в настоящее время эйфельские отложения отсутствуют, так и с периодически существовавших островов.

2. Изотопный состав кислорода во всех разрезах не реагирует на отрицательные углеродно-изотопные экскурсы аналогичными сдвигами (рис. 4 и 5), причиной чего является возможное отсутствие существенной разницы между значениями $\delta^{18}\text{O}$ атмосферных осадков, дающих начало водам суши, и морской воды в низких широтах [21; 25], где в девоне находилась территория Беларуси [10]. Величины $\delta^{18}\text{O}$ в 40 % проанализированных проб заключены в пределы $-4\text{...}-2\text{‰}$, т. е. соответствуют эйфельскому плато ($\sim -3\text{‰}$) на глобальной хемотратиграфической кривой [22–24; 27; 28].

3. В 44 % изученных образцов значения $\delta^{18}\text{O}$ ($> -2\text{‰}$) (рис. 5) несколько более высокие, чем цифры, присущие карбонатам эйфельского моря, что, вероятно, является следствием испарительного концентрирования воды.

4. Ряд образцов (16 %) имеют $\delta^{18}\text{O} < -2\text{‰}$, которые на пиках эвапоритовых эпизодов иногда (в том числе в слабопроницаемых глинистых породах) опускаются до $-7,0\text{...}-9,5\text{‰}$ (рис. 5). Возможно, это обусловлено прогревом воды (иногда весьма значительным) при обмелении бассейна.

5. Кажущаяся противоречивость модели, состоящая в допущении усиления роли пресных континентальных вод в ходе эвапоритовых эпизодов, снимается примерами накопления калийных солей в континентально-морских бассейнах галогенеза (например, Припятский прогиб) [5] и гипсообразования в бассейнах с речным питанием (например, Арал) [1].

6. В разрезе скв. ГГК-1, отличающемся от остальных полным отсутствием сульфатных проявлений, отмечен очень сильный отрицательный экскурс $\delta^{13}\text{C}$ (минимум $-11,3$, в среднем $-9,7\text{‰}$), который охватывает всю нижнюю пачку освейского горизонта, сложенную слабопроницаемыми мергелями и глинами (рис. 4). Эта пачка, вероятно, является стратиграфическим бессульфатным аналогом карбонатно-сульфатной пачки, выделяемой во многих белорусских разрезах и отмеченной, как показано выше, на примере Кормянского и Быховского разрезов негативными сдвигами $\delta^{13}\text{C}$ за счет влияния почвенного углерода. Отсутствие сульфатной минерализации в разрезе ГГК-1 связано с сильным опресняющим влиянием вод рядом расположенной суши, в результате чего при эвапоритовом сгущении морской воды не было достигнуто состояние насыщенности раствора по сульфату кальция. Эти данные демонстрируют значение изотопного подхода для расчленения и корреляции разрезов, когда литологический подход не работает.

Городокский горизонт среднего эйфеля

1. Значения $\delta^{13}\text{C}$ в Северо-Полоцком разрезе (от $-2,0$ до $+3,9\text{‰}$) и разрезе Приволье ($-2,8\text{...}-1,2\text{‰}$) (рис. 6) указывают на нормальную морскую седиментацию в условиях отсутствия или незначительного притока континентальных вод.

2. Отложения нижней (доломитово-мергельной) и средней (доломитовой) гипсоносных пачек в скв. Быховская, отмеченные высокоамплитудным (8‰) отрицательным сдвигом $\delta^{13}\text{C}$ (рис. 6), накапливались во время эвапоритового эпизода в условиях значительного обмеления бассейна и активизации роли вод суши, обогащенных изотопно-легким почвенным углеродом.

Верхняя (глинисто-мергельная) пачка Быховского разреза характеризуется в основном низкой варибельностью близнулевых величин $\delta^{13}\text{C}$ (в среднем $-1,6\text{‰}$), отражающей существенное снижение роли континентальных вод в системе морской седиментации.

3. Раннегородокское время в районе скв. Кормянская знаменует собой окончание эвапоритового эпизода, начавшегося в освейское время, в условиях значительного притока континентальных вод (минимум значений $\delta^{13}\text{C}$ -7‰) (рис. 6). В среднегородокское время роль вод суши сокращается (стандартные морские цифры $\delta^{13}\text{C}$), а в позднегородокское – изотопный состав карбонатного углерода во многом определяется седиментационным или диagenетическим окислением органического вещества в осадке (падение $\delta^{13}\text{C}$ до -8‰ и параллельное увеличение концентрации $\text{C}_{\text{орг}}$).

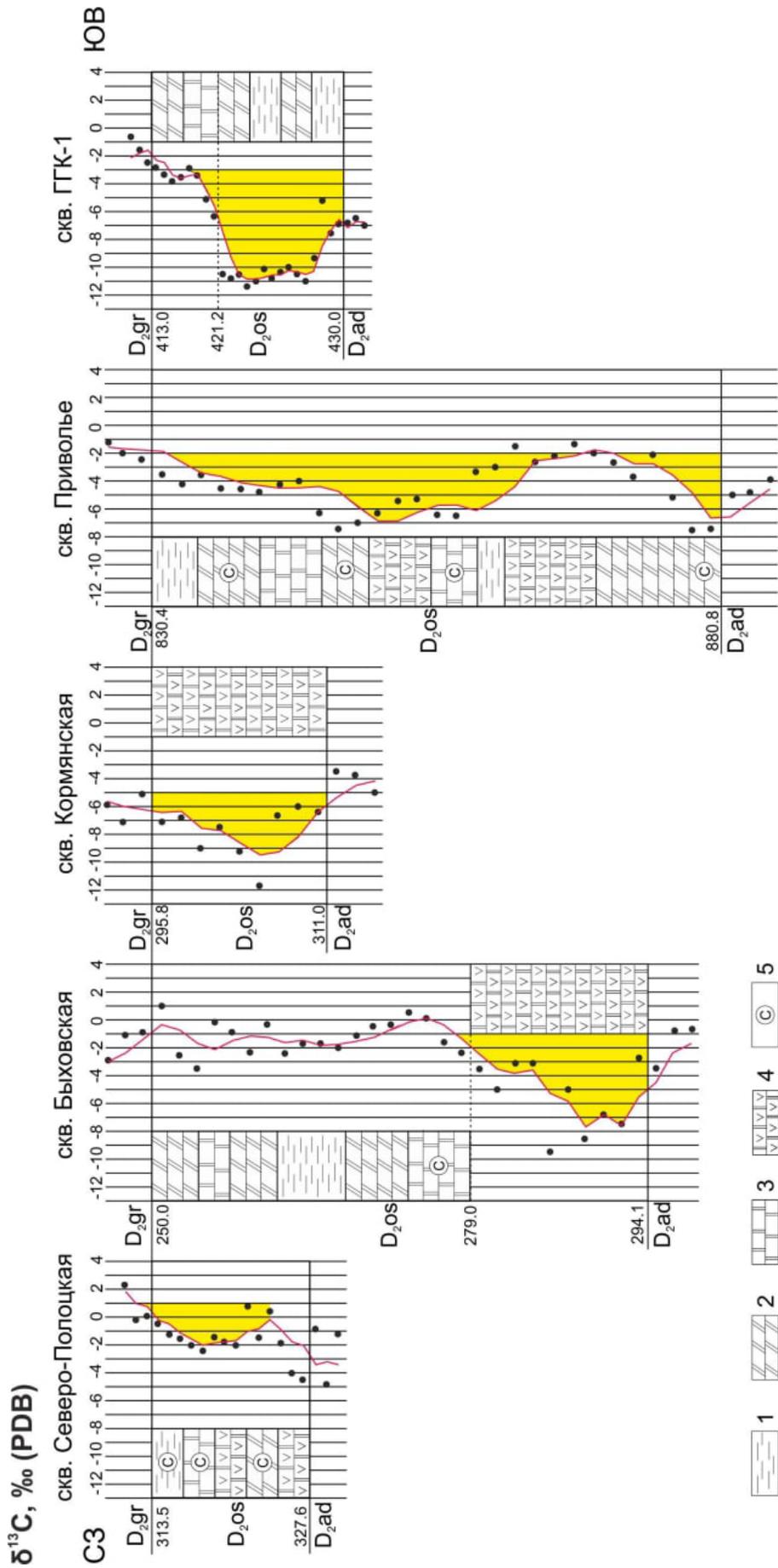


Рисунок 4 – Углеродно-изотопная корреляционная диаграмма отложений освейского горизонта ($D_{2,os}$) нижнего эйфеля на Латвийской и Жлобинской седловинах, Северо-Припятском плече и Воронежской антеклизе. Точки – фактические значения $\delta^{13}C$; кривые – линии вариаций, сглаженных методом скользящего среднего (шаг – 3 точки); заливка – отрицательные экскурсы $\delta^{13}C$; $D_{2,gr}$ – городокский горизонт среднего эйфеля, $D_{2,ad}$ – адровский горизонт нижнего эйфеля; цифры слева от графиков – глубины залегания кровли и подошвы освейского горизонта и границы между пачками (м)

$\delta^{18}\text{O}, \text{‰ (PDB)}$

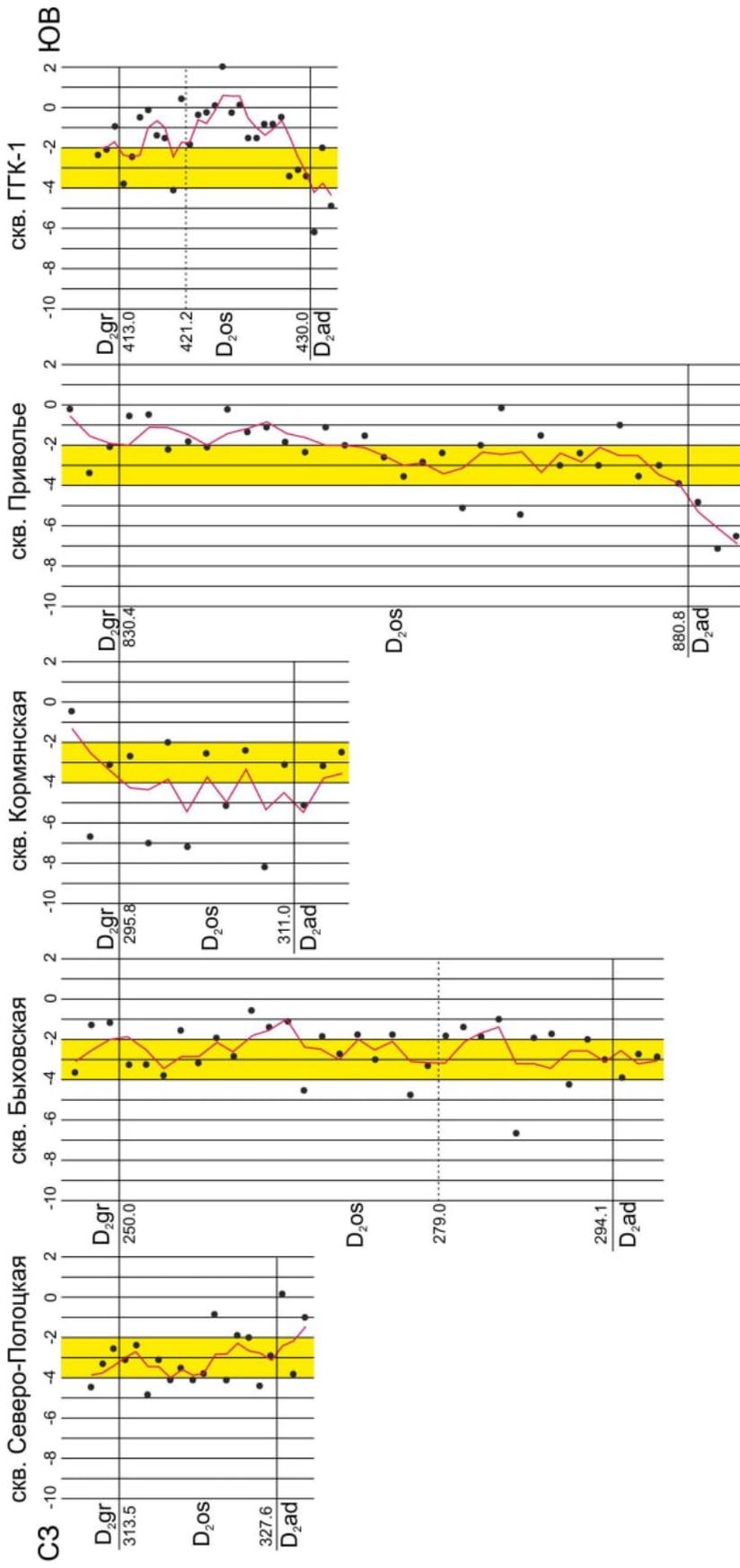


Рисунок 5 – Кислородно-изотопная корреляционная диаграмма отложений освейского горизонта ($D_2\text{os}$) нижнего эйфеля на Латвийской и Жлобинской седловинах, Северо-Припятском плече и Воронежской антеклизе. Заливка – интервал значений $\delta^{18}\text{O}$, наиболее характерных для карбонатов эйфельского моря по глобальным оценкам [22–24; 27; 28]; остальные условные обозначения см. на рис. 4

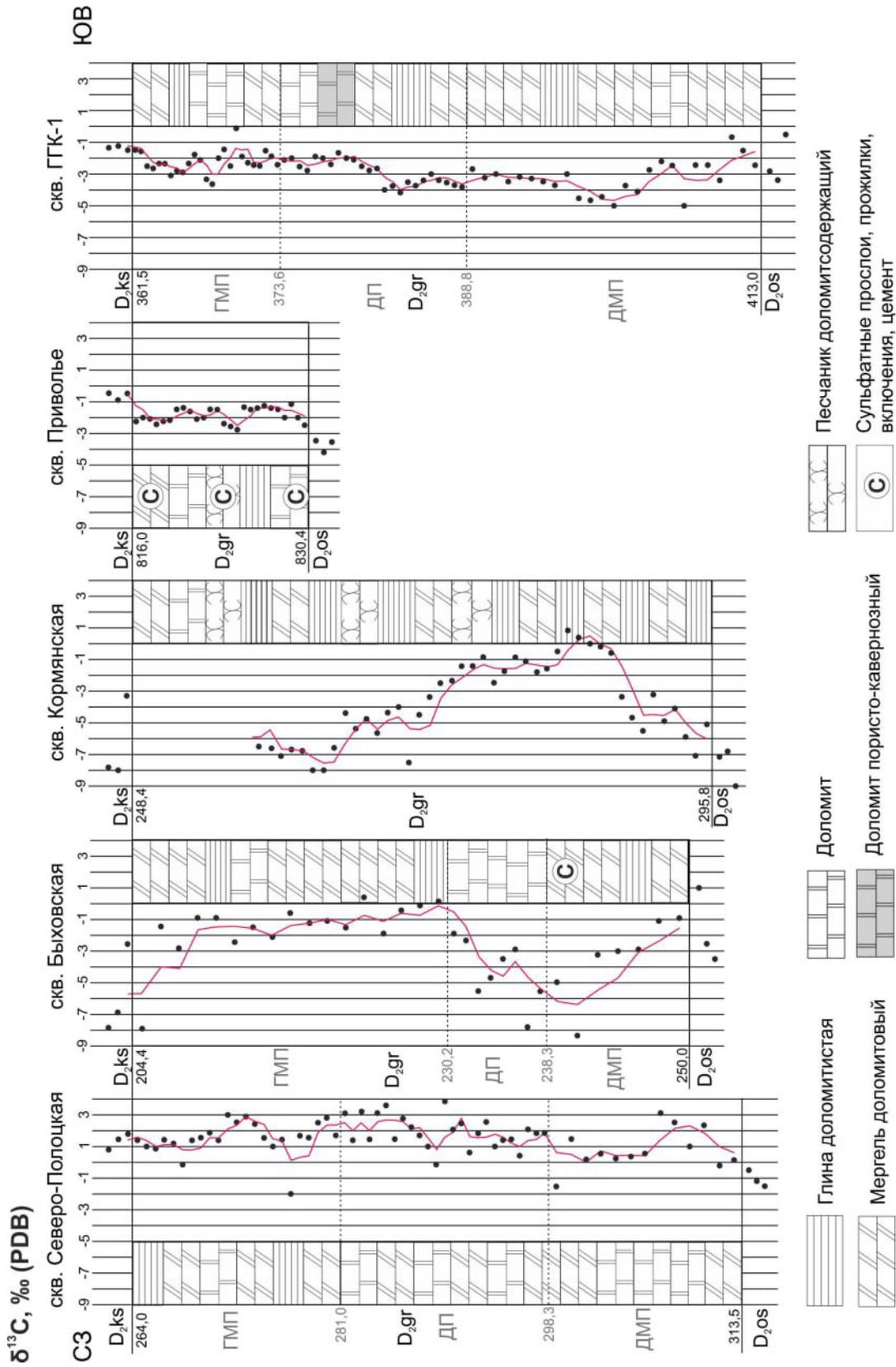


Рисунок 6 – Углеродно-изотопная корреляционная диаграмма отложений городокского горизонта (D₂gr) среднего эйфеля на Латвийской и Жлобинской седловинах, Северо-Припятском плече и Воронежской антеклизе. Точки – фактические значения $\delta^{13}C$; кривые – линии вариаций, сглаженных методом скользящего среднего (шаг – 3 точки); D₂os – освейский горизонт, D₂ks – костюковичский горизонт; пачки: ДМП – доломитово-мергельная, ДП – доломитовая, ГМП – глинисто-мергельная; цифры слева от графиков – глубины залегания кровли и подошвы городокского горизонта и границы между пачками (м)

4. В самой нижней части и верхней половине городокского разреза скв. ГГК-1 значения $\delta^{13}\text{C}$ близки морскому стандарту (рис. 6). В интервале, охватывающем верхнюю часть доломитово-мергельной пачки и нижнюю половину доломитовой пачки, отмечен низкоамплитудный отрицательный экскурс значений $\delta^{13}\text{C}$, в основном совпадающий с отрезком повышенных содержаний $\text{C}_{\text{орг}}$ (в среднем 0,65 % против 0,16 % в остальных частях горизонта), что является следствием окисления органического вещества при седиментации или в диагенезе.

5. Во всех разрезах доминируют значения $\delta^{18}\text{O}$, характерные для морских эйфельских карбонатов ($-4 \dots -2 \text{‰}$), и несколько более высокие (рис. 7). Эпизоды активизации континентального стока, трассирующиеся отрицательными изотопно-углеродными сдвигами, не характеризуются аналогичными экскурсами $\delta^{18}\text{O}$, что, вероятно, связано с уже упоминавшимся отсутствием существенной разницы между значениями $\delta^{18}\text{O}$ атмосферных осадков (прародителей вод суши) и морской воды в приэкваториальной зоне, где в девоне находилась территория Беларуси.

6. Значения $\delta^{18}\text{O}$, более высокие, чем цифры, присущие эйфельским карбонатам, предположительно связаны с испарительным концентрированием воды.

7. В узком интервале доломитовой пачки скв. ГГК-1, представленном чистыми от глинистой примеси, карвернозно-пористыми и трещиноватыми породами, величины $\delta^{18}\text{O}$ изменяются от $-7,6$ до $-4,1 \text{‰}$, в то время как в примыкающих сверху и снизу частях разреза составляют $-2,0 \dots +0,1 \text{‰}$ (рис. 7). Это, вероятно, обусловлено катагенетической перекристаллизацией материала в среде инфильтрационных подземных вод, обедненных тяжелым изотопом кислорода.

Костюковичский горизонт верхнего эйфеля

1. В костюковичских отложениях скв. Приволье значения $\delta^{13}\text{C}$ типично морские (рис. 8), а $\delta^{18}\text{O}$ низкие, монотонно уменьшающиеся вверх к границе с образованиями полоцкого горизонта живета от $-6,4$ до $-8,0 \text{‰}$ (рис. 9). Такое сочетание изотопных показателей, вероятно, отражает изотопно-геохимическую эволюцию среднедевонского моря и согласуется

с быстрым падением величин $\delta^{18}\text{O}$ в раковинах брахиопод от эйфеля ($\sim -3 \text{‰}$) к живету (-6‰ и менее), отмеченным в ряде районов мира [22–24; 27; 28].

2. В разрезах скв. Северо-Полоцкая и ГГК-1 значения $\delta^{18}\text{O}$ в основном соответствуют цифрам, характерным для моря эйфельского века ($-4 \dots -2 \text{‰}$). Величины $\delta^{13}\text{C}$ также близки к нормально-морским, но несколько снижаются снизу вверх к границам с завершающими разрезы бескарбонатными интервалами, что указывает на постепенное усиление поступления в морской бассейн вод континентального стока перед прекращением садки карбонатов.

3. В разрезах скв. Быховская и Кормянская значительный разброс значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$, вероятно, обусловлен преобразованиями отложений в среде инфильтрационных атмогенных вод. Эти преобразования представляли собой сочетание частичного растворения исходного седиментационного материала и кристаллизацию изотопно-легких катагенетических (или гипергенных) карбонатных фаз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение бросим взгляд на общую картину распределения изотопных показателей в изученных ниже-среднедевонских разрезах (рис. 10 и 11).

Не повторяя сказанного выше, отметим лишь то, что представляется весьма существенным и рельефно проявляется при анализе вариаций изотопного состава углерода. Не всегда наблюдается согласованность в поведении величин $\delta^{13}\text{C}$ и литофациальных параметров в разрезах. Тем самым оказывается, что изотопная информация является самостоятельным показателем вариаций условий образования и преобразования отложений. Приведенные материалы могут служить для определения эпизодов эвапоритизации, усиления и ослабления континентального стока, обмеления седиментационного бассейна, для корреляции разрезов, оценки характера постседиментационных изменений отложений, решения других задач, связанных с интерпретацией материалов параметрического бурения, глубинного геологического картирования, геологического доизучения площадей.

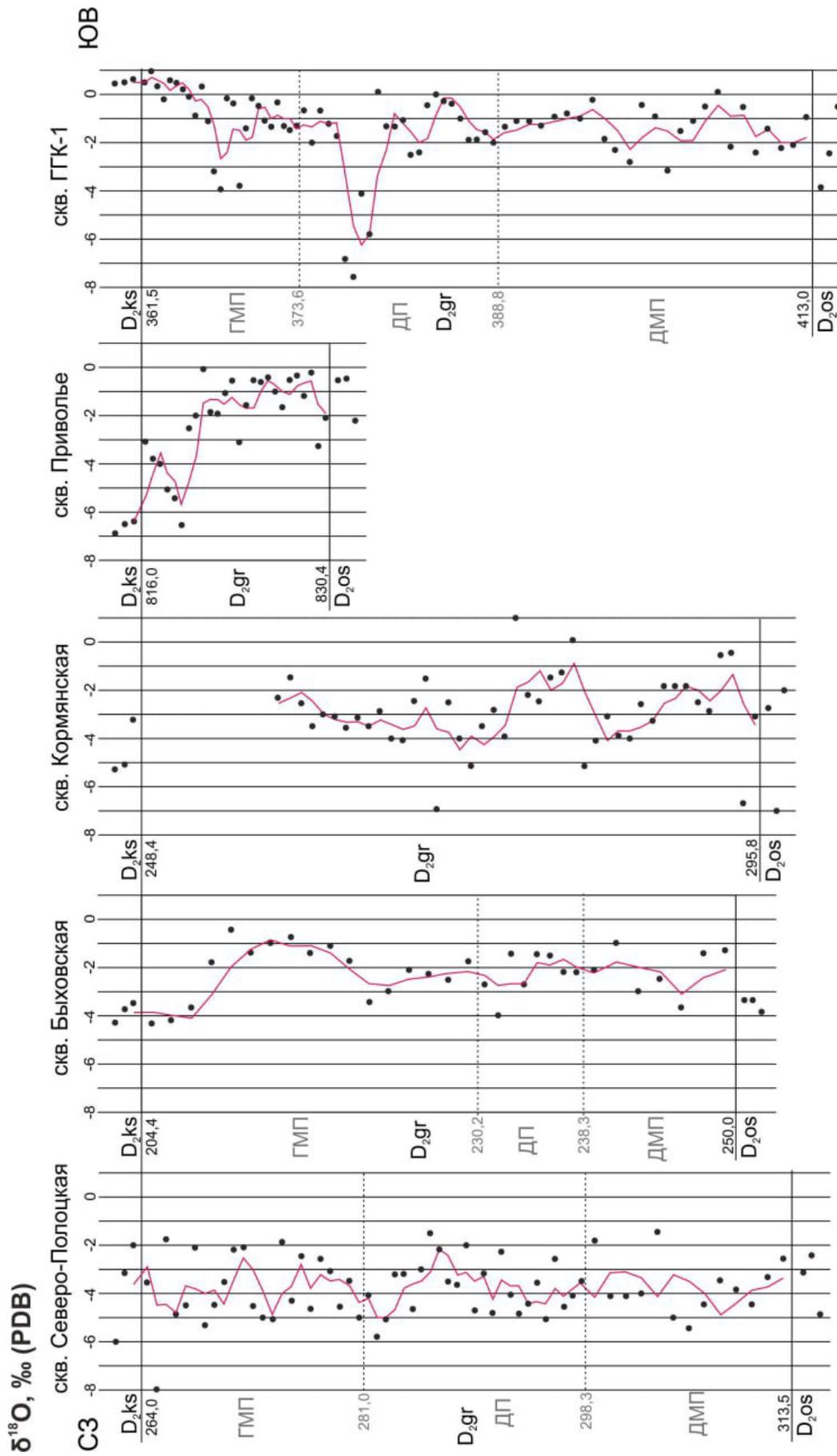


Рисунок 7 – Кислородно-изотопная корреляционная диаграмма отложений городокского горизонта (D_{2gr}) среднего эйфеля на Латвийской и Жлобинской седловинах, Северо-Припятском плече и Воронежской антеклизе. Условные обозначения см. на рис. 6

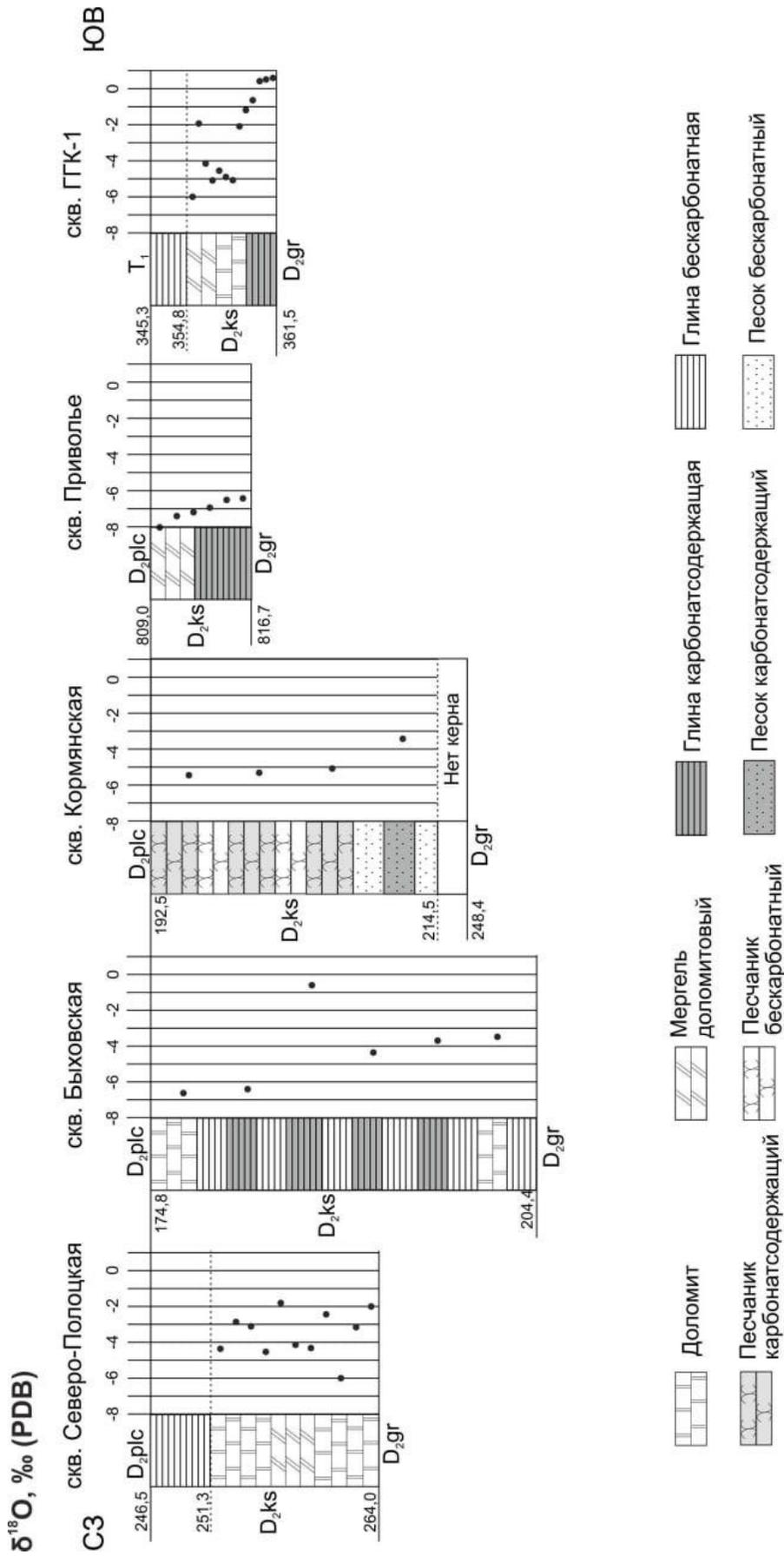


Рисунок 9 – Кислородно-изотопная корреляционная диаграмма отложений костюковичского горизонта (D₂ks) верхнего эйфеля на Латвийской и Жлобинской седловинах, Северо-Припятском плече и Воронежской антеклизе. Условные обозначения см. на рис. 9

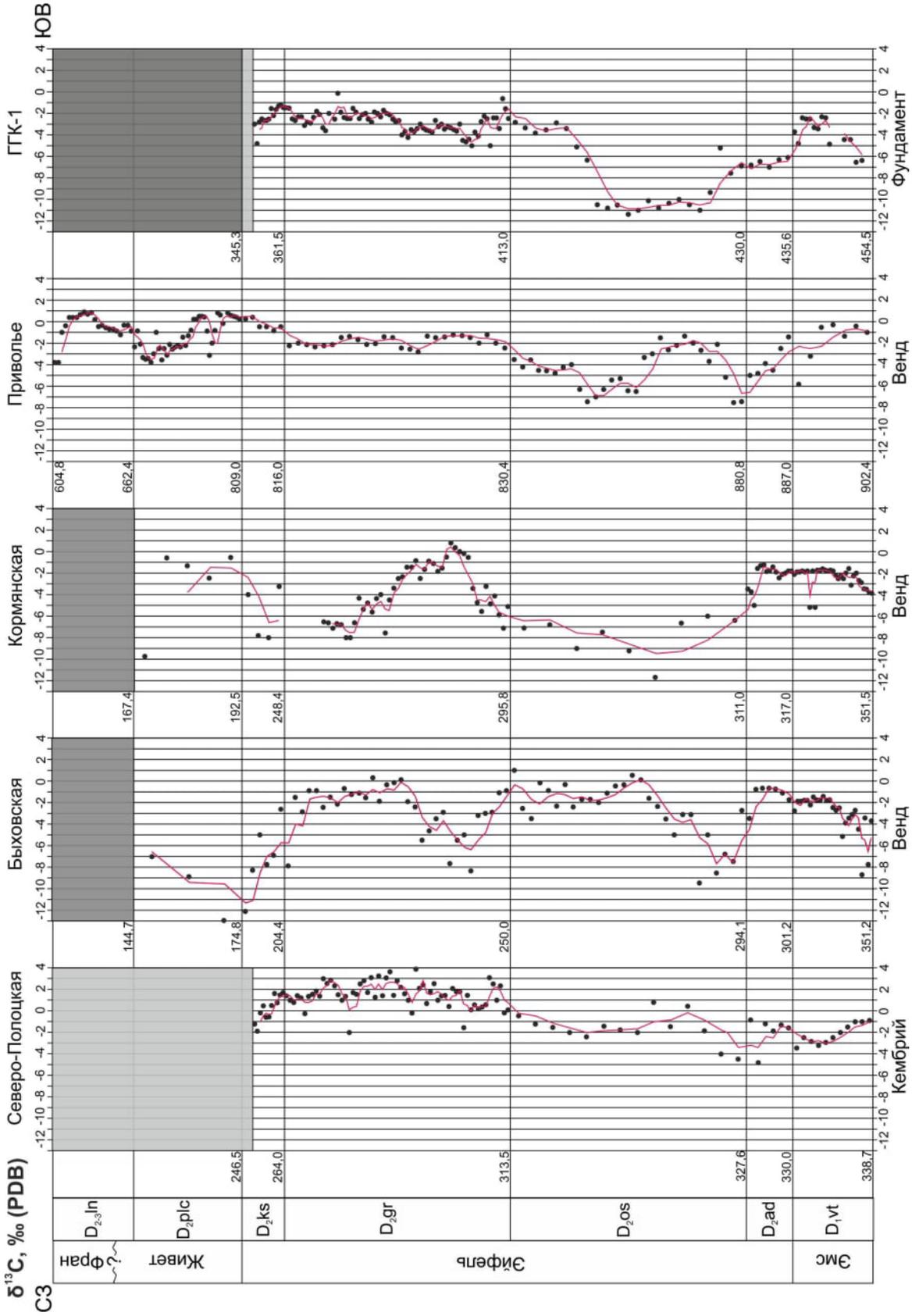


Рисунок 10 – Углеродно-изотопная корреляционная диаграмма ниже-среднедевонских отложений на Латвийской и Жлобинской седловинах, Северо-Припятском плече и Воронежской антеклизе. Светлая заливка – бескарбонатные интервалы, темная – отсутствие отложений; D₂-3п – ланский надгоризонт; остальные условные обозначения см. на рис. 2, 4, 6, 8

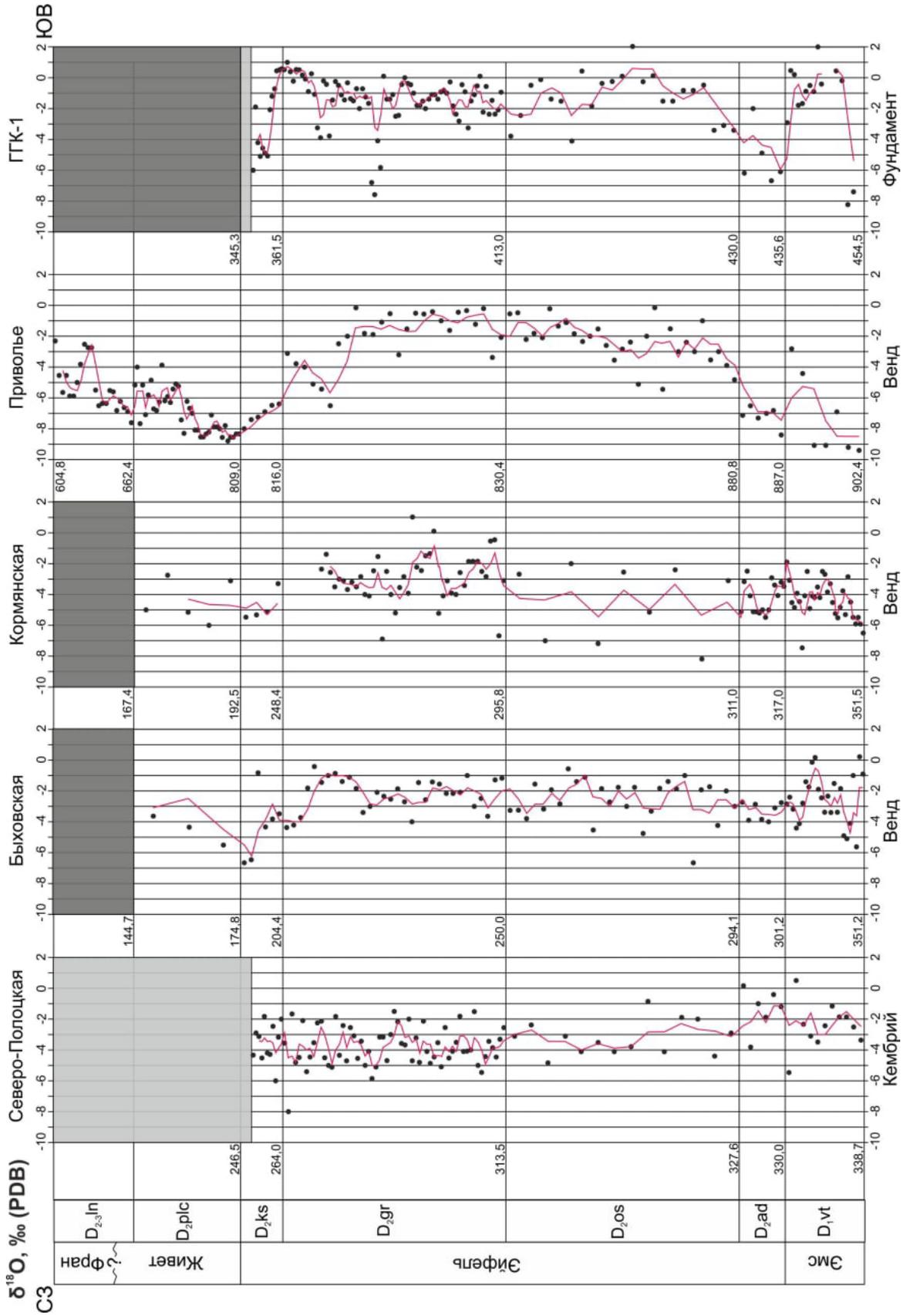


Рисунок 11 – Кислородно-изотопная корреляционная диаграмма нижне-среднедевонских отложений на Латвийской и Жлобинской седловинах, Северо-Припятском плече и Воронежской антеклизе. Условные обозначения см. на рис. 10

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бродская, Н. Г.** Донные отложения и процессы осадкообразования в Аральском море / Н. Г. Бродская // Труды Ин-та геол. наук. Геологическая серия (57). – М. : Изд-во АН СССР, 1952. – Вып. 115. – 108 с.
2. **Валюкявичюс, Ю. Ю.** Девонская система / Ю. Ю. Валюкявичюс, В. К. Голубцов // Геологическая карта СССР. Масштаб 1 : 1000000 (новая серия). Объяснительная записка. Лист N-(34), (35). – Вильнюс, Ленинград, 1986. – С. 53–68.
3. **Вариации** изотопного состава углерода и кислорода в нижне-среднедевонских отложениях на юго-западе Воронежской антеклизы / А. А. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2021. – 2 (55). – С. 80–94.
4. **Вариации** изотопного состава углерода и кислорода в эмских и эйфельских отложениях на юго-востоке Латвийской седловины / А. А. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2022. – 1 (56). – С. 67–79.
5. **Высоцкий, Э. А.** Калиеносные бассейны мира / Э. А. Высоцкий, Р. Г. Гарецкий, В. З. Кислик. – Минск : Наука и техника, 1988. – 387 с.
6. **Геология** Беларуси / Ред. А. С. Махнач, [и др.]. – Минск : Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
7. **Геотермический** атлас Беларуси / Под общ. ред. В. И. Зуя. – Минск : Нац. библиотека Беларуси, 2018. – 89 с.
8. **Девон** Воронежской антеклизы и Московской синеклизы / Г. Д. Родионова [и др.]. – М. : Изд-во Воронежского ун-та, 1995. – 265 с.
9. **Девон** и карбон Прибалтики / В. С. Сорокин [и др.]. – Рига : Зинатне, 1981. – 502 с.
10. **Зоненшайн, Л. П.** Тектоника литосферных плит территории СССР. Кн. 1 / Л. П. Зоненшайн, М. И. Кузьмин, Л. М. Натапов. – М. : Недра, 1990. – 328 с.
11. **Изотопная** хемотратиграфия верхнеэмско-среднейфельских отложений в разрезе параметрической скважины Кормянская на Жлобинской седловине / А. А. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2019. – 2 (51). – С. 64–74.
12. **Изотопная** хемотратиграфия нижне-среднедевонского разреза зоны сочленения Оршанской впадины и Жлобинской седловины (параметрическая скважина Быховская) / А. А. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2019. – 1 (50). – С. 136–148.
13. **Кузьменкова, О. Ф.** Разрез позднедевонских магматических пород параметрической скважины Приволье (Северо-Припятское плечо, Беларусь) / О. Ф. Кузьменкова, А. Г. Лапцевич // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 72–75.
14. **Махнач, А. А.** Вариации изотопного состава углерода и кислорода в эмско-франских отложениях Северо-Припятского плеча (юго-восток Беларуси) / А. А. Махнач, Б. Г. Покровский, О. В. Мурашко // Літасфера. – 2022. – 2 (57). – С. 101–115.
15. **Махнач, А. А.** Изотопы С, О, S, Sr в отложениях освейского горизонта нижнего эйфеля на территории Беларуси / А. А. Махнач, Б. Г. Покровский, О. В. Мурашко // Литология и полезные ископаемые. – 2023. – № 4. – С. 387–406.
16. **Махнач, А. А.** Изотопы углерода и кислорода в верхнейфельских отложениях Беларуси / А. А. Махнач, Б. Г. Покровский, О. В. Мурашко // Літасфера. – 2024. – № 1 (60). – С. 69–79.
17. **Махнач, А. А.** Изотопы углерода и кислорода в отложениях пограничных горизонтов нижнего и среднего девона Беларуси / А. А. Махнач, Б. Г. Покровский, О. В. Мурашко // Літасфера. – 2023. – 2 (59). – С. 82–100.
18. **Махнач, А. А.** Изотопы углерода и кислорода в среднеэйфельских отложениях Беларуси / А. А. Махнач, Б. Г. Покровский, О. В. Мурашко // Літасфера. – 2023. – № 1 (58). – С. 110–129.
19. **Стратиграфические** схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объяснительная записка / ред. С. А. Кручек [и др.]. – Минск : ГП «БелНИГРИ», 2010. – 282 с.
20. **Фор, Г.** Основы изотопной геологии: пер. с англ. / Г. Фор. – М. : Мир, 1989. – 590 с.
21. **Fricke, H. C.** The correlation between $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ratios of meteoric water and surface temperature: its use in investigating terrestrial climate change over geologic time / H. C. Fricke, J. R. O'Neil // Earth Planet. Sci. Lett. – 1999. – Vol. 170. – P. 181–196.
22. **Grossman, E. L.** Oxygen Isotope Stratigraphy / E. L. Grossman // The Geologic Time Scale 2012. – Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo : Elsevier, 2012. – Vol. 1. – P. 181–206.
23. **Grossman, E. L.** Oxygen Isotope Stratigraphy / E. L. Grossman, M. M. Joachimski // The Geologic Time Scale 2020 / Eds. F. M. Gradstein [et al.]. – Amsterdam, Oxford, Cambridge (MA, US) : Elsevier, 2020. – Vol. 1. – P. 279–307.
24. **Oxygen** isotope evolution of biogenic calcite and apatite during the Middle and Late Devonian / M. M. Joachimski [et al.] // International Journal of Earth Sciences. – 2004. – 93 (4). – P. 542–553.

25. **Rozanski, K.** Isotopic Patterns in Modern Global Precipitation / K. Rozanski, L. Araguas-Araguas, R. Gonfiantini // *Climate Change in Continental Isotope Records, Geophysical Monograph Series.* – Washington DC: AGU, 1993. – Vol. 78. – 36 p.

26. **Secular** variation in Late Cretaceous carbon isotopes: a new $\delta^{13}\text{C}$ carbonate reference curve for the Cenomanian–Campanian (99.6–70.6 Ma) / I. Jarvis [et al.] // *Geological Magazine.* – 2006. – 143 (5). – P. 561–608.

27. **Van Geldern, R.** Carbon, oxygen and strontium isotope records of Devonian brachiopod shell calcite / R. van Geldern // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.* – 2006. – 240 (1–2). – P. 47–67.

28. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ evolution of Phanerozoic seawater / J. Veizer [et al.] // *Chemical Geology.* – 1999. – 161 (1–3). – P. 59–88.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 03.12.2024

Рэцэнзент У. М. Шымановіч

ПАРАЎНАЛЬНЫ АНАЛІЗ ІЗАТОПНЫХ (С, О) ВАРЫЯЦЫЙ У АДКЛАДАХ НІЖНЕ-І СЯРЭДНЕДЭВОНСКИХ ГАРЫЗОНТАЎ НА ЛАТВІЙСКОЙ І ЖЛОБІНСКОЙ СЕДЛАВІНАХ, ПАЎНОЧНА-ПРЫПЯЦКІМ ПЛЯЧЫ І ВАРОНЕЖСКОЙ АНТЭКЛІЗЕ (БЕЛАРУСЬ)

А. А. Махнач¹, Б. Г. Пакроўскі², А. Г. Лапцэвіч¹, А. Ф. Кузьмянкова¹,
Г. Д. Стральцова¹, Н. С. Якаўлева¹, В. В. Мурашка¹

¹Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
Філіял «Інстытут геалогіі»
вул. Акадэміка Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь
E-mail: amahnach1951@gmail.com
²Геалагічны інстытут РАН
Пыжэўскі зав., 7, 119017, Масква, Расія
E-mail: pokrov@ginras.ru

У артыкуле апісана спроба пагарызонтнай ізатопнай (С, О) карэляцыі ніжне- і сярэднедэвонскіх адкладаў Беларусі ў разрэзах свідравін Паўночна-Полацкая (на паўднёвым усходзе Латвійскай седлавіны), Быхаўская (у зоне сучлянення Аршанскай упадзіны і Жлобінскай седлавіны), Кармянская (на Жлобінскай седлавіне), Прыволле (на Паўночна-Прыпяцкім плячы Прыпяцкага прагіну) і ГГК-1 (на паўночна-заходнім краі Варонежскай антэклізы). Вывучаліся наступныя гарызонты: віцебскі (эмс), адроўскі і асвейскі (ніжні эйфель), гарадоцкі (сярэдні эйфель), касцюковіцкі (верхні эйфель). Паказана, што ізатопная інфармацыя можа служыць для вызначэння эпизодаў эвапарытызацыі, узмацнення і аслаблення кантынентальнага сцёку, абмянення седыментацыйнага басейна, акіслення рассяянага арганічнага рэчыва ў асадку, для карэляцыі разрэзаў, ацэнкі характару постседыментацыйных змяненняў адкладаў. Не заўсёды назіраецца ўзгодненасць у паводзінах велічынь $\delta^{13}\text{C}$ і $\delta^{18}\text{O}$, з аднаго боку, і літафацыяльных параметраў – з другога. Такім чынам, ізатопныя даныя ў шэрагу выпадкаў могуць служыць самастойным паказчыкам варыяцый умоў утварэння і пераўтварэння адкладаў.

Ключавыя словы: Беларусь, Латвійская і Жлобінская седлавіны, Паўночна-Прыпяцкае плячо, Варонежская антэкліза, ніжні і сярэдні дэвон, ізатопы вугляроду і кіслароду.

COMPARATIVE ANALYSIS OF ISOTOPIC (C, O) VARIATIONS IN DEPOSITS OF THE LOWER AND MIDDLE DEVONIAN HORIZONS IN THE LATVIAN AND ZHLOBIN SADDLES, NORTH PRIPYAT SHOULDER AND VORONEZH ANTECLISE (BELARUS)

A. Makhnach¹, B. Pokrovsky², A. Laptsevich¹, O. Kuzmenkova¹, G. Streltsova¹,
N. Yakovleva¹, O. Murashko¹

¹State Enterprise “Research and Production Center for Geology”
Branch “Institute of Geology”
7 Akademika Kuprevicha St, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: amahnach1951@gmail.com
²The Geological Institute of the Russian Academy of Sciences
7 Pyzhevsky Lane, 119017, Moscow, Russia
E-mail: pokrov@ginras.ru

The paper describes the attempt of horizon-by-horizon isotopic (C, O) correlation of the Lower and Middle deposits on the territory of Belarus in geological sections of the following boreholes: the North Polotsk (south-east of the Latvian Saddle), Bykhov (the conjugation zone of the Orsha Depression and Zhlobin Saddle), Korma (Zhlobin Saddle), Privolje (the North Pripyat Shoulder of the Pripyat Trough) and GGK-1 (on the south-western edge of the Voronezh Antecline). The Vitebsk (Emsian), Adrov and Osveya (Lower Eifelian), Gorodok (Middle Eifelian) and Kostyukovichy (Upper Eifelian) horizons were studied. It is shown that isotopic information may be used for revealing episodes of evaporitization, continental inflow strengthening and weakening, sedimentary basin shallowing, oxidation of dispersed organic matter in sediment, as well as for geological section correlation and estimation of peculiarities of rock post-sedimentary changes. A consistency in behavior between $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ values, on one side, and lithofacies parameters, on the other side, is not usually observed. Thus, isotopic data may in some cases serve as an independent indicator of variations of sediment formation and transformation environment.

Keywords: Belarus, Latvian and Zhlobin Saddles, North Pripyat Shoulder, Voronezh Antecline, Lower and Middle Devonian, carbon and oxygen isotopes.

УДК 550.424:553.982.2(476.2)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ «РАССОЛ – ПОРОДА – НЕФТЬ» В ПРИПЯТСКОМ ПРОГИБЕ

Н. И. Кондратенко¹, Я. Г. Грибик²

¹Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
ул. Ирнинская, 1, 246000, Гомель, Беларусь
E-mail: nvkondratenko@mail.ru

²Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований процессов взаимосвязи гидрогеохимического состава в трехкомпонентной среде «рассол – порода – нефть». Установлены внешние факторы, влияющие на изменение макро- и микрокомпонентного состава рассола: плотность нефти, содержание нефтяных смол, литологический состав вмещающих пород, минерализация исходного рассола, период взаимодействия. Предложен коэффициент $(\text{HCO}_3 + \text{NH}_4) / \text{SO}_4$ в качестве локального критерия оценки перспектив нефтегазоносности в условиях Припятского прогиба.

Результаты исследования рекомендуются при изучении формирования состава и свойств пластовых вод, а также в поисковой и разведочной гидрогеохимии.

Ключевые слова: гидрогеохимическая миграция, геологическая среда, трехкомпонентная среда, керн, дегазированная нефть, пластовый рассол, контактный раствор, макро- и микрокомпонентный состав, ионы.

ВВЕДЕНИЕ

Нефтяные месторождения и залежи не влияют на формирование гидрогеохимической зональности и обуславливают локальные изменения в химическом составе рассолов [2].

Локальные изменения химического состава пластовых рассолов обусловлены ионно-обменными процессами и окислительно-восстановительными реакциями в геологической среде «порода – органическое вещество – нефть – рассол». При длительном взаимодействии компонентов среды неизбежен процесс геохимической миграции вещества внутри среды.

Геологическая среда – это многокомпонентная система, в которой скелет горных пород – условно неподвижная форма, а жидкая, газообразная и биологическая – подвижные, так как в период геологического развития находились в процессе перемещения.

Массоперенос в пластовых водах в литературе принято называть миграцией пластовых вод, однако согласно термину миграция – это перемещение вещества в пределах земной коры [1]. С этих позиций физическое перемещение массы воды (без учета изменения ее компонентного состава), под которым понимается и фильтрация, также включается в понятие миграции. Согласно определению, которое ввел А. Е. Ферсман, геохимическая миграция –

это перемещение химических элементов в земной коре в результате различных геохимических процессов, приводящих к рассеянию или концентрации этих элементов [1]. Пластовые воды как компонент геологической среды принимают непосредственное участие в физико-химических процессах в горных породах и транспортируют химические и другие компоненты [7]. В связи с этим в данной работе принят термин *гидрогеохимическая миграция* – перемещение и трансформация растворенных компонентов в пластовых водах в результате гидрогеохимических процессов, приводящих к изменению минерализации, состава и свойств пластовых вод.

Гидрогеохимические процессы разделены на процессы гидродинамического переноса вещества и физико-химического переноса, связанного с межфазовыми взаимодействиями и химическими процессами.

Основными механизмами физического переноса вещества в пластовых водах являются конвективный, диффузионный переносы и гидродинамическая дисперсия. Физико-химические изменения обуславливают перемещение вещества между фазами геологической среды и внутри самой жидкой фазы. Между твердой и жидкой фазами они проявляются в виде обменных процессов – сорбции и десорбции, ионного обмена, гидратации и дегидратации минералов, растворения, осаждения, кристаллизации. Физико-химические

взаимодействия внутри жидкой фазы представлены процессами ассоциации и диссоциации молекул, комплексообразования, окислительно-восстановительными. Каждой совокупности процессов отвечает своя гидрогеохимическая обстановка, контролируемая определенным соотношением температуры, давления насыщения, химической активности раствора, содержания газов [5; 6].

Представленные экспериментальные работы основаны на процессах накопления и превращения мигрантов на пробах породы, нефти и рассола как элементах пластовой многокомпонентной среды. Процессы гидродинамического переноса вещества не принимаются во внимание, т. е. фактически проведены статические опыты, в которых порода и жидкость остаются в сосуде неподвижными. Процессы распространения внутри сосуда при статических опытах осуществляются путем диффузии. Для модели гидрогеохимической миграции в данных условиях получается один узловый элемент, включающий элементы накопления (ионы). Количественное изучение гидрогеохимической миграции решалось химическими методами анализа.

Цели экспериментальных работ: количественно изучить гидрогеохимическую миграцию ионов в трехкомпонентной среде «рассол – порода – нефть» методами химического анализа; установить влияние внешних факторов на гидрогеохимическую миграцию ионов (литологический состав пород, плотность нефти, содержание нефтяных смол, минерализация исходного рассола, период контактирования); обосновать локальные гидрогеохимические критерии для оценки перспектив нефтегазонасности, геохимически связанные с процессами, протекающими на контакте «нефть – рассол».

Необходимость исследования гидрогеохимической миграции заключается в использовании количественных методов при изучении геологических проблем формирования состава и минерализации пластовых вод, а также в повышении достоверности поисково-разведочных работ на углеводороды, в первую очередь поисковой и разведочной гидрогеохимии.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОБЪЕКТОВ ИЗУЧАЕМОЙ СРЕДЫ

Суть эксперимента заключалась в количественном изучении гидрогеохимической миграции вещества в трехкомпонентной искусственно созданной среде «рассол – порода – нефть» по следующей методике.

1. Полноразмерный керн (твердая фаза), насыщенный дегазированной нефтью (жидкая фаза)

в вакуумной установке, помещен в сосуд, наполненный моделью рассола (жидкая фаза) в объемном соотношении «рассол – порода – нефть»: $1500 \text{ см}^3 - 500 \text{ см}^3 - 200 \text{ см}^3$. Физико-химический анализ исходного состава моделей рассола определен до начала эксперимента.

2. Для эксперимента использован полноразмерный керн различного литологического состава, дегазированная нефть – легкая, средняя и битуминозная, модель рассола с фоновыми характеристиками макро- и микрокомпонентного состава. Всего подготовлено 8 экспериментальных контактных растворов. Контактный раствор – раствор, полученный в результате физико-химических процессов, протекающих в искусственно созданной среде между ее фазами и внутри самой жидкой фазы. Для модели гидрогеохимической миграции в данных условиях получается один узловый элемент, включающий элементы накопления (ионы).

3. Опыт проводился при атмосферном давлении и температуре в статических условиях без перемешивания и дробления горных пород.

4. Длительность эксперимента – 150 суток: с отбором проб контактного раствора для химического анализа 30 суток и 150 суток от начала эксперимента в объеме 200 мл.

5. Методами химического анализа установлен ионно-солевой состав контактных растворов (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Br^- , J^-), общая жесткость, минерализация, плотность.

К объектам изучаемой трехкомпонентной среды относятся модель рассола – растворитель, горная порода (полноразмерный керн) и дегазированная нефть, которые содержат комплексные неорганические и органические соединения – мигранты-компоненты.

Для получения результатов, наиболее полно отвечающих целям эксперимента, использован керн, отобранный в скважинах, в которых получен приток нефти на площадях Южной структурной зоны Припятского прогиба либо с прямыми признаками нефтеносности из межсолевых и верхнесоленосных отложений, представленных терригенными и карбонатными породами. Модель нефти отобрана из этих же объектов, при отсутствии таковой модель нефти – выбрана со свойствами как можно более схожими с пластовой нефтью, полученной из этого объекта. Для полноты исследования один из образцов каждой площади насыщен моделью нефти с противоположными свойствами. К примеру, если на площади получен приток тяжелой высоковязкой нефти, один образец насыщен тяжелой высоковязкой моделью нефти, второй образец – легкой мало вязкой моделью нефти. Модель рассола выбирается

с характеристиками состава, который соответствует гидрохимическому фону на выбранном объекте. Информация по гидрохимическому фону расолов межсолевых и верхнесоленосных отложений приводится в [4]. Для оценки взаимодействия в среде «рассол – порода – нефть», исключая в составе исходного рассола микрокомпоненты, для одного образца использовалась модель рассола, полученная путем растворения каменной соли лебедянской соленосной толщи (Мозырский галитовой объект; интервал 961,9–962,1 м). Исходный раствор хлоридно-натриевого состава с минерализацией 253,1 г/дм³, общей жесткостью 27 мг-экв/дм³, HCO₃⁻ 12,2 мг/дм³, микрокомпоненты отсутствуют.

Для эксперимента отобран керн из Ново-Ельской скв. № 43 (4 образца), Валавской скв. № 5 (4 образца).

Ново-Ельская площадь

Керн № 16 скв. № 43 Н-Ельской интервал отбора 2322,6–2332,6 м (D₃el (dr)) представлен песчаником

коричневого цвета, крупно-среднезернистый, кварцевый на глинисто-карбонатном цементе, пропитан тяжелой нефтью темно-коричневого цвета.

Керн № 5 скв. № 43 Н-Ельской 2368,0–2379,4 м (D₃el (dr)) представлен мергелем глинистым доломитистым, плотным, тонкокристаллическим, массивным.

Керн № 14 скв. № 43 Н-Ельской интервал отбора 2467,3–2476,8 (D₃zd (vsh)) представлен глиной известковистой серого цвета, плотной, крепкой, тонкокристаллической, массивной.

При бурении скважины № 43 Ново-Ельская отмечались многочисленные нефтепроявления в керне. При испытании дроздовских отложений в эксплуатационной колонне в интервалах 2294–2297 м, 2301–2304 м и 2320–2324 м получены притоки нефти дебитом 0,56 м³/сут., 0,84 м³/сут. и 0,70 м³/сут. соответственно. Результаты физико-химического анализа нефти представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химический анализ нефти скважины № 43 Ново-Ельского месторождения

№ п/п	Интервал отбора, м	ρ, г/см ³	Сод. воды, % об.	Парафины, % об.	Смолы, % об.	Асфальтены, % об.	T застывания, °C
1	2320–2324	0,944	6,4	3,93	32,2	1,22	+33
2	2320–2324	0,978	3,4	3,03	35,3	2,27	+34
3	2301–2304	0,950	3,6	4,04	37,0	1,74	+32
4	2294–2297	0,948	2,8	5,32	38,2	1,17	+33
Среднее по елецким отложениям		0,955	4,05	4,08	35,7	1,60	+33

Моделью нефти для насыщения образца № 5 скв. № 43 Ново-Ельской принята проба дегазированной нефти, отобранной из интервала 2919,0–2974,8 м в скв. № 1 Морозовской (контактный раствор № 2), для насыщения образца № 14 скв. № 43 Ново-Ельской принята проба дегазированной нефти, полученной из интервала 1934,0–1950,0 м в скв. № 1 В-Доброгощанской (контактный раствор № 3).

Образец № 16 скв. № 43 Ново-Ельской пропитан тяжелой высоковязкой нефтью в пластовых условиях (контактный раствор № 1). Контактный раствор № 4 – образец керна № 14 скв. № 43 Ново-Ельской насыщен дегазированной нефтью, отобранной из интервала 2919,0–2974,8 м в скв. № 1 Морозовской.

Физико-химическая характеристика моделей нефти представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химическая характеристика моделей нефти, принятых для экспериментальных работ взаимодействия в среде «рассол – порода – нефть» для керна материала Ново-Ельской и Валавской площадей

Скв., №	Интервал отбора, м	ρ, г/см ³	Сод. воды, % об.	Парафины, % об.	Смолы, % об.	Асфальтены, % об.	T застывания, °C
Морозовская, 1	2919,0–2924,8	0,958	14,0	3,1	17,6	1,0	+25
Восточно-Доброгощанская, 1	1943,0–1950,0	0,846	1,6	4,9	9,2	0,7	+13

По результатам химического анализа пробы флюида, полученные при испытании и освоении в скважине № 43 Ново-Ельской, представляют собой смесь фильтрата бурового раствора с пласто-

вым рассолом и смесь пластового рассола с технической жидкостью. В связи с этим физико-химическая характеристика пластового рассола взята по соседней скважине № 26 Ельской.

Исходя их состава рассола, полученного при испытании пласта межсолевых отложений скв. № 26 Ельской, и гидрохимического фона [4], за модели пластовых рассолов приняты пробы, полученные из интервала 1721,0–1774,0 м в скв. № 47 Ю-Доброгощанской, из интервала 1963,2–1974,0 м в скв. № 1 В-Доброгощанская, из интервала 1815,0–1832,0 м в скв. № 1 Перелесенская с макро- и микрокомпонентным составом, представленным в результирующей таблице.

При выборе соотношения в объеме опытных образцов керн, модели рассола и нефти авторы придерживались опыта экспериментальных исследований, приведенных в статье [3]. Объем кернового материала от 15 до 30 % объема сосуда (эксикатор 2500 см³), в котором проводится опыт. Объем нефти 200 см³.

Валавская площадь

При бурении скв. № 5 Валавская отмечались нефтепроявления (выпоты и выделения, примазки нефти) в керне в интервалах 2761,3–2779,3 м, 2779,0–2791,0 м D₃lb–D₃or (nd).

Для экспериментальных лабораторных работ отобран керн из верхнесоленосных и межсолевых отложений: 2761,3–2779,3 м D₃lb–D₃or (nd) – образец № 1 (известняк глинистый); 2779,3–2791,3 м D₃lb–D₃or (nd) – образец № 2 (глина известковистая); 3106,1–3111,9 м D₃el (dr) – образец № 3 (мергель глинистый доломитистый), 3140,0–3143,4 м D₃el (dr) – образец № 4 (глина известковистая).

При испытании в открытом стволе верхнесоленосных отложений в интервале 2663,2–2798,0 м

в скв. № 5 Валавской приток не получен, межсолевых отложений в интервале 3562,0–3770,0 м получен приток пластового рассола с фильтратом бурового раствора (90 % и 10 % соответственно) с минерализацией 327,7 г/дм³, в макрокомпонентном составе преобладает анион хлора – 208504,8 мг/дм³, катионы Na + K – 42890,7 мг/дм³, Ca – 63827,4 мг/дм³, в микрокомпонентном – Br – 1820 мг/дм³, NH₄ – 197 мг/дм³, I – 12,9 мг/дм³. В скв. № 3 Валавской из интервала 4060,0–4108,0 м петриковских отложений получен приток пластового рассола с минерализацией 280,1 г/дм³, с преобладающим содержанием анионов Cl – 169181,6 мг/дм³, SO₄²⁻ – 2267,9 мг/дм³; катионов Na + K – 104374,0 мг/дм³, Ca – 4320,6 мг/дм³; в микрокомпонентном составе NH₄ – 130 мг/дм³.

Исходя их состава рассола, полученного при испытании межсолевых отложений скв. № № 3 и 5 Валавских, и гидрохимического фона [4], моделями пластовых рассолов приняты пробы, полученные из интервала 1815,0–1832,0 м D₃lb (zl₂) в скв. № 1 Перелесенской, из интервала 1778,0–1790,0 м D₃lb (zl₂) в скв. № 1 Перелесенской, из интервала 2758,0–2767,0 м D₃zd (vsh) – D₃zd (trm) в скв. № 13 Ново-Корневской с макро- и микрокомпонентным составом, представленным в результирующей таблице.

Физико-химическая характеристика моделей нефти, принятых для экспериментальных работ взаимодействия в системе «рассол – порода – нефть» для кернового материала Валавской площади, приводится в таблицах 2, 3.

Таблица 3 – Физико-химическая характеристика моделей нефти, принятых для экспериментальных работ взаимодействия в системе «рассол – порода – нефть» для кернового материала Валавской площади

Скв., №	Интервал отбора, м	ρ, г/см ³	Сод. воды, % об.	Парафины, % об.	Смолы, % об.	Асфальтены, % об.	T застывания, °C
Морозовская, 1	2795,0–2810,0	0,902	7,0	3,3	13,4	0,8	+4
Южно-Шатилковская, 16	3059,0–3067,0	0,852	2,3	3,6	4,7	0,2	+9

Таким образом, моделью нефти для насыщения керн обр. № 1 скв. № 5 Валавская принята проба дегазированной нефти, отобранной из интервала 2919,0–2974,8 м в скв. № 1 Морозовской (контактный раствор № 5), для насыщения керн № 2 скв. № 5 Валавская принята проба дегазированной нефти, полученная из интервала 1934,0–1950,0 м в скв. № 1 В-Доброгощанской (контактный раствор № 6). Образец № 3 скв. № 5 Валавской насыщен дегазированной нефтью, полученной из интервала 2795,0–2810,0 м скв. № 1 Морозовская (контактный раствор № 7); образец керн № 4 скв. № 5 Валавская насыщен дегазированной нефтью, полученной

в скв. № 16 Ю-Шатилковской из интервала 3059,0–3067,0 м (контактный раствор № 8).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате проведенных экспериментальных работ получены 8 контактных растворов для химического анализа. Контактный раствор для химического анализа в целях установления гидрогеохимической миграции ионов в системе «рассол – порода – нефть» отбирался через 30 и 150 суток контакта. Химическими анализами установлены ионно-солевой состав растворов (Cl⁻, SO₄²⁻,

ГЕАХІМІЯ

HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Br^- , I^-), **общая жесткость, минерализация, плотность** (табл. 4).

Ион аммония

Установлена зависимость обогащения контактного раствора аммонием от плотности нефти, содержания смолистых веществ в нефти и времени контакта. При плотности нефти $0,902-0,958 \text{ г/см}^3$ раствор обогащается аммонием на 64–72 % от общего количества накопленного иона

аммония за 150 суток контакта, при плотности нефти $0,845-0,858 \text{ г/см}^3$ наибольшее количество вещества накоплено за период 30 суток контакта (90–92 %) (№ № 3 и 8). В растворе № 6 обогащение аммонием незначительное – $36,10 \text{ мг/дм}^3$ и $57,70 \text{ мг/дм}^3$ соответственно за 30 и 150 суток контакта, что связано с низким содержанием смол в модели нефти – 4,7 % об. (рис. 1, 2). Не отмечено зависимости обогащения аммонием от минерализации рассола.

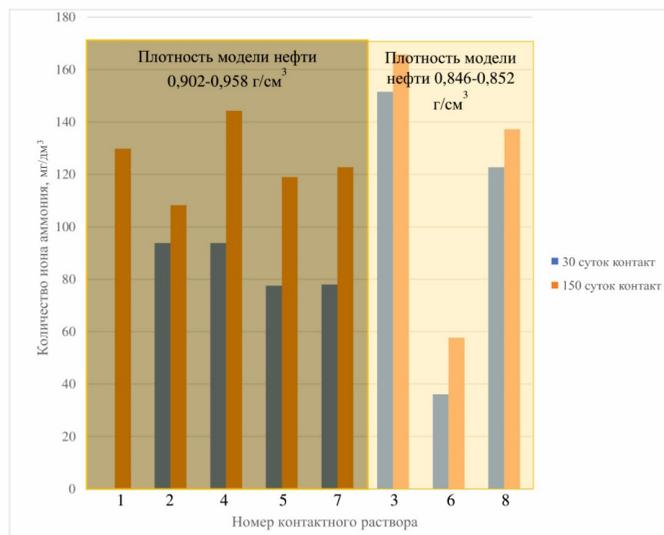


Рисунок 1 – Зависимость гидрогеохимической миграции иона аммония от времени контакта и плотности модели нефти

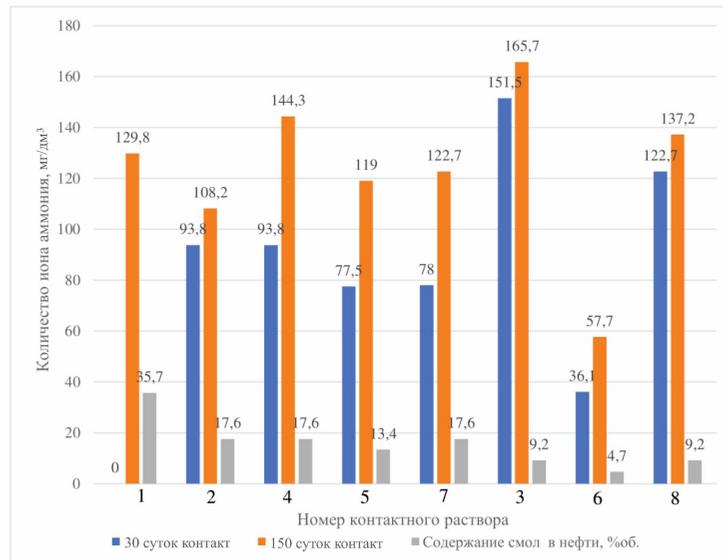


Рисунок 2 – Зависимость гидрогеохимической миграции иона аммония от времени контакта и содержания смол в модели нефти

Установлено влияние литологического состава на обогащение аммонием контактного раствора. Для каждого образца кернового материала

определено содержание кальцита (CaCO_3), доломита ($\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$) и нерастворимого остатка (глинистая составляющая) в таблице 5.

ГЕАХІМІЯ

Таблица 4 – Химический состав контактных растворов №№ 8–1

№ конт. Р-ра	Период взаимодействия, суток	Макрокомпонентный состав, мг/дм ³							Микрокомпонентный состав, мг/дм ³							Минерализация, г/дм ³	Коэффициенты	
		Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺ + K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Br ⁻	Γ	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Br ⁻		Γ	$\frac{(HCO_3^- + NH_4^+)}{SO_4^{2-}}$
1	исходный	209279,1	146,4	1022,0	114706,6	16032,0	1702,0	129,9	0,0	0,0	575,4	5,7	0,0	0,0	343,5	0,27	0,14	
	30	213550,8	170,8	844,0	115227,7	18436,8	1459,2	36,1	0,0	0,0	587,4	6,7	0,0	0,0	350,3	0,25	0,20	
	150	240599,2	244,0	654,0	127882,8	18036,0	4134,0	259,8	0,0	0,0	779,2	7,6	0,0	0,0	392,6	0,77	0,37	
2	исходный	197889,0	122,0	824,0	98274,4	22044,0	2918,4	93,8	0,0	0,0	1318,7	12,4	0,0	0,0	323,5	0,26	0,15	
	30	202160,7	152,5	532,3	100358,2	22444,8	2918,4	187,6	0,0	0,0	1390,6	13,3	0,0	0,0	330,2	0,64	0,29	
	150	240599,2	195,2	634,0	127978,9	18837,6	3648,0	202,0	0,0	0,0	959,0	6,7	0,0	0,0	393,1	0,63	0,31	
3	исходный	201448,2	109,8	634,2	93129,3	25250,4	4620,8	483,5	0,0	0,0	1450,5	12,6	0,0	0,0	327,1	0,90	0,17	
	30	207857,5	146,4	589,3	94323,0	27655,2	4620,8	635,0	0,0	0,0	1438,6	17,1	0,0	0,0	337,3	1,33	0,25	
	150	247717,5	268,4	435,2	100773,6	38076,0	8512,0	649,4	0,0	0,0	1287,7	19,0	0,0	0,0	397,7	2,11	0,62	
4	исходный	153757,3	12,2	2023,0	99534,8	340,7	425,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	256,1	0,006	0,006		
	30	173687,3	48,8	1871,0	111892,5	741,5	401,3	93,8	0,0	0,0	65,9	5,3	0,0	0,0	288,8	0,08	0,03	
	150	203585,8	73,2	1823,0	130806,9	1462,9	182,4	144,3	0,0	0,0	88,1	7,6	0,0	0,0	338,2	0,12	0,04	
5	исходный	200739,2	170,8	745,0	94162,2	27254,4	2675,2	440,2	0,0	0,0	1390,6	16,2	0,0	0,0	327,6	0,82	0,23	
	30	203585,8	305,0	645,0	95418,5	28056,0	2432,0	517,7	0,0	0,0	1270,7	19,0	0,0	0,0	332,3	1,28	0,47	
	150	229212,6	366,0	606,0	90427,3	36072,0	8998,4	559,2	0,0	0,0	1438,6	20,9	0,0	0,0	367,7	1,53	0,60	
6	исходный	202160,7	0,0	600,2	98032,9	25651,2	1945,6	447,4	153,6	0,0	1378,6	9,5	0,0	0,0	330,4	0,74	0,00	
	30	205007,4	97,60	533,3	92466,9	28857,6	3981,2	483,5	97,7	0,0	1198,8	11,4	0,0	0,0	332,6	1,11	0,19	
	150	239177,6	219,6	434,0	104110,4	32064,0	7539,2	505,1	75,4	0,0	1402,6	12,4	0,0	0,0	385,5	1,67	0,50	
7	исходный	99657,0	24,4	1248,0	38890,2	18036,0	2918,4	202,0	0,0	0,0	359,6	5,7	0,0	0,0	161,3	0,18	0,02	
	30	105350,3	24,4	1124,0	41507,6	20040,0	2188,8	280,0	0,0	0,0	359,6	13,3	0,0	0,0	170,9	0,27	0,02	
	150	122437,2	85,4	1098,0	47494,1	21242,4	4134,4	324,7	0,0	0,0	381,0	15,0	0,0	0,0	197,2	0,37	0,08	
8	исходный	99657,0	24,4	1248,0	38890,2	18036,0	2918,4	202,0	0,0	0,0	359,6	5,7	0,0	0,0	161,3	0,18	0,02	
	30	101082,1	30,5	1056,0	39118,2	18436,8	2918,4	324,7	0,0	0,0	383,6	15,2	0,0	0,0	163,4	0,34	0,03	
	150	128130,5	79,3	965,0	50652,7	20440,8	4864,0	339,2	0,0	0,0	412,0	16,0	0,0	0,0	205,9	0,43	0,08	

Таблица 5 – Карбонатность образцов керна, используемых в экспериментальных лабораторных работах

№ конт. р-ра	Площадь скв. №, № образца керна	CaCO ₃ , %	CaCO ₃ MgCO ₃ , %	Нерастворимый остаток, %	Порода
1	Ново-Ельская скв. № 43, обр. № 16	0,0	5,0	95,0	Песчаник
2	Ново-Ельская скв. № 43, обр. № 5	31,5	10,2	58,3	Мергель глинистый доломитистый
3	Ново-Ельская скв. № 43, обр. № 14	18,9	2,1	79,0	Глина известковистая
4	Ново-Ельская скв. № 43, обр. № 14	20,0	2,0	78,0	Глина известковистая
5	Валавская скв. № 5, обр. № 1	73,5	0,0	26,5	Известняк сильно глинистый
6	Валавская скв. № 5, обр. № 2	28,6	0,0	71,4	Глина известковистая
7	Валавская скв. № 5, обр. № 3	3,0	39,6	57,4	Мергель глинистый доломитистый
8	Валавская скв. № 5, обр. № 4	23,8	0,0	76,2	Глина известковистая

Влияние литологического состава на обогащение рассола аммонием установлено за период 30 суток контакта ($r = 0,63$), за период 150 суток контакта влияние литологического состава на обогащение рассола аммонием не установлено. В контактном растворе № 1 за период 30 суток контакта глинистой составляющей породы поглощена часть иона аммония до содержания его в рассоле $36,1 \text{ мг/дм}^3$. В контактных рассолах №№ 2 и 7 керн представлен мергелем глинистым доломитистым, рассол обогатился аммонием на $93,8$ и $78,0 \text{ мг/дм}^3$ соответственно. В контактных рассолах №№ 3, 4, 8, рассол обогатился на $93,8$ – $151,5 \text{ мг/дм}^3$.

Таким образом, влияние литологического состава на гидрогеохимическую миграцию иона аммония в системе «рассол – порода – нефть» установлено для периода контактирования 30 суток, так как на начальном этапе происходят ионно-обменные процессы в системе порода – рассол, далее обогащение рассола аммонием в изучаемой трехкомпонентной среде зависит от третьей составляющей изучаемой среды – нефти, а именно

от плотности модели нефти, содержания нефтяных смол и времени контакта, и не зависит от литологии пород.

Гидрокарбонат-ион

Гидрогеохимическая миграция гидрокарбонат-иона в изучаемой трехкомпонентной среде зависит от литологии пород (содержания CaCO₃ в породе), минерализации исходной модели рассола, плотности нефти и времени контакта.

Установлена прямая зависимость гидрогеохимической миграции гидрокарбонат-иона за период 30 и 150 суток контакта в изучаемой системе от минерализации исходной модели рассола ($r = 0,65$ и $0,50$ соответственно) (рис. 3). В контактных растворах с минерализацией $161,34$ до $256,09 \text{ г/дм}^3$ гидрогеохимическая миграция иона HCO₃⁻ за 30 суток контакта составила $30,50$ – $97,60 \text{ мг/дм}^3$, за 150 суток контакта – $73,20$ – $85,40 \text{ мг/дм}^3$, в контактных растворах с минерализацией $323,5$ – $343,5 \text{ г/дм}^3$ обогащение контактного раствора ионом HCO₃⁻ составило $146,4$ – $488,0 \text{ мг/дм}^3$, за 150 суток – $192,5$ – $268,4 \text{ мг/дм}^3$.

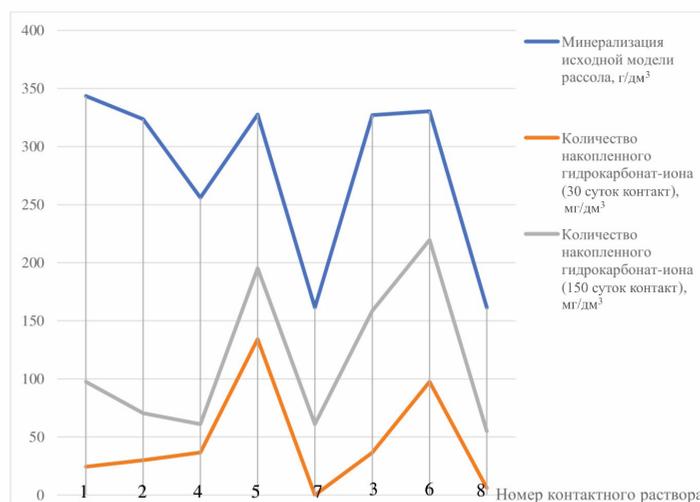


Рисунок 3 – Зависимость гидрогеохимической миграции гидрокарбонат-иона от минерализации исходной модели рассола

Также установлена прямая зависимость гидрогеохимической миграции гидрокарбонат-иона от содержания кальция в породе, так как гидрокарбонат-ион – компонент карбонатной равновесной системы. На первом этапе экспериментальных работ гидрогеохимическая миграция иона HCO_3^- зависит от содержания CaCO_3 в породе ($r(\text{CaCO}_3; \text{HCO}_3^-) = 0,83$), на втором этапе экспериментальных работ за период контакта 150 суток на гидрогеохимическую миграцию гидрокарбонат-иона влияет содержание кальция в породе в меньшей степени, чем на первом этапе ($r(\text{CaCO}_3; \text{HCO}_3^-) = 0,50$). Главную роль приобретают окислительно-восстановительные реакции на контакте «нефть – рассол», что приводит к обогащению контактного раствора ионом HCO_3^- , о чем свидетельствует прямая тесная корреляционная связь содержания гидрокарбонат-иона с ионом аммония и обратная тесная связь этих ионов с сульфат-ионами ($r(\text{HCO}_3^-; \text{NH}_4^+) = 0,88$; $r(\text{SO}_4^{2-}; \text{NH}_4^+) = -0,70$; $r(\text{HCO}_3^-; \text{SO}_4^{2-}) = -0,50$).

Установлена обратная зависимость гидрогеохимической миграции иона HCO_3^- от плот-

ности нефти. На втором этапе коэффициент корреляции между количеством накопленного гидрокарбонат-иона и плотностью нефти составил $-0,59$. Однако здесь оценить результат достаточно сложно, так как у трех экспериментальных образцов керна, насыщенных средней по плотности нефтью, повышенное содержание CaCO_3 в породе 18,9–28,6 % (контактные растворы № № 3, 6, 8). Также у экспериментального образца № 5, насыщенного битуминозной нефтью, содержание CaCO_3 73,5 %, гидрогеохимическая миграция гидрокарбонат-иона здесь максимальна в своей группе.

Гидрогеохимическая миграция иона HCO_3^- зависит от времени контакта и плотности нефти. При плотности нефти 0,902–0,958 г/см³ раствор обогащается ионом HCO_3^- на 25–68,8 % от общего количества накопленного иона HCO_3^- за 30 суток контакта, в то время как при плотности нефти 0,845–0,858 г/см³ за 30 суток контакта количество накопленного гидрокарбонат-иона составило 11,1–44,4 % (рис. 4).

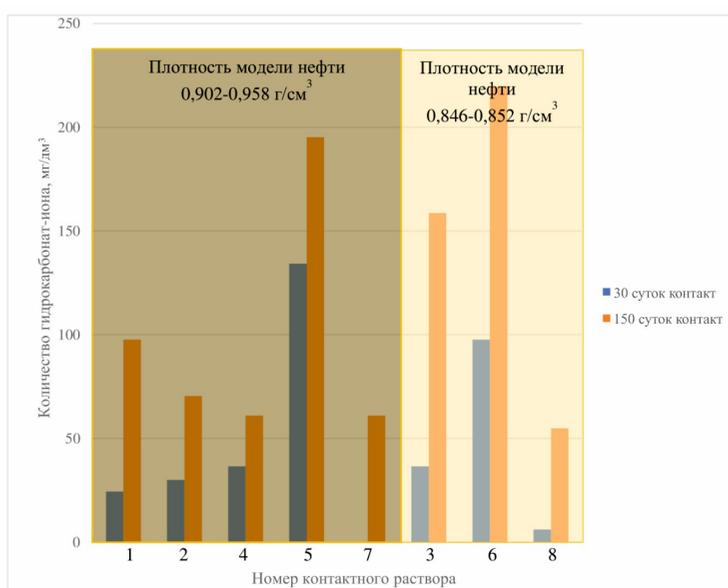


Рисунок 4 – Зависимость гидрогеохимической миграции гидрокарбонат-иона от времени контакта и плотности модели нефти

Сульфат-ион

При взаимодействии углеводородов с пластовыми водами происходит десульфирование последних с выделением сероводорода и гидрокарбонат-иона.

По результатам экспериментальных лабораторных работ установлено, что на процесс сульфатредукции влияет литологический состав пород, плотность нефти, содержание нефтяных смол, а также период контактирования.

Содержание сульфат-иона в рассолах Припятского прогиба определяется равновесием по отно-

шению к ангидриту (CaSO_4), поэтому влияние литологического состава пород на геохимическую миграцию сульфат-иона очевидно. Коэффициент корреляции между литологическим составом пород и количеством сульфат-иона составляет 0,61.

По результатам экспериментальных работ выявлена зависимость десульфирования контактных растворов от плотности нефти, содержания нефтяных смол и времени контактирования.

При плотности нефти 0,902–0,958 г/см³ в контактных растворах № № 1, 4, 5, 7 за 30 суток кон-

такта произошло десульфирование растворов на 48,4–82,7 % от общего значения десульфирования за 150 суток контакта. При плотности нефти 0,846–0,855 г/см³ за 30 суток контакта десульфирование растворов составляет 22,6–67,8 % (контактные

растворы № № 3, 6, 8) (рис. 5). Коэффициент корреляции между плотностью нефти и ΔSO_4^{2-} составил –0,55 для периода 30 суток контакта. Для периода 150 суток контакта связи между этими показателями не выявлено.

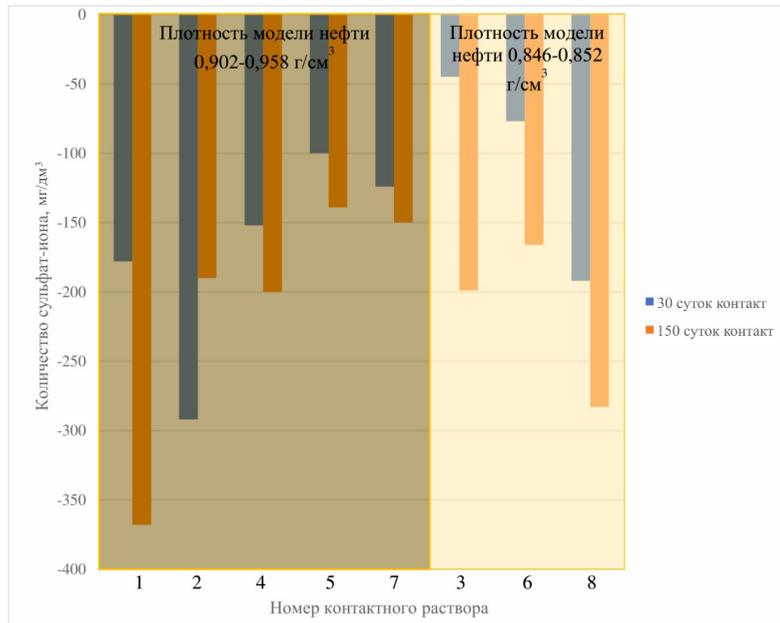


Рисунок 5 – Зависимость десульфирования растворов от плотности модели нефти

Еще один фактор, влияющий на процесс десульфирования контактных растворов, – это содержание смол в нефти (рис. 6). Причем влияние нефтяных смол увеличивается со временем контак-

тирования в среде «рассол – порода – нефть», так теснота связи увеличивается от –0,41 до –0,62 за период контактирования 30 суток и 150 суток соответственно.

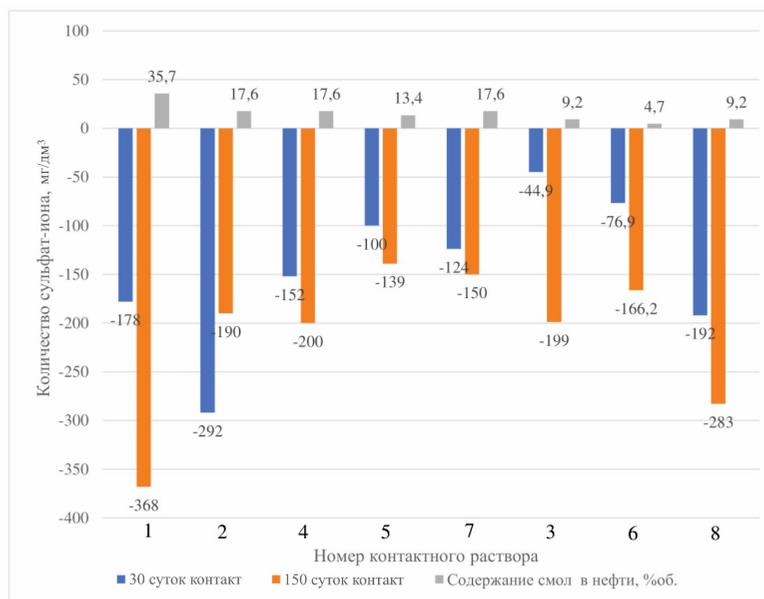


Рисунок 6 – Влияние нефтяных смол на процесс десульфирования контактных растворов

На процесс десульфирования оказывает влияние содержание нефтяных смол и продолжитель-

ность контакта в среде. Так, при контактировании 30 суток и содержании нефтяных смол в модели 4,7–

9,2 % об. ΔSO_4^{2-} составляет от -44,9 до -192,0 мг/дм³. В контактных растворах № № 1, 2, 4, 5, 7 содержание нефтяных смол 13,4–35,7 % об. ΔSO_4^{2-} составило от -100 до -292 мг/дм³. В контактных растворах № № 1, 2, 4, 5, 7 максимальные значения ΔSO_4^{2-} -368 мг/дм³ соответствуют содержанию нефтяных смол 35,7 % об., ΔSO_4^{2-} от -133,0 до -200 мг/дм³ соответствует содержанию смол 13,4–17,6 % об.; при содержании нефтяных смол 4,7–9,2 % ΔSO_4^{2-} составляет от -166,2 до -283 мг/дм³ (период контактирования 150 суток).

Г

Оценить результат по гидрогеохимической миграция йода в контактных растворах достаточно сложно. Очевидно обогащение йодом контактных растворов от 0,90 мг/дм³ до 9,50 мг/дм³ в контактных растворах № № 2, 8 за период 30 суток контакта, до 10,30 мг/дм³ за период 150 суток контакта. Связи между литологией пород, плотностью модели нефти не выявлены либо носят случайный характер. Содержание органического вещества в породе не определялось.

$\text{Cl}^-, \text{Na}^+ + \text{K}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Br}^-$

В ходе выполнения экспериментальных работ установлено, что в каждом контактном растворе с увеличением времени контактирования происходит накопление катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , однако увеличение общей жесткости контактного раствора не изменяет качественно солевую массу раствора. Концентрация брома в растворах увеличивается с повышением общей жесткости (суммы $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) и зависит от литологии пород и времени контактирования.

В целом по результатам экспериментальных работ отмечено, что с увеличением периода контактирования в среде «рассол – порода – нефть» минерализация контактного раствора увеличивается от 2,02 г/дм³ до 32,71 г/дм³ (№ № 8 и 4 соответственно) при взаимодействии 30 суток, от 35,87 г/дм³ до 82,08 г/дм³ (№ № 7 и № 4 соответственно) при взаи-

модействии 150 суток. Повышение минерализации контактных растворов связано с увеличением содержания Cl^- и $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ в результате ионно-обменных процессов в системе «рассол – порода».

В результате проведенных экспериментальных исследований установлена прямая линейная зависимость между обогащением рассола ионами HCO_3^- и NH_4^+ и обратная линейная зависимость между ионами $\text{HCO}_3^-; \text{NH}_4^+$ и ионами SO_4^{2-} ($r(\text{HCO}_3^-; \text{NH}_4^+) = 0,88$; $r(\text{SO}_4^{2-}; \text{NH}_4^+) = -0,70$; $r(\text{HCO}_3^-; \text{SO}_4^{2-}) = -0,50$, что является геохимическим подтверждением реальности процессов сульфатредукции на контакте «нефть – рассол», что обосновывает применение коэффициента $(\text{HCO}_3^- + \text{NH}_4^+) / \text{SO}_4^{2-}$ в качестве поискового критерия на нефть. В результате экспериментальных работ отношение $(\text{HCO}_3^- + \text{NH}_4^+) / \text{SO}_4^{2-}$ в каждом случае стремилось к единице или превышало ее с увеличением времени контакта, в то время как отношение $\text{HCO}_3^- / \text{SO}_4^{2-}$ соответствовало значениям меньше единицы (см. табл. 4).

При экспериментальном опробовании предложенного критерия в условиях Припятского прогиба использовались гидрохимические данные рассолов по следующим месторождениям нефти Припятского прогиба, приуроченным к межсоловым отложениям, с плотностью нефти от 0,845 до 0,899 г/см³ – Александровское, Березинское, Вишанское, Давыдовское, Осташковичское, Речицкое, С-Домановичское, Сосновское, Тишковское, а также гидрохимические данные рассолов В-Выступовичской, Ельской, Радомлянкой, Ю-Валавской площадей. Коэффициент $(\text{HCO}_3^- + \text{NH}_4^+) / \text{SO}_4^{2-}$ опробован на Сосновском месторождении нефти. В рассолах межсоловых отложений в скв. № № 13–17, 19, 21, 24, 25 коэффициент составил 1,30–6,50. Выявленная аномалия совпадает с контуром водонефтяного контакта (рис. 7).

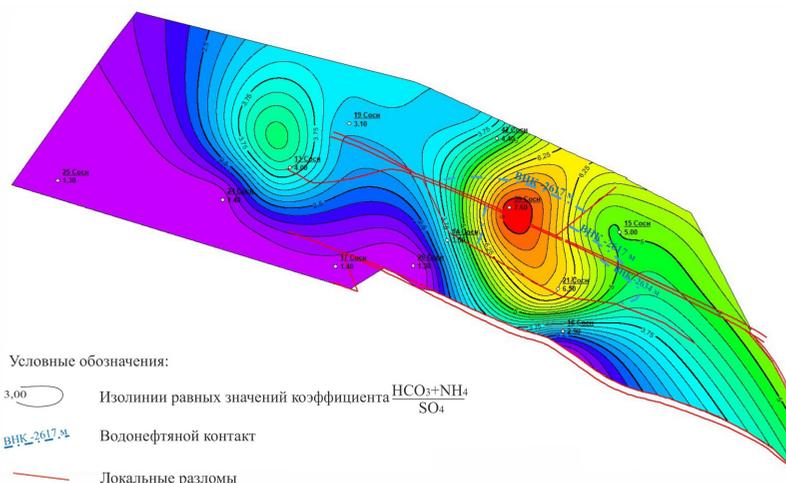


Рисунок 7 – Карта распределения значений коэффициента $(\text{HCO}_3 + \text{NH}_4) / \text{SO}_4$ в рассолах межсоловых отложений Сосновского месторождения нефти (масштаб 1 : 75 000)

Предложенный коэффициент показал эффективность на вышеназванных месторождениях Припятского прогиба, а также на выявленных залежах нефти Южной структурной зоны, хотя каждый из критериев в отдельности не указывал на наличие залежи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлена зависимость обогащения контактного раствора аммонием от плотности нефти, содержания смолистых веществ в нефти и времени контакта. При плотности нефти 0,902–0,958 г/см³ раствор обогащается аммонием на 64–72 % от общего количества накопленного иона аммония за 150 суток контакта, при плотности нефти 0,845–0,858 г/см³ наибольшее количество вещества накоплено за период 30 суток контакта (90–92 %) (№ № 3 и 8). В растворе № 6 обогащение аммонием незначительное – 36,10 мг/дм³ и 57,70 мг/дм³ соответственно за 30 и 150 суток контакта, что связано с низким содержанием смолистых веществ в модели нефти – 4,7 % об и высоким содержанием парафина – 3,6 % об.

2. Гидрогеохимическая миграция гидрокарбонат-иона в изучаемой трехкомпонентной среде зависит от литологии пород (содержания CaCO₃ в породе), минерализации исходной модели рассола, плотности нефти и времени контакта.

3. Установлена прямая линейная зависимость между обогащением раствора ионами HCO₃⁻ и NH₄⁺ и обратная линейная зави-

симость между ионами HCO₃⁻; NH₄⁺ и ионами SO₄²⁻ ($r(\text{HCO}_3^-; \text{NH}_4^+) = 0,88$; $r(\text{SO}_4^{2-}; \text{NH}_4^+) = -0,70$; $r(\text{HCO}_3^-; \text{SO}_4^{2-}) = -0,50$), что является геохимическим подтверждением реальности процессов сульфатредукции на контакте «нефть – рассол», что обосновывает применение коэффициента $(\text{HCO}_3^- + \text{NH}_4^+) / \text{SO}_4^{2-}$ в качестве поискового критерия на нефть. В результате экспериментальных работ отношение $(\text{HCO}_3^- + \text{NH}_4^+) / \text{SO}_4^{2-}$ в каждом случае стремилось к единице или превышало ее с увеличением времени контакта, в то время как отношение HCO₃⁻ / SO₄²⁻ соответствовало значениям меньше единицы.

4. Установлено влияние нефти на изменение ионно-солевого состава рассолов, а именно на содержание ионов HCO₃⁻, NH₄⁺, SO₄²⁻, но третий компонент изучаемой среды – нефть – качественно солевой состав рассола не изменяет.

5. Предложен и апробирован коэффициент $(\text{HCO}_3^- + \text{NH}_4^+) / \text{SO}_4^{2-}$ более 1 в качестве поискового гидрогеохимического критерия на нефть. На месторождениях нефти Припятского прогиба, приуроченных к межсоловым отложениям, с плотностью нефти от 0,845 до 0,899 г/см³ – Александровское, Березинское, Вишанское, Давыдовское, Осташковичское, Речицкое, С-Домановичское, Сосновское, Тишковское, а также на залежах, выявленных в пределах южного района, – В-Выступовичская, Ельская, Радомлянская, Ю-Валавская, предложенный коэффициент подтверждает эффективность применения для оценки перспектив нефтегазоносности поисковых объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геологический словарь** : в 2 т. / К. Н. Паффенгольц (отв. ред.) [и др.]. – М. : Недра, 1978 г. – Т. 1. – С. 464–465.
2. **Гидрогеохимическая зональность и нефтегазоносность** / В. М. Швец [и др.]. – М. : Наука, 1988. – С. 71–75.
3. **Грибик, Я. Г.** Оценка взаимосвязи в системе «порода – вода – нефть» в условиях Припятского прогиба / Я. Г. Грибик // Недропользование. – 2018. – № 1 (70). – С. 100–105.
4. **Кондратенко, Н. И.** Гидрогеохимическое районирование и оценка перспектив нефтегазоносности межсоловых и верхнесоленосных отложений Южной структурно-тектонической зоны Припятского прогиба / Н. И. Кондратенко // Літасфера. – 2024. – № 1 (60). – С. 120–136.
5. **Лехов, А. В.** Физико-химическая гидрогеодинамика : учебник // А. В. Лехов. – М. : МГУ им. М. В. Ломоносова, 2010. – С. 180–190.
6. **Лукнер, Л.** Моделирование миграции подземных вод / Л. Лукнер, В. М. Шестаков. – М. : Недра, 1986. – С. 143–150.
7. **Экологическая гидрогеология** : учебник для вузов / А. П. Белоусова [и др.]. – М. : Академкнига, 2006. – С. 267.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 14.02.2025

Рэцэнзент В. Д. Парошын

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЯ ЛАБАРАТОРНЫЯ ДАСЛЕДАВАННІ СІСТЭМЫ «РАСОЛ – ПАРОДА – НАФТА» Ў ПРЫПЯЦКАМ ПРАГІНЕ

Н. І. Кандраценка¹, Я. Г. Грыбік²

¹Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
вул. Ірынінская, 1, 246000, Гомель, Беларусь
E-mail: nvkondratenko@mail.ru

²Інстытут прыродакарыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі
вул. Ф. Скарыны, 10, 220076, Мінск, Беларусь

У артыкуле прыводзяцца вынікі эксперыментальных даследаванняў геахімічнай міграцыі рэчыва ў трох-кампанентнай сістэме «расол – парода – нафта». Вызначаны знешнія фактары, якія ўплываюць на змяненне макра- і мікракампанентнага складу расолу: шчыльнасць нафты, канцэнтрацыя нафтавых смол, літалагічны склад умяшчальных парод, мінералізацыя зыходнага расолу, перыяд узаемадзеяння. Прапанаваны каэфіцыент $(\text{HCO}_3 + \text{NH}_4) / \text{SO}_4$ у якасці лакальнага крытэрыю ацэнкі перспектывы нафтагазанаснасці.

Вынікі даследавання рэкамендуюцца пры вывучэнні ўмоў фарміравання складу і ўласцівасцей пластавых вод, а таксама ў пошукавай і разведчай гідрагеахіміі.

Ключавыя словы: гідрагеахімічная міграцыя, геалагічнае асяроддзе, kern, дэгазаваная нафта, пластавы расол, макра- і мікракампанентны склад, іоны.

EXPERIMENTAL LABORATORY STUDIES OF THE BRINE-ROCK-OIL SYSTEM IN THE PRIPYAT TROUGH

N. Kondratenko¹, Ya. Gribik²

¹State Enterprise “Research and Production Center for Geology”
1 Irininskaya St, 246000, Gomel, Belarus
E-mail: nvkondratenko@mail.ru

²Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
10 F. Skaryna St, 220076, Minsk, Belarus

The article presents the results of experimental studies geochemical migration of matter in the three-component system “brine – rock – oil”. External factors influencing changes in the macro- and microcomponent composition of brine – oil density, content of oil resins, lithological composition of rocks, mineralization of the initial brine, interaction period. The coefficient $(\text{HCO}_3 + \text{NH}_4) / \text{SO}_4$ is proposed as a local criterion for assessing the prospects of oil and gas potential.

The results are recommended for studying the conditions of formation of the composition and properties of stratal water, as well as in prospecting and exploration hydrogeochemistry.

Keywords: gidrogeochemical migration, geological environment, core, degassed oil, formation brine, macro- and microcomponent composition, ions.

ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ГЕОДИНАМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЗОН

А. П. Гусев

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

Цель работы – оценка современной геодинамической активности разломных зон с помощью газогеохимических индикаторов. Обобщены результаты многолетних геофизических и газогеохимических исследований современной геодинамической активности на территории Гомельской структурной перемычки и сопредельной территории Припятского прогиба. В качестве индикаторов геодинамической активности рассматриваются пространственно-временные аномалии водорода в почвенном газе, гелия в подземных водах и тропосферного метана. Исследования включали: площадную съемку водорода в почвенном газе и гелия в подземных водах (грунтовой и первый напорный водоносные горизонты); изучение временной динамики водорода в стационарных пунктах наблюдения; изучение пространственно-временных изменений концентраций тропосферного метана. Для изучения поля тропосферного метана использованы данные космической съемки спутника Sentinel-5P TROPOMI (2019–2024). В качестве дополнительного метода выявления аномалий метана использовался спектральный индекс NDMI (рассчитывался на основе съемки спутников Landsat 8–9 и Sentinel-2). На основе проведенных работ предложен комплекс газогеохимических индикаторов современной геодинамической активности тектонических структур в условиях древних платформ, включающий гелий (в подземных водах), водород (в почвенном газе) и метан (в тропосфере). Представленные в статье примеры показывают, что газогеохимические методы могут эффективно решать задачи мониторинга геодинамической активности.

Ключевые слова: геодинамически активные зоны, разломы, метан, водород, гелий, индикаторы.

ВВЕДЕНИЕ

Геодинамически активные зоны – локализованные в пространстве участки земной коры различного масштаба, в которых возникают условия для концентрации и разрядки тектонических напряжений, изменений деформированности земной коры [7; 8; 10; 13]. К геодинамически активным зонам относят тектонические разломы (зоны повышенной трещиноватости), над которыми наблюдаются: интенсивные локальные аномалии вертикальных и горизонтальных движений земной поверхности, характеризующиеся высокой амплитудой (50–70 мм/год), коротким периодом (0,1–1,0 года), пространственной локализацией (0,1–1 км), пульсационным и знакопеременным характером [9]; аномальные вариации геофизических полей [8; 9]; геохимические аномалии [2; 3]. Изменения флюидно-газового режима в геодинамически активных зонах отражаются в колебаниях состава газов, влажности и температуры почвогрунтов, приземного слоя атмосферы, что может фиксироваться как наземными, так и дистанционными исследованиями [1].

Изучение геодинамически активных зон представляется актуальной геоэкологической задачей. Это обусловлено тем, что современная геодинами-

ческая активность влияет на развитие экзогенных геологических процессов; защищенность подземных вод к техногенным загрязнениям; процессы коррозии подземных технических систем; аномальные деформации земной поверхности; сейсмичность [7; 8]. Геоэкологический аспект современной геодинамической активности выражается в риске аварий технических систем, сопряженных с загрязнением компонентов ландшафта, в снижении устойчивости природных геосистем к техногенным воздействиям. Таким образом, современная геодинамическая активность является важным фактором, который может оказывать прямое или косвенное влияние на геоэкологическую ситуацию. Риск негативных последствий современной геодинамической активности следует учитывать при геоэкологическом прогнозировании. Однако современная геодинамическая активность, как правило, редко рассматривается при геоэкологической оценке территории. Одной из методических проблем являются различия в оцениваемых территориальных единицах: геоэкологическая оценка проводится по административным или ландшафтным территориальным единицам, а оценка геодинамической активности – по тектоническим структурам.

Актуальной проблемой является применение методов дистанционного зондирования Земли

(ДДЗ) для оперативного виявлення і оцінки небезпечності геодинамічно активних зон.

Цель работы: выявление геодинамически активных зон на основе применения газогеохимических индикаторов. Решаемые задачи: обобщение данных о современной геодинамической активности на юго-востоке Беларуси; изучение водорода в почвенном газе и гелия в подземных водах (грунтовых и первый напорный водоносные горизонты); изучение пространственно-временных изменений концентрации тропосферного метана (по данным космической съемки); оценка современной геодинамической активности тестовых участков; разработка системы газогеохимических индикаторов геодинамически активных зон.

РАЙОН И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Район исследований – Гомельская структурная перемычка и сопредельные участки (рис. 1). Гомельская структурная перемычка представляет собой тектоническую структуру, соединяющую Воронежскую антеклизу с Припятским прогибом и расположена

на юго-востоке Беларуси. Юго-западной границей Гомельской структурной перемычки является Северо-Припятский суперрегиональный разлом (мантийного заложения), северо-западной границей – Малиновско-Глазовский региональный разлом, восточной границей – Гомельский субрегиональный разлом, южной границей – Верхнеднепровский региональный разлом [14].

Исследования проводились на 5 тестовых участках (рис. 1):

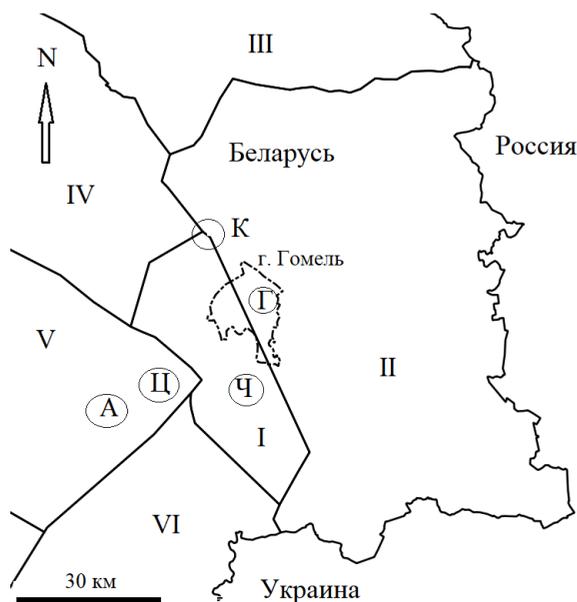
участок «Костюковка» – зона пересечения Гомельского, Костюковского, Жлобинского и Белицкого разломов; глубина залегания кристаллического фундамента 0,6–0,9 км;

участок «Цыкуны» – зона пересечения Северо-Припятского и Первомайского разломов; глубина залегания фундамента 2,8–3,2 км;

участок «Александровка» – зона Александровского разлома; глубина залегания фундамента 3,6–4,2 км;

участок «Гомель» – вне известных разломов; глубина залегания фундамента 0,5–0,6 км;

участок «Ченки» – вне известных разломов; глубина залегания фундамента 0,7–0,8 км.



Тектонические структуры: I – Гомельская структурная перемычка; II – Воронежская антеклиза; III – Жлобинская седловина; IV – Северо-Припятское плечо; V – северная ступень Припятского грабена; VI – Брагинско-Лоевская седловина. Тестовые участки: А – «Александровка»; Г – «Гомель»; К – «Костюковка»; Ц – «Цыкуны»; Ч – «Ченки»

Рисунок 1 – Тектоническая схема района исследований

Исследования включали: площадную съемку водорода в почвенном газе и гелия в подземных водах (грунтовых и первый напорный водоносные горизонты); изучение временной динамики водорода в стационарных пунктах наблюдения; изучение пространственно-временных изменений концентра-

ций тропосферного метана. Временная динамика водорода регистрировалась на 4 пунктах («Костюковка», «Цыкуны», «ГГУ», «Ченки»), расположенных на различном удалении от разломных структур. Площадная водородная съемка проводилась путем отбора проб из шпуров 0,5–1 м и последующего из-

мерения в лаборатории с помощью водородного газоанализатора с предельной чувствительностью 10–6 % об. [2; 3]. Отбор проб воды производился специальным пробоотборником из придонного слоя колодцев и скважин. Для определения содержания гелия использовался ИНГЕМ-1.

Изучение тропосферного метана проводилось с помощью космической съемки спутника Sentinel-5P с сенсором TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument). Сенсор TROPOMI определяет атмосферные концентрации (общее содержание в вертикальном столбе тропосферы) метана [17; 19]. Измерения ведутся ежедневно с октября 2017 г. Пространственное разрешение $3,5 \times 5,5$ км. Величина случайной ошибки определения метана составляет не более 1 %. Архивированный продукт съемки TROPOMI содержит значения концентрации сухого метана в толще атмосферы в миллиардных долях от объема (ppb). Регулярная составляющая потока метана определялась с помощью осреднения измерений на заданном временном отрезке.

Для выявления локальных источников метана использована съемка спутников Sentinel-2 и семейства Landsat в каналах зонах коротковолнового инфракрасного излучения: SWIR1 и SWIR2. Как показано в работах С. М. Webber и J. P. Kerekes [20], D. J. Varon et al. [18], эти каналы чувствительны к содержанию метана в атмосфере. Как индикатор метана предлагается индекс NDMI (Normalized Difference Methane Index): $NDMI = (SWIR2 - SWIR1) / (SWIR2 + SWIR1)$. Величина NDMI изменяется от -1 до +1. Совместное использование снимков нескольких спутников позволяет увеличить временное разрешение и снизить влияние неблагоприятных метеоусловий.

Для обработки данных Sentinel-5P TROPOMI, Landsat-8, Landsat-9, Sentinel-2, построения картосхем использовалась геоинформационная система QGIS.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проводимые в 1980–1990-е гг. на территории юго-востока Беларуси газогеохимические и геофизические исследования выявили высокую геодинамическую активность ряда тектонических структур [2; 3; 4; 11; 12; 16]. На участке «Александровка» зафиксированы высокоградиентные аномалии вертикальных движений земной поверхности (10–20 и более мм/км в год), локализованные вблизи разрывных нарушений. Причиной формирования аномалий вертикальных движений предполагаются автоколебательные процессы в разломной зоне [9; 13]. Над Александровским разломом также наблюдались

аномальные короткопериодные колебания геомагнитного поля. Амплитуда колебаний полного вектора напряженности геомагнитного поля ΔT составила 10–20 нТл (вне разлома – до 5 нТл).

Комплексные геофизические исследования зафиксировали в зоне Александровского разлома сопряженные в пространстве аномалии водорода, радона и торона в подпочвенном воздухе и поля атмосферного электричества. Предполагалось, что схожее поведение указанных параметров обусловлено единым источником миграцией газов в разрывных структурах [16].

Были обнаружены аномалии гелия в подземных водах [11]. Интенсивные аномалии гелия в грунтовых водах и водах первого напорного горизонта приурочены к Александровскому разлому (колодцы в населенных пунктах Остров, Грановка, Александровка, Некрасово). В грунтовых водах содержание гелия составляло от $7 \cdot 10^{-5}$ до $19 \cdot 10^{-5}$ мг/дм³ (фоновые значения – до $7 \cdot 10^{-5}$ мг/дм³). В водах первого напорного горизонта – от $66 \cdot 10^{-5}$ до $1940 \cdot 10^{-5}$ мг/дм³ (фоновые значения – до $10 \cdot 10^{-5}$ мг/дм³). Здесь же обнаружена гидрохимическая аномалия – высокая минерализация (до 12 г/дм³) воды первого напорного горизонта в населенном пункте Остров [13].

Изучение содержания гелия в подземных водах более глубоких водоносных горизонтов проводилось на участках «Костюковка», «Ченки» и «Гомель». Содержание водорастворенного гелия в скважине на участке «Костюковка» (интервал опробования 576–603 м) изменялось в пределах от 2,6 до 4,0 ($3,25 \pm 0,12$) мг/дм³. Здесь же содержание водорода в выделяющемся газе при первом опробовании составило 1058 ppм, при последующих опробованиях оно колебалось в пределах от 2 до 80 ppм. В скважине (интервал опробования 468–499 м) «Ченки» содержание водорастворенного гелия составляло от 0,085 до 0,128 ($0,106 \pm 0,006$) мг/дм³. Содержание водорода было в пределах его атмосферных концентраций – 0,5–1 ppм (в пределах погрешности измерений $10^{-6}\%$). На территории города Гомеля были опробованы 4 скважины, вскрывающие нижнюю часть осадочного чехла и кристаллический фундамент. Содержание водорастворенного гелия изменялось от 0,026 до 2,79 мг/дм³. Содержание водорода во всех случаях составляло 0,5–1 ppм. По результатам этих исследований установлено: на участке Костюковка имеет место 1) аномально высокая гелиенасыщенность подземных вод нижней части осадочного чехла, которая превышает в несколько раз таковую для вод кристаллического фундамента на территории Гомеля; 2) высокое содержание водорода в выделяющемся при самоизливе газе. Как в случае гелия, так и водорода здесь были

зафиксированы их максимальные концентрации для района исследований.

Кроме того, в двух колодцах на участке «Костюковка» обнаружена гидрохимическая аномалия – повышенная минерализация грунтовых вод (3 г/дм³).

Содержание гелия в грунтовых водах и водах первого водоносного горизонта на участках «Чен-

ки» и «Гомель» находились в пределах фоновых величин [11].

Водородная съемка с помощью шпуров (до 0,5 м) выявила аномалии повышенного содержания водорода в подпочвенном воздухе на участке «Костюковка» [2; 3] и «Александровка» [16]. На участках «Гомель» и «Ченки» содержание водорода не превышала его фоновую концентрацию (рис. 2).

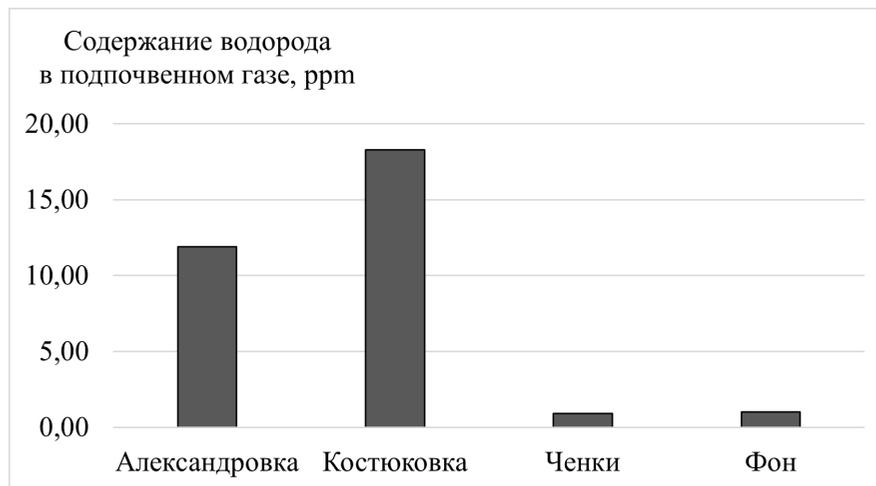


Рисунок 2 – Содержание водорода в подпочвенном газе тестовых участков

Изучение короткопериодных колебаний концентрации подпочвенного водорода с помощью стационарных наблюдений на 4 участках (кроме участка «Александровка») позволило выявить следующие закономерности. На участках «Костюковка» и «Цыкуны» в спектре колебаний четко выделяются суточная и полусуточная гармоники, которые имеют высокую степень корреляции (коэффициент корреляции от +0,68 до +0,75) с расчетными приливными деформациями (с некоторым запаздыванием). Амплитуда суточных вариаций 1–3, полусуточных вариаций – 1–2 ppm. Это объясняется тензочувствительностью зон разломов к приливным деформациям, что обуславливает изменения условий миграции водорода в трещинах. Внутри-блоковые участки («Гомель» и «Ченки») обладают низкой тензочувствительностью и здесь водородное поле на приливные деформации не реагирует. Имеется только слабовыраженная суточная гармоника с амплитудой менее 0,5 ppm [2; 3].

Таким образом, на основе всех выше указанных исследований участки «Александровка» и «Костюковка» представляют собой геодинамически активные зоны; на участках «Гомель» и «Ченки» проявления современной геодинамической активности отсутствуют.

Развитие дистанционных методов зондирования Земли привело к созданию спутниковых систем, позволяющих с высокой точностью фик-

сировать выбросы метана, что открывает новые возможности для выявления геодинамически активных зон и оперативного мониторинга процессов газифлюидопереноса в разломных зонах [5; 15]. Среди разнообразных источников эмиссии метана в атмосферу дегазация недр занимает видное место [6; 15]. Так, наибольшие концентрации тропосферного метана отмечаются над странами, расположенными в областях повышенной сейсмической активности и нефтегазоносности недр, приуроченных к зонам столкновения литосферных плит [15].

Динамика содержаний тропосферного метана над территорией Беларуси в 2019–2024 гг. имела следующие особенности. В зимний период средние концентрации изменялись от 1818 до 1898,3 ppb; в летний – от 1793,2 до 1872,4 ppb. Зимой концентрация метана, как правило, выше, чем летом (исключение 2024 г.). Различия между зимним и летним сезонами составляют от 5,0 (2020 г.) до 89,3 (2023 г.) ppb. Единичные максимальные концентрации, наблюдаемые в отдельных точках, в рассматриваемый период составляли: 2257,2 (зима 2023 г.), 2210,7 (зима 2021 г.), 2202,9 (зима 2024 г.) ppb. Для выяснения влияния на пространственную неоднородность содержаний метана поверхностных природных (болота, водоемы) и антропогенных факторов были выбраны две группы объектов: города и особо ох-

раняемые природные территории (ООПТ). Как правило, среднее содержание метана над городами выше среднего содержания метана над территорией Беларуси в целом, однако это различие не всегда статистически достоверно (например, зимой 2019 г., летом 2021 г., зимой 2024 г.). Так, статистически значимые различия в содержании метана между городами и ООПТ наблюдались летом 2020 г., зимой 2021 г., зимой 2022 г., летом 2023 г., зимой 2024 г. В остальные периоды наблюдений достоверные отличия между городами и ООПТ отсутствовали. Эти результаты показывают, что антропогенные источники, которые концентрируются в городах, вероятно, формируют более мощные потоки метана, чем природные экосистемы ООПТ.

Таким образом, содержание тропосферного метана отличается крайней изменчивостью во времени, подвержено значительным сезонным колебаниям. В зимний период концентрация метана увеличивается за счет снижения активности реакций его фотохимического разрушения в атмосфере, а также, вероятно, за счет увеличения техногенных выбросов (в связи с отопительным сезоном). Возрастает влияние колебаний метеорологических условий (облачности) на результаты космической съемки. Оптимальным сезоном для выявления геодинимических эффектов в поле тропосферного метана является лето.

Для летних сезонов 2019–2024 гг. были получены усредненные содержания метана над изучаемыми участками (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика содержания тропосферного метана (среднее и ошибка среднего) над тестовыми участками, в ppb

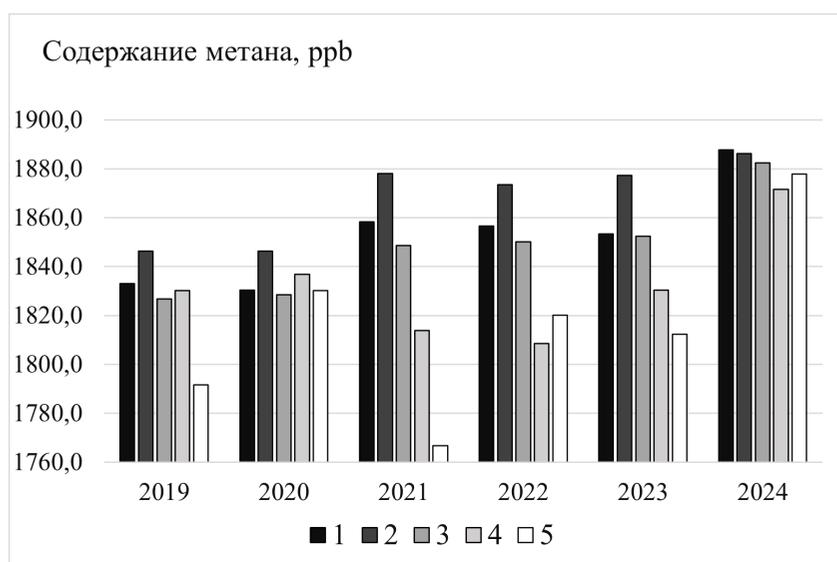
Год	Участок					Беларусь (фон)
	«Костюковка»	«Александровка»	«Цыкуны»	«Гомель»	«Ченки»	
2019	1846,4 2,5±	1833,0 3,8±	1826,8 4,1±	1830,1 9,5±	1791,7 21,2±	1812,5 0,2±
2020	1846,5 4,7±	1830,4 4,0±	1828,5 5,3±	1836,8 10,2±	1830,2 9,3±	1817,5 0,3±
2021	1878,0 4,0±	1858,3 6,7±	1848,6 9,3±	1813,8 13,1±	1766,7 32,7±	1830,2 0,7±
2022	1873,5 6,7±	1856,8 7,9±	1850,2 7,8±	1808,5 24,7±	1820,1 28,5±	1843,0 ±0,5
2023	1873,5 8,6±	1853,3 9,0±	1852,5 7,3±	1830,1 15,5±	1812,3 11,5±	1793,2 0,5±
2024	1886,2 3,7±	1887,7 ±3,9	1882,5 0,3±	1871,6 5,5±	1877,9 4,7±	1878,7 1,0±

Выделены значения, статистически достоверно ($p < 0,05$) отличающиеся от фона

Видно, что над участками «Костюковка» и «Александровка» содержание тропосферного метана в течение всего интервала наблюдений выше, чем над участками «Ченки» и «Гомель». Среднее содержание метана над участком «Костюковка» статистически достоверно превышало региональный фон в течение всего периода наблюдений (исключение – 2024 г.). Аналогично, среднее содержание метана над участком «Александровка» достоверно выше фона в течение всего времени наблюдений (исключение 2022 г.). Менее выражена метановая аномалия над участком «Цыкуны» (достоверное превышение фона в 2019, 2020 и 2023 гг.). Содержание метана над участком «Гомель» было достоверно выше фона только в 2020 г. Содержание метана над участком

«Ченки» от регионального фона достоверных отличий не имело. Над участком «Костюковка» среднее содержание метана было выше фона на 7,5–80,3 (в среднем на 38,2) ppb. Над участком «Александровка» соответственно – на 9,0–60,1 (в среднем на 24,1) ppb.

Таким образом, изучение динамики тропосферного метана по данным съемки Sentinel-5P TROPOMI показало, что над участками, где фиксируется современная геодинимическая активность, концентрации метана всегда выше, чем над стабильными участками (рис. 3). Повышение содержания метана над участком «Гомель» может объясняться влиянием техногенных источников эмиссии метана (утечки из газопроводов и газораспределительных станций, систем отопления и т.д.).



1 – «Костюковка»; 2 – «Александровка»; 3 – «Цыкуны»; 4 – «Гомель»; 5 – «Ченки»
Рисунок 3 – Изменения средних содержаний тропосферного метана по данным Sentinel-5P TROPOMI над участками, различающимися по геодинамической активности (июнь – август)

Измерения содержания тропосферного метана спутником Sentinel-5P TROPOMI осуществляются в масштабе $3,5 \times 5,5$ км, поэтому могут выявлять только достаточно крупные источники эмиссии. Для выявления меньших по размеру источников метана предлагается использовать съемку спутников Sentinel-2 (пространственное разрешение 10 м) или Landsat (пространственное разрешение 30 м). Сенсоры этих аппаратов ведут измерения в 2 зонах коротковолнового инфракрасного излучения: SWIR1 (Landsat-8 – 1,566–1,651 мкм) и SWIR2 (Landsat-8 – 2,107–2,94 мкм). По нормированному соотношению коэффициентов спектральной яркости в этих диапазонах (индекс NDMI) можно судить о концентрации метана в атмосфере [18; 20].

Совместное использование снимков нескольких спутников позволяет увеличить временное разрешение и снизить влияние неблагоприятных метеословий. Метановые выбросы диагностируются при величине $NDMI > 0$. Наибольшие помехи при использовании данного индекса создают водные объекты, поскольку для них $NDMI = 0$. Поэтому водные объекты из анализа исключаются. Для вычленения аномалий метана, обусловленных флюидопереносом в разломных зонах, необходимо выяснить вклад техногенных источников метана. Возможны следующие варианты: аномалия метана формируется техногенными выбросами; аномалия метана формируется глубинным флюидопереносом в разломной зоне; аномалия метана имеет как техногенную, так и геодинамическую составляющую; аномалия метана отсутствует.

Для определения индекса NDMI использованы 23 космических снимка: 17 снимков – Landsat 8–9, 6 снимков – Sentinel-2. Время съемки – с 2015 по 2024 г. Для тестовых участков на каждом снимке определились средние, медианные и максимальные значения NDMI. Наиболее выраженные аномалии NDMI были приурочены к разным объектам на городской территории: предприятие «Гомельагрокомплект» и сопредельная застройка, железнодорожная станция Центролит, площадка «Гомельоблдорстрой» и деревообрабатывающего предприятия «ЭкоЕвроПласт». Вероятно, в пределах городского ландшафта в масштабе, соответствующем пространственному разрешению каналов 20–30 м, техногенный фактор оказывает наибольшее влияние на поле метана. Поэтому использовать NDMI для выявления геодинамически активных зон в условиях наличия техногенных эмиссий метана сложно. В случае участков «Костюковка», «Александровка» и «Ченки» влияние техногенных источников метана, вероятно, существенно меньше (большая часть территории – сельскохозяйственные или лесные земли). На участках «Костюковка» и «Александровка» аномалии с $NDMI > 0$ периодически отмечаются на большей части космических снимков, однако занимают небольшие площади относительно общего размера участков (до 10–20 %). Максимальные значения NDMI в отдельных пикселях могут достигать 0,42 («Костюковка») и 0,54 («Александровка»). Для трех участков составлены ряды NDMI в течение 2020 и 2024 гг. Динамика максимальных значений NDMI представлена на рисунках 4 и 5.

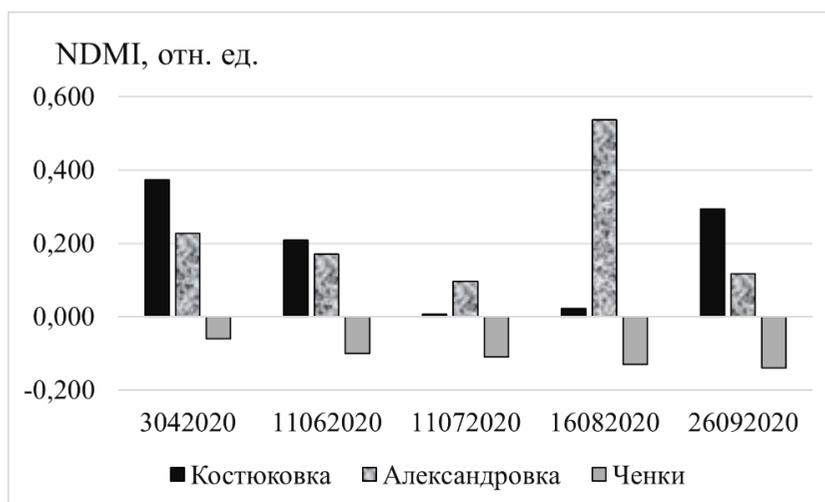


Рисунок 4 – Динамика максимальных значений NDMI в 2020 г.

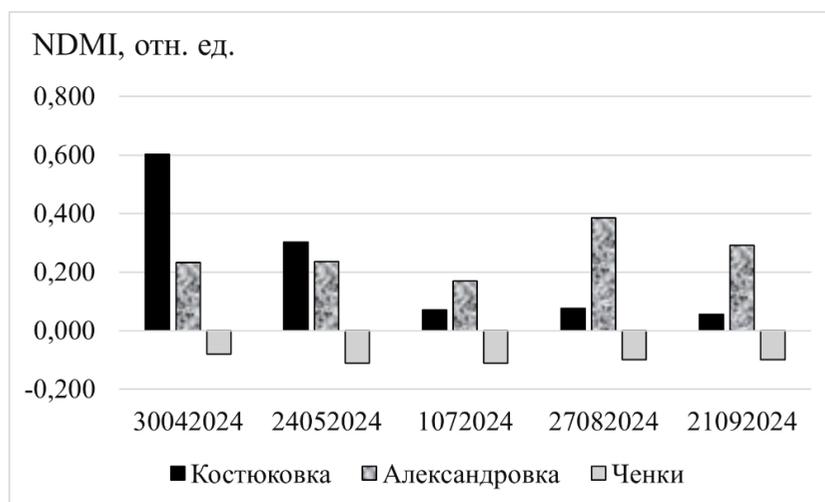


Рисунок 5 – Динамика максимальных значений NDMI в 2024 г.

Из рисунков 4 и 5 видно, что максимальные значения NDMI для участков «Костюковка» и «Александровка» в течение всего времени наблюдений выше 0 (что указывает на эмиссию метана с поверхности в атмосферу). Для участка «Ченки» максимальные значения NDMI всегда отрицательные (эмиссия метана отсутствует).

Таким образом, результаты изучения тропосферного метана по данным космической съемки как низкого разрешения (Sentinel 5P TROPOMI), так и среднего разрешения (Sentinel-2, Landsat-8, Landsat-9) показывают, что участки «Костюковка» и «Александровка» отличаются повышенным потоком метана. Участок «Ченки» характеризуется концентрациями метана близкими к региональному фону. На участке «Гомель» по данным Sentinel-5P TROPOMI концентрации метана близки к фоновым; по индексу NDMI отмечены локальные аномалии,

связанные с техногенными источниками. Пространственно-временные колебания концентраций тропосферного метана испытывают влияние со стороны глубинных потоков этого газа в зонах высокой трещиноватости, что подтверждается их сопряжением в пространстве с водородными и гелиевыми аномалиями.

Результаты космической съемки метана могут стать дополнительным критерием для выявления геодинамически активных зон. Для слабосейсмических регионов древних платформ в качестве газогеохимических индикаторов современной геодинамической активности тектонических структур можно предложить показатели, приведенные в таблице 2. Геохимические поля гелия, водорода и метана в разных компонентах геологической среды взаимно дополняют друг друга, что позволяет отличать геодинамические эффекты от техногенных и биогенных.

Таблица 2 – Газогеохимические индикаторы геодинамические активных зон (для платформенных условий)

Показатель	Стабильная зона	Геодинамически активная зона
Содержание гелия в грунтовых водах, мг/дм ³	$<7 \cdot 10^{-5}$	$>7 \cdot 10^{-5}$
Содержание водорода в подпочвенном газе, ppm	<1	>1
Временная динамика водорода в подпочвенном газа	Суточная гармоника	Суточная и полусуточная гармоника
Содержание тропосферного метана (по данным Sentinel-5P TROPOMI), ppb	Статистически не отличается от регионального фона	Статистически достоверно выше регионального фона
Спектральный индекс NDMI	$<0,1$	$>0,1$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе выполненных исследований:

обобщены результаты многолетних геофизических и газогеохимических исследований современной геодинамической активности на территории Гомельской структурной перемычки и сопредельной территории Припятского прогиба;

изучена динамика концентраций тропосферного метана, регистрируемых спутником Sentinel-5P TROPOMI, над территорией Беларуси, выявлены сезонные колебания фоновых концентраций тропосферного метана в регионе;

изучена динамика концентраций метана в 2019–2024 гг. над участками, различающимися по степени геодинамической активности; установлено, что над участками «Костюковка» и «Александровка» средние концентрации метана достоверно превышают фоновые значения;

впервые для Беларуси апробировано использование индекса NDMI (определяется по данным съемки среднего разрешения спутников Landsat и Sentinel-2) как индикатора эмиссии метана от локальных источников;

аномалии NDMI, обнаруженные на участках «Костюковка» и «Александровка», предположительно обусловлены газофлюидопереносом в разломных зонах, аномалия NDMI на участке «Гомель» имеет техногенную природу.

На основе проведенных работ предложен комплекс газогеохимических индикаторов современной геодинамической активности тектонических структур в условиях древних платформ, включающий гелий (в подземных водах), водород (в подпочвенном газе) и метан (в тропосфере).

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № X25Y3B-079).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бондур, В. Г.** Физическая природа линеаментов, регистрируемых на космических изображениях при мониторинге сейсмоопасных территорий / В. Г. Бондур, А. Т. Зверев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2006. – № 3. – Т. 2. – С. 177–183.
2. **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.
3. **Гумен, А. М.** Подпочвенный водород – индикатор изменений напряженно-деформированного состояния земной коры асейсмичных регионов / А. М. Гумен, А. П. Гусев, В. П. Рудаков // Доклады Академии наук. – 1998. – Т. 359. – № 3. – С. 390.
4. **Гусев, А. П.** Индикаторы активных разломов (на примере Гомельской структурной перемычки) / А. П. Гусев // Изв. высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2024. – Т. 66. – № 1. – С. 35–44.
5. **Гусев, А. П.** Оценка современной геодинамической активности территории (на примере юго-востока Беларуси) / А. П. Гусев // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2024. – № 1. – С. 105–144.
6. **Гусев, А. П.** Потоки метана в тропосфере: геологические и антропогенные источники (по данным Sentinel-5P TROPOMI) // Региональные геосистемы. – 2023. – Т. 47. – № 4. – С. 580–592.
7. **Касьянова, Н. А.** Экологические риски и геодинамика / Н. А. Касьянова. – М. : Научный мир, 2003. – 332 с.
8. **Копылов, И. С.** Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности / И. С. Копылов. – Пермь : ПГНИУ, 2019. – 131 с.

9. Кузьмин, Ю. О. Современная геодинамика опасных разломов / Ю. О. Кузьмин // Физика Земли. – 2016. – № 5. – С. 87–101.
10. Матвеев, А. В. Геоактивные зоны на территории Беларуси / А. В. Матвеев // Литасфера. – 2015. – № 1 (42). – С. 64–70.
11. Результаты водногелиевых исследований на северо-востоке Припятского прогиба и сопредельной территории / А. М. Гумен [и др.] // Поиски и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь : сб. науч. тр. – Гомель : БелНИПИнефть, 1997. – Вып. 2. – С. 64–69.
12. Современная геодинамика и нефтегазоносность / под ред. Н. А. Крылова и В. А. Сидорова. – М. : Наука, 1989. – 200 с.
13. Современные геодинамически активные зоны платформ / В. И. Макаров [и др.] // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2007. – № 2. – С. 99–110.
14. Структура поверхности кристаллического фундамента Гомельской структурной перемычки и сопредельных территорий / Р. Г. Гарецкий [и др.] // Литасфера. – 2018. – № 1 (48). – С. 19–29.
15. Сывороткин, В. Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы / В. Л. Сывороткин. – М. : ООО «Геоинформцентр», 2002. – 250 с.
16. Эманационные и электрические эффекты над сложно построенными тектоническими структурами (на примере Александровской зоны приразломных поднятий, Белоруссия) / Г. И. Войтов [и др.] // Доклады Академии наук. – 2000. – Т. 370. – № 1. – С. 105–108.
17. Automated detection and monitoring of methane super-emitters using satellite data / В. J. Schuit [et al.] // Atmos. Chem. Phys. – 2023. – Vol. 23. – P. 9071–9098.
18. High-frequency monitoring of anomalous methane point sources with multispectral Sentinel-2 satellite observations / D. J. Varon [et al.] // Atmos. Meas. Tech. – 2021. – Vol. 14. – P. 2771–2785.
19. Methane retrieved from TROPOMI: improvement of the data product and validation of the first 2 years of measurements / A. Lorente [et al.] // Atmospheric Measurement Techniques. – 2021. – Vol. 14. – P. 665–684.
20. Webber, C. M. An examination of enhanced atmospheric methane detection methods for predicting performance of a novel multiband uncooled radiometer imager / C. M. Webber, J. P. Kerekes // Atmos. Meas. Tech. – 2020. – Vol. 13. – P. 5359–5367.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 14.03.2025

Рэцэнзент А. М. Галкін

ГАЗАГЕАХІМІЧНЫЯ ІНДЫКАТАРЫ ГЕАДЫНАМІЧНА АКТЫЎНЫХ ЗОН

А. П. Гусеў

Гомельскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Ф. Скарыны
вул. Савецкая, 104, 246028, Гомель, Беларусь
E-mail: andi_gusev@mail.ru

Мэта работы – ацэнка сучаснай геадынамічнай актыўнасці разломных зон з дапамогай газагеахімічных індыкатараў. Абагульнены вынікі шматгадовых геофізічных і газагеахімічных даследаванняў сучаснай геадынамічнай актыўнасці на тэрыторыі Гомельскай структурнай перамычкі і сумежнай тэрыторыі Припяцкага прагіну. У якасці індыкатараў геадынамічнай актыўнасці разглядаюцца прасторава-часавыя анамаліі вадароду ў падглебавым газе, гелію ў падземных водах і трапасфернага метану. Даследаванні ўключалі: плячовачную здымку вадароду ў падглебавым газе і гелію ў падземных водах (грунтавы і першы напорны ваданосныя гарызонты); вывучэнне часовай дынамікі вадароду ў стацыянарных пунктах назірання; вывучэнне прасторава-часавых змяненняў канцэнтрацыі трапасфернага метану. Для вывучэння поля трапасфернага метану выкарыстаны даныя касмічнай здымкі спадарожніка Sentinel-5P TROPOMI (2019–2024). У якасці дадатковага метаду выяўлення анамалій метану выкарыстоўваўся спектральны індэкс NDMI (разлічваўся на аснове здымкі спадарожнікаў Landsat 8–9 і Sentinel-2). На аснове праведзеных работ прапанаваны комплекс газагеахімічных індыкатараў сучаснай геадынамічнай актыўнасці тэктанічных структур ва ўмовах старажытных платформ, які ўключае гелій (у падземных водах), вадарод (у падглебавым газе) і метан (у трапасферы). Прадстаўлены ў артыкуле прыклады паказваюць, што газагеахімічныя метады могуць эфектыўна вырашаць задачы маніторынгу геадынамічнай актыўнасці.

Ключавыя словы: геадынамічна актыўныя зоны, разломы, метан, вадарод, гелій, індыкатары.

GAS-GEOCHEMICAL INDICATORS OF GEODYNAMICALLY ACTIVE ZONES

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 assess the modern geodynamic activity of fault zones using gas-geochemical indicators. The results of long-term geophysical and gas-geochemical studies of modern geodynamic activity in the territory of the Gomel structural isthmus and the adjacent territory of the Pripyat Trough are summarized. Spatio-temporal anomalies of hydrogen in subsurface gas, helium in groundwater and tropospheric methane are considered as indicators of geodynamic activity. The studies included: an areal survey of hydrogen in subsurface gas and helium in groundwater (groundwater and the first confined aquifers); a study of the temporal dynamics of hydrogen at stationary observation points; a study of spatio-temporal changes in the concentration of tropospheric methane. To study the tropospheric methane field, space imaging data from the Sentinel-5P TROPOMI satellite (2019–2024) were used. As an additional method for detecting methane anomalies, the NDMI spectral index was used (calculated based on Landsat 8–9 and Sentinel-2 satellite images). Based on the work carried out, a set of gas-geochemical indicators of modern geodynamic activity of tectonic structures in the conditions of ancient platforms was proposed, including helium (in groundwater), hydrogen (in subsurface gas) and methane (in the troposphere). The examples presented in the article show that gas-geochemical methods can effectively solve the problems of monitoring geodynamic activity.

Keywords: geodynamically active zones, faults, methane, hydrogen, helium, indicators.

КАРЫСНЫЯ ВЫКАПНІ

УДК 553.63 : [549+552] (476)

КАЛИЙНЫЕ РУДЫ ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ ЗАЛЕЖЕЙ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА:
СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЙ АСПЕКТ

Н. С. Петрова

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
Филиал «Институт геологии»
ул. Академика Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь

Материалы по калийным горизонтам изучены на площадях, в пространственном отношении значительно удаленных на восток от хорошо исследованных районов запада и юго-запада Припятского прогиба. Части разреза калиеносной субформации, которые на западе прогиба располагаются на глубинах, соответствующих шахтной разработке, в восточной части Северного и Центрального структурных ареалов значительно погружаются.

Ключевые слова: Припятский прогиб, калийный горизонт, сильвинит, бром, газовой-жидкие включения.

Вопросы потенциальной калиеносности соленосных толщ Припятского прогиба в той или иной степени решены в процессе проведения геологоразведочных и научно-исследовательских работ [2]. Калиенасыщенность разреза калиеносной субформации средневерхнефаменской соленосной толщи характеризует связь калиенакопления с депрессионными структурами, отражая главную роль тектонического фактора в размещении калийных залежей. В результате комплексного обобщения геолого-геофизических материалов по потенциальной калиеносности Припятского прогиба уточнены главные пространственно-временные закономерности распределения калийных залежей и проведено прогнозно-минералогическое районирование. Продуктивность промышленно значимых и высокоперспективных объектов к настоящему времени оценена в основном в пределах западной и центральной части прогиба, включая Старобинское и Петриковское месторождения с примыкающими перспективными участками. Наиболее изучены залежи, залегающие на глубине до 1200 м и имеющие качество, отвечающее требованиям кондиций для шахтной отработки.

Калийные соли на глубине 2500–4000 м отмечаются, главным образом, на каротажных диаграммах глубоких нефтеразведочных скважин. Исследование этих объектов, расположенных на значительной глубине под воздействием больших геостатических нагрузок и повышенных температур, представляет как научный, так и практический интерес.

В нашем распоряжении был керн скважин по ряду глубокозалегающих калийных горизонтов Припятского прогиба (рис. 1): в Северном структурном ареале – скв. Речицкая 93 (предположительно горизонт III-4 в интервале глубин 3867–3881 м) и скв. Северо-Чернинская 1 (предположительно горизонт V, глубина залегания 3691,8–3707,2 м), а также в Центральном структурном ареале – скв. Юровичская 1 (три интервала – горизонты 0-4п, II-п, IV-п) и скв. Мозырская 1. Наиболее представительный керн поднят в скв. Речицкая 93, где залежь имеет мощность 1,8 м.

Сильвиниты представлены красными, светлоокрашенными и белыми разновидностями, по внешнему облику и особенностям строения напоминающими сильвиниты Старобинского месторождения.

Микроструктурно-текстурные¹ особенности соляных пород детально изучены в шлифах образцов залежи III-4 в скв. Речицкая 93 Северного структурного ареала. Прослойки красных сильвинитов, приуроченные обычно к верхним частям пакетов и слоев, обладают разнозернистой (смешанной) структурой (размер зерен от 0,5–1,0 до 5,0–8,0 мм). Для них характерно постепенное уменьшение кверху размеров зерен сильвина, имеющих неправильную изометричную, реже удлиненную заливообразную форму (рис. 2, а). Мелкие зерна (0,5–2,0 мм) довольно интенсивно и равномерно окрашены в красно-бурые тона за счет мельчайших игольчатых кристаллов гетита (гидрогетита?), ориентированных во взаимно перпендикулярных

¹ В настоящее время в зарубежной литературе все чаще появляется термин *microfabric*, что в нашем понимании означает микропетроструктурные особенности пород.

направлениях, табличек гематита или тонкодисперсных оксидов железа. Распределение красящего вещества нередко создает впечатление скелетно-зональной структуры в кристаллах сильвина (рис. 2, б), отличающейся от зонального строения, характерного для красных сильвинитов Старобинского месторождения. В крупных зернах сильвина (3,0–8,0 мм) красящее вещество располагается

в виде каймы по периферии, а центральные части бесцветны либо имеют матово-белую и сероватую окраску, обусловленную наличием газо-жидких включений. Галит присутствует в виде рассеянных идиоморфных кристаллов и скоплений, разъедающих и замещающих края зерен сильвина. Внутри кристаллов галита отмечаются многочисленные включения сильвина.

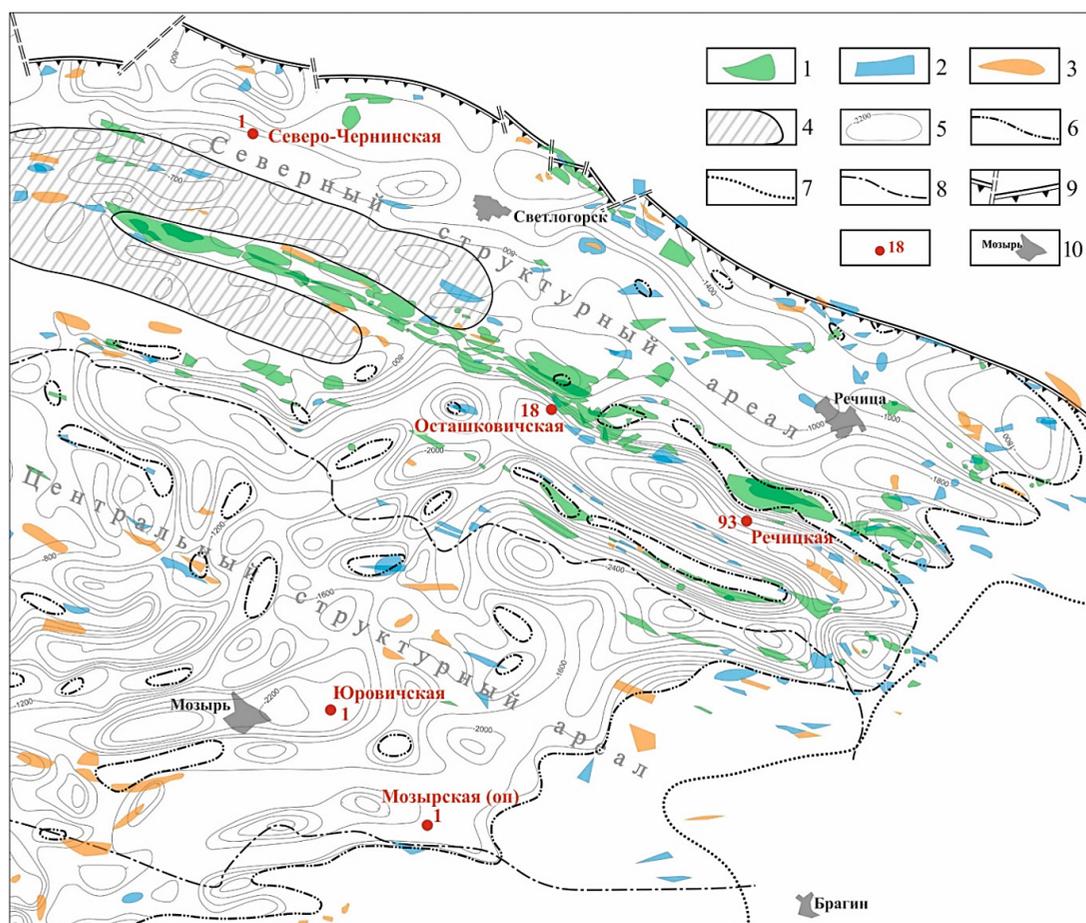


Рисунок 1 – Схематическая карта структурной поверхности калиеносной субформации в пределах восточной части Припятского прогиба 1 – месторождения нефти; 2–3 – нефтеперспективные структуры (2 – подготовленные, 3 – выявленные); 4 – Октябрьское месторождение калийных солей; 5 – изогипсы кровли калиеносной субформации; 6 – граница распространения калиеносной субформации; 7 – граница распространения галитовой субформации; 8 – границы структурных ареалов; 9 – суперрегиональные разломы, ограничивающие Припятский прогиб; 10 – геологоразведочные скважины; 11 – населенные пункты

Бледноокрашенные разности представлены чередованием тонких (0,5–1,0 см) прослоев сильвинита средне-крупнозернистого (размер зерен 2–8 мм) и каменной соли. Зерна сильвина в бледноокрашенных сильвинитах обладают неправильной изометричной формой с узкой каймой (0,2–1,0 мм) по периферии светло-бурой, светло-оранжевой окраски (рис. 2, в) за счет скоплений желтых и оранжевых табличатых кристаллов гематита шестигранной, ромбовидной и призматической форм (размером 0,05–0,5 мм), а также тончайших иголок гетита.

Прослои белых сильвинитов (мощность 3–4 см) обычно имеют беспорядочную текстуру, реже слоистую, чаще всего с резко ксеноморфной формой зерен сильвина со сглаженными краями, с признаками вытянутости и ориентировки под углом к слоистости. В белых сильвинитах краевые части зерен прозрачны и бесцветны.

Центральные части зерен, как в бледноокрашенных, так и в белых сильвинитах, характеризуются серой окраской, обусловленной многочисленными мелкими (0,002–0,005 мм) округлыми газо-жид-

кими включениями, либо распределяющимися равномерно и беспорядочно по площади зерна, либо образующими более плотную кайму, примыкающую к периферии зерен. Нередко внутри зерен белого сильвина отмечаются реликты зерен красного (рис. 2, г). Характер распределения и морфологические особенности зерен галита аналогичны галиту из красных сильвинитов. Отдельные зерна содержат следы зонального строения. Каменная соль, переслаивающаяся с сильвинитами, макроскопически обнаруживает темно-серую, почти черную окраску,

а под микроскопом представлена зернами бесцветного прозрачного галита (3–10 мкм) в значительной степени перекристаллизованного. К обогащенным галитом участкам прослоев в светлоокрашенных сильвинитах приурочены скопления глинисто-ангидритового материала. В межзерновом пространстве, наряду с глинистыми, глинисто-ангидритовыми включениями и кристаллами карбонатов, отмечаются примазки темно-бурого и черного органического вещества. Прослои несоляных пород имеют небольшую мощность и представлены аргиллитами.

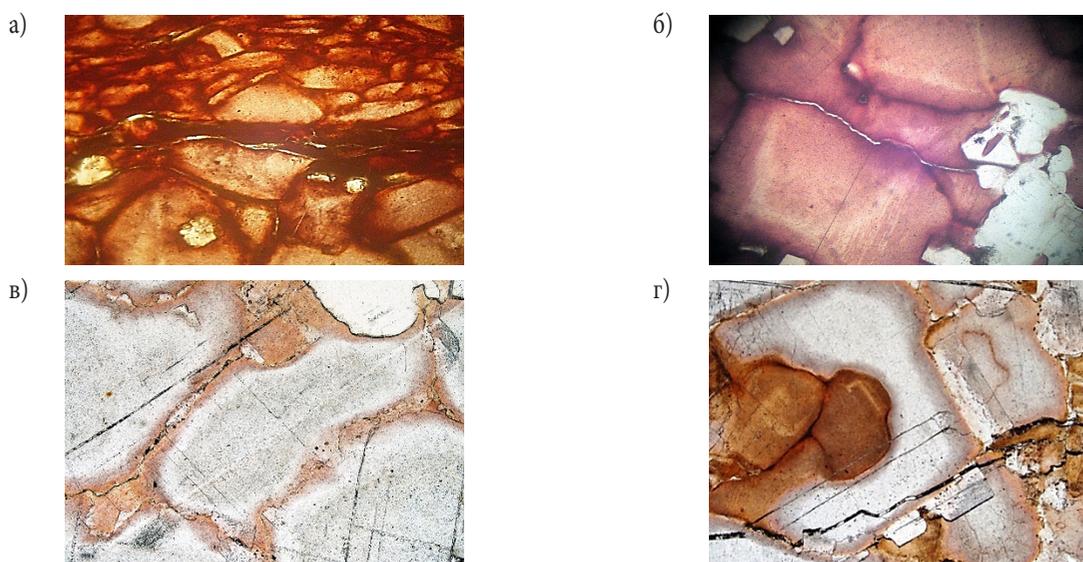


Рисунок 2 – Микроструктурно-текстурные особенности сильвинитов калийного горизонта Ш-4, скв. Речицкая 93: а) прослой красного сильвинита полосчатой текстуры; б) сильвинит красный со скелетно-зональной структурой; в) бледноокрашенный сильвинит с бурой окраской по периферии; г) реликты зерен красного сильвина внутри зерен белого

Вверх по разрезу отмечается закономерная смена белых и бледноокрашенных сильвинитов красными. Эта тенденция характерна для слоя в целом: если в верхних пакетах преобладают красные разности, то в нижних – белые и бледноокрашенные. На месте красных сильвинитов в нижней части слоя иногда появляется каменная соль с псевдосильвином, буровато-красная окраска зерен которых также обусловлена скоплениями мельчайших кристалликов гематита и гетита (гидрогетита), а на месте белых в верхней части слоя – чистая перекристаллизованная каменная соль. Вверх по разрезу слоя текстура белых сильвинитов изменяется от типично слоистой в нижних пакетах до беспорядочной в верхних.

Химический состав прослоев каменной соли и сильвинитов, а также выделенных мономинеральных фракций представлены в таблице 1. Сильвинитовые прослои обладают относительно невысокими содержаниями хлористого калия (среднее 44,42%). Состав сильвинитов мало меняется от прослоя к прослою. Количество нерастворимого остатка и сульфата кальция в красных разностях выше,

чем в светлоокрашенных. При относительной близости суммарного содержания хлорида кальция и магния в разновидностях доля этих компонентов по отношению к не хлоридному остатку растет по направлению к светлоокрашенным, что в значительной мере обусловлено возрастанием в них количества газово-жидких включений. Содержание брома в сильвинитах определяется количеством хлорида калия и в валовых пробах не зависит от структурно-текстурных особенностей пород. Галитовые прослои довольно мономинеральны.

Характер распределения брома прослежен в мономинеральных фракциях, обогащенных сильвином или галитом, выделенных из образцов сильвинитов скв. Речицкая 93: белого средне-крупнозернистого слоистой текстуры (обр. 105), красного среднезернистого (обр. 95) и красного микро-мелкозернистого (обр. 96) (табл. 1). Увеличение интенсивности окраски сильвина и уменьшение размеров зерен приводит к снижению величины R_{Br} от 130 до 97, тогда как для галита значения R_{Br} изменяются незначительно – от 111 до 119 [3; 4].

КАРЫСНЫЯ ВЫКАПНІ

Таблица 1 – Химический состав сильвинитов, каменной соли и выделенных мономинеральных фракций из образцов соляных пород вскрытых глубокозалегающих горизонтов Припятского прогиба

№ п/п	Описание образца, номер образца	Содержание компонентов, мас. %							R _{Br}	
		NaCl	KCl	MgCl ₂	CaCl ₂	CaSO ₄	н. о.	сумма		
Скв. Речицкая 93, гл. 3867 – 3881 м										
1	Каменная соль, средне-крупнозернистая, обр. 94	99,66	0,05	0,05	0,04	0,07	0,02	99,93	0,0159	74
2	Сильвинит красный, среднезернистый, обр. 95	50,70	46,34	0,06	0,06	0,05	2,68	99,96	0,062	84
3	Фракция, обогащенная сильвинитом, обр. 95-1	6,02	90,82	0,11	0,12	0,01	2,08	99,16	0,1282	105
4	Фракция, обогащенная галитом, обр. 95-2	88,78	8,97	0,18	0,02	0,12	2,00	100,07	0,0344	111
5	Сильвинит красный, микро-мелкозернистый, обр. 96	62,58	34,79	0,05	0,03	0,37	2,07	99,96	0,055	90
6	Фракция, обогащенная белым сильвинитом из гнезда внутри, обр. 1-96	5,58	92,13	0,08	0,01	0,08	1,72	99,60	0,1348	119
7	Фракция, обогащенная галитом, обр. 96-2	89,71	9,39	0,11	0,05	0,01	1,13	100,4	0,0377	119
8	Фракция, обогащенная красным сильвинитом из микро-мелкозернистого сильвинита, обр. 96-3	23,66	74,89	0,11	0,04	0,01	1,46	100,18	0,1016	97
9	Сильвинит белый, среднезернистый, обр. 97	58,81	40,36	0,05	0,02	0,04	0,53	99,88	0,060	89
10	Красный сильвинит, микро-мелкозернистый, обр. 98	47,31	49,95	0,04	0,06	0,38	2,21	100,05	0,072	91
11	Перекристаллизованная каменная соль, обр. 99	98,64	0,24	0,04	0,05	0,04	0,83	99,88	0,014	66
12	Сильвинит белый, обр. 100	57,19	42,19	0,05	0,04	0,07	0,49	100,11	0,066	95
13	Сильвинит белый, обр. 101	59,86	39,77	0,05	0,02	0,02	0,18	100,00	0,059	88
14	Каменная соль с псевдосильвинитом, обр. 102	92,85	0,31	0,06	0,03	0,29	6,42	100,02	0,014	71
15	Сильвинит белый, обр. 104	43,26	56,25	0,02	0,05	0,04	0,29	100,01	0,079	92
16	Сильвинит белый, обр. 105	53,77	45,71	0,09	0,07	0,04	0,29	100,04	0,063	84
17	Фракция, обогащенная сильвинитом, обр. 105-1	19,33	78,32	0,06	0,08	0,01	1,74	99,54	0,1407	130
18	Фракция, обогащенная галитом, обр. 105-2	65,88	32,35	0,16	0,01	0,10	1,92	100,42	0,0656	115
19	Каменная соль, средне-крупнозернистая, с лодочками, обр. 101	99,56	0,05	0,04	0,02	0,09	0,03	100,00	0,0159	71
Скв. Северо-Чернинская 1, гл. 3691,8–3707,2 м										
20	Сильвинит обесвеченный, обр. 146	54,65	44,60	0,02	0,01	0,36	0,36	100,09	0,072	97
21	Фракция, обогащенная галитом, обр. 146-2а	93,90	1,28	0,15	0,05	0,65	4,28	100,31	0,0243	117
22	Фракция, обогащенная бледноокрашенным сильвинитом, обр. 1-146	57,59	40,24	0,07	0,01	0,37	1,59	99,87	0,0937	142
23	Сильвинит темно-красный микро-мелкозернистый, обр. 149	35,24	63,48	0,01	0,06	0,33	0,82	100,05	0,080	85
24	Фракция, обогащенная галитом, обр. 149-4	97,72	0,23	0,14	0,05	0,19	1,67	100,00	0,0263	122
25	Фракция, обогащенная галитом внутри сильвинитового прослоя, обр. 4-149а	86,23	11,33	0,15	0,03	0,29	1,45	99,48	0,0385	116
26	Фракция, обогащенная белым сильвинитом, обр. 149-3а	4,44	93,63	0,05	0,01	0,07	1,69	99,89	0,1795	141
27	Фракция, обогащенная темно-красным сильвинитом, обр. 3-149б	9,58	87,45	0,03	0,01	0,46	2,36	99,89	0,1326	113
Скв. Юровичская 1, гл. 2645,35–2979,87 м										
28	Сильвинит молочно-белый, обр. 169	50,47	49,01	0,07	0,08	0,07	0,12	99,94	0,102	71
29	Сильвинит молочно-белый, обр. 178	67,32	31,96	0,04	0,03	0,44	0,86	99,99	0,092	92
30	Сильвинит розовый, обр. 179	57,45	42,03	0,14	0,09	0,04	0,06	100,07	0,065	84
31	Сильвинит бледно-красный, обр. 184	51,45	46,79	0,05	0,01	1,25	0,12	100,05	0,073	100
32	Каменная соль, обр. 193	94,91	2,58	0,78	0,14	0,16	0,42	99,96	0,0240	100
33	Сильвинит красный, обр. 196	76,66	22,71	0,02	0,01	0,37	0,03	99,89	0,069	141
34	Каменная соль, обр. 198	90,34	8,12	0,08	0,07	1,11	0,06	99,87	0,031	106
35	Сильвинит красный, обр. 200	72,02	26,20	0,04	0,01	1,70	0,01	100,05	0,068	134

В сильвинитах V горизонта из скв. Северо-Чернинская 1 содержание хлористого калия не превышает 63,48 %. По сравнению с сильвинитами скв. Речицкая 93 отмечается снижение содержаний хлоридов кальция и магния и нерастворимого остатка. Зерна светлоокрашенного и центральные части зерен красного сильвина характеризуются близкими значениями бромного модуля – R_{Br} 142 и 141 соответственно. Темноокрашенная кайма обладает более низкой величиной бромного модуля – R_{Br} 113. Прослойки каменной соли, разобщающие сильвинитовые, обнаруживают значения бромного модуля R_{Br} от 117 до 122. Близкие величины бромного модуля (R_{Br} 116) отмечаются и для галита внутри сильвинитового прослоя.

По отношению к светлому сильвину галитовые фракции беднее бромом, к красному – богаче. Наиболее близки к парагенетическим содержания брома в галите и сильвине из среднезернистого сильвинита (обр. 95). Близкими значениями бромного модуля обладают также зерна галита (R_{Br} 116) внутри прослоя красного сильвинита

(обр. 149) и темно-красной каймы сильвиновых зерен (R_{Br} 113).

Для сравнения были изучены сильвинитовые прослойки калиепроявлений в Центральном структурном ареале Припятского прогиба к востоку от Петриковского месторождения (скв. Юровицкая 1, предположительно калийные горизонты II-п, III-2п и IV-п, глубина залегания 2641,6–2982,8 м). Макроскопически они сходны с калийными породами пестроцветных горизонтов Петриковского месторождения: в основном крупнокристаллические молочно-белые, светло-розовые с небольшими по мощности прослойками красных и красноватых средне-мелкозернистых. Сильвиниты, как правило, обладают невысоким содержанием хлористого калия (до 49,01 %), малыми количествами нерастворимого остатка (до 0,42 %) (табл. 1). Величина бромного модуля R_{Br} для этих образований колеблется от 94 до 162.

В таблице 2 представлены результаты химического анализа нерастворимых остатков, выделенных из темно-красных сильвинитов и каменной соли с псевдосильвином.

Таблица 2 – Химический состав нерастворимого в воде остатка соляных пород калийного горизонта III-4 (скв. Речицкая 93)

Оксиды, минералы	Содержание компонентов, мас. %		
	сильвинит красный, обр. 96	сильвинит красный, обр. 98	каменная соль с псевдосильвином, обр. 102
SiO ₂	50,62	41,20	42,00
Al ₂ O ₃	15,16	11,72	12,23
Fe ₂ O ₃	8,31	10,10	4,95
TiO ₂	0,94	0,66	0,75
CaO	4,62	8,64	9,94
MgO	3,63	7,15	7,66
K ₂ O	11,64	9,03	9,29
Na ₂ O	1,16	1,09	1,17
SO ₃	0,89	0,93	0,69
П. п. п. при 700 °С	3,24	9,68	11,48
Сумма	100,11	100,10	100,16
Доломит	0,55	14,54	16,74
Кальцит	6,80	6,20	7,80

Повышенное содержание оксида железа в нерастворимом остатке сильвинитов, по сравнению с каменной солью, объясняется количеством красящего вещества в сильвине. Различия в содержании оксидов кальция и магния определяются количеством и качественным составом карбонатов – кальцита и доломита.

Соотношение в алюмосиликатной части K₂O, Al₂O₃, MgO свидетельствует о присутствии в нерастворимом остатке полевых шпатов, гидрослюда и,

возможно, хлорита (или смешаннослойных минералов). О связи калия в большей степени с полевыми шпатами свидетельствуют и значения коэффициента Мидлтона > 0,5 (K₂O + Na₂O / Al₂O₃).

В минералах красных сильвинитов был изучен состав растворов газовой-жидких включений (табл. 3). Зерна красного сильвина не содержат включений. В редких зернах галита включения очень мелкие (< 40μ), трехфазовые (раствор, газ, сильвин), газ находится под давлением.

Состав раствора г/л: K^{+1} – 38,5; Mg^{+2} – 42,5; Ca^{+2} – 89,0. Сульфат-ион отсутствует. Газово-жидкие включения в воднопрозрачном галите также трехфазовые (раствор, газ, карналлит). Состав раствора (г/л): K^{+1} – 30,0; Mg^{+2} – 21,3; Ca^{+2} – 75,0. Содержания компонентов, особенно магния, снижаются. Включения воднопрозрачного галита характеризуются более

высокими значениями соотношений Ca/Mg и K/Mg. Содержание магния во включениях из галита калийного горизонта Речицкой площади значительно выше, чем для включений солей Старобинского месторождения, а значение соотношения K/Mg свидетельствует о положении в поле карналлита на диаграмме системы $KCl - MgCl_2 - CaCl_2 - H_2O$.

Таблица 3 – Состав газово-жидких включений в седиментационном галите калийных горизонтов Припятского прогиба

Местонахождение образца	KCl, г/л	MgCl ₂ , г/л	CaCl ₂ , г/л
Старобинское месторождение, III калийный горизонт	$\frac{0,1 - 76,0}{38,0}$	$\frac{0,1 - 78,2}{39,1}$	$\frac{88,6 - 188,3}{138,5}$
Скв. Речицкая 93, горизонт III-4	$\frac{57,0 - 73,0}{65,0}$	$\frac{83,0 - 166,0}{124,5}$	$\frac{208,0 - 246,0}{227,0}$

Для диффузорассеянных газов солей Припятского прогиба характерно присутствие углекислоты, азота, метана и тяжелых гомологов, инертных газов, нередко водорода с преобладанием в составе азота и углекислоты (суммарно 91–98 % по объему). Роль азота и углекислоты в калийных солях глубоких горизонтов Речицкой площади меняется в зависимости от структурно-текстурных особенностей: в белых сильвинитах доминирует азот (97,25 %), в красных его количество снижается (до 40,66–52,7 %) при возрастании количества углекислоты. В каменной соли Мозырской площади количество углекислоты в диффузорассеянных газах возрастает и составляет 85 % по объему.

Суммарное содержание легких инертных газов (неон и гелий) ничтожно и в сильвинитах Речицкой площади не превышает 0,022 % по объему. Несколько выше оно в каменной соли скв. Мозырской 2 и в образцах солей горизонтов Старобинского месторождения (до 0,273 % по объему).

Суммарное содержание углеводородных газов в сильвинитах Речицкой площади колеблется от 0,851 до 18,35 % по объему. Максимальные содержания отмечаются в темноокрашенных разностях, минимальные – в молочно-белых сильвинитах. Углеводороды характеризуются относительно легким качественным составом ($\Sigma TУ|CH_4$ в основном меньше единицы). На долю метана приходится от 59,7 до 94 % от суммы углеводородов. Наиболее легким составом ($\Sigma TУ|CH_4 - 0,05-0,06$) отличаются газы белых сильвинитов и полос каменной соли, располагающихся в непосредственной близости от них. В красных сильвинитах состав углеводородных газов утяжеляется по сравнению со светлоокрашенными и более легкий, чем в диффузно-рассеянных газах близлежащих прослоев каменной соли. Подобный характер распределения углеводо-

родных газовых компонентов наблюдается также в солях глубокозалегающих калийных горизонтов Северо-Чернинской площади и на Старобинском месторождении. Состав углеводородов диффузорассеянных газов красных сильвинитов близок к попутным газам нефтяных месторождений Речицкой площади, а светлых – к шпуровым.

Таким образом, несмотря на близкий качественный состав газов солей Припятского прогиба, соотношения газовых компонентов отличаются как в соляных породах различного состава, так и в однотипных литологических разностях. Наибольшие величины газонасыщенности характерны для белых и светлоокрашенных сильвинитов (до 115 мг/кг). В красных разновидностях значение этого параметра снижается до 30–35 мг/кг (табл. 4).

При сравнении структурно-текстурных и геохимических особенностей пород калийных горизонтов на различных шахтных полях Старобинского месторождения было замечено, что в восточном направлении в сильвинитах происходит увеличение содержания хлористого натрия, возрастание количества светлоокрашенных разностей и гипидиоморфных структур, уменьшение нерастворимого остатка, увеличение содержания брома и некоторый рост относительного количества хлоридов магния и кальция. Эта тенденция подчеркивается полученными данными по глубокозалегающим калийным горизонтам. В Северном структурном ареале прогиба на востоке в основном сохраняются тип залежей и структурно-текстурные особенности калийных солей Старобинского месторождения, а в Центральном – Петриковского. По всей вероятности, близость многих свойств обусловлена приблизительно одинаковой глубиной солеродного бассейна на территории прогиба в период формирования калийных залежей, что в определенной мере подтверждается палеотектоническими построениями.

Таблица 4 – Состав газов в солях глубоководных горизонтов Припятского прогиба

Место взятия образца, глубина, краткое описание	Газонасыщенность, мг/кг	Состав газов, % по объему									
		CO ₂	O ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	$\frac{i}{n}$ C ₄ H ₁₀	$\frac{i}{n}$ C ₅ H ₁₂	H ₂	N ₂ +i	He + Ne
Диффузно-рассеянные газы*											
Сильвинит красный, мелководный, обр. 98, скв. Речицкая 93, гл. 3867–3881 м	30	29,08	–	10,96	3,25	3,43	$\frac{0,106}{2,444}$	$\frac{0,122}{0,233}$	–	52,57	–
Сильвинит светло-красный, среднезернистый, обр. 96, скв. Речицкая 93, гл. 3867–3881 м	82	55,30	–	3,03	0,16	0,19	$\frac{0,066}{0,110}$	$\frac{0,055}{0,033}$	0,38	40,66	0,022
Сильвинит белый, средне-крупнозернистый, обр. 105, скв. Речицкая 93, 3867–3881 м	115	1,90	–	0,80	0,017	0,016	$\frac{0,005}{0,005}$	$\frac{0,001}{0,007}$	–	97,25	0,001
Каменная соль, скв. Мозырская 2, гл. 3357,5–3360,5 м	29	85,20	–	9,10	0,129	0,12	$\frac{0,107}{0,080}$	$\frac{0,009}{0,076}$	0,12	4,90	0,169
Газы кристаллической решетки											
Каменная соль, скв. Мозырская 2, гл. 3357,5–3360,5 м	не опр.	19,1	не опр.	2,04	0,029	0,026	не опр.	не опр.	0,03	62,40	не опр.

* анализы выполнены Л. Г. Травниковой [1]

Отдельные изменения связаны с различиями в палеогеографической обстановке соленакопления, разницей в скоростях накопления и погружения осадков. Несмотря на увеличение магния в растворе, о чем свидетельствует количество этого компонента в газо-жидких включениях в галите в пределах Речицкой площади, современный минералогический облик калийных залежей не меняется – они остаются сильвинитовыми. Нормальные и близкие к теоретическим содержания брома в сильвинитах сочетаются с сохранением тенденции изменения количества этого элемента в зависимости от интенсивности окраски и размера зерен, отмеченной для калийных горизонтов Старобинско-

го месторождения. Наиболее сильное воздействие испытывали несоляные прослои, которые в значительной степени уплотнены по сравнению с галопелитами Старобинского месторождения и представлены аргиллитами. Наблюдается также интенсивная раскристаллизация железистых составляющих в сильвинитах. Подобное явление отмечается лишь в карналлитах Старобинского месторождения. Калиепроявления на востоке представляют глубокозалегающие аналоги тех горизонтов, которые на западе прогиба нередко располагаются на небольших глубинах. При погружении на значительные глубины порода должна испытывать воздействие повышенных температур и давлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земсков, А. Н. Природные газы калийных месторождений и меры борьбы с ними / А. Н. Земсков, П. И. Кондрашов, Л. Г. Травникова. – Пермь : Тип. Купца Тарасова, 2008. – 414 с.
2. Калийные соли Припятского прогиба / Р. Г. Гарецкий [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1984. – 182 с.
3. Петрова, Н. С. Роль геохимических исследований при прогнозировании, разведке и эксплуатации месторождений калийных солей / Н. С. Петрова // Природные ресурсы. – 1999. – № 4. – С. 145–159.
4. Петрова, Н. С. Специфические особенности калиеносных зон Припятского прогиба / Н. С. Петрова, Э. В. Седун, О. К. Ляхович // Литолого-фациальные особенности осадконакопления в эвапоритовых бассейнах. – Новосибирск : Наука, 1983. – С. 57–58.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 31.03.2025

Рэцэнзент В. І. Пашкевіч

КАЛИЙНЫЕ РУДЫ ГЛЫБОКАЗАЛЯГАЮЧЫХ ЗАЛЕЖАЎ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ: СТРУКТУРНА-РЭЧЫЎНЫ АСПЕКТ

Н. С. Петрова

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
Філіял «Інстытут геалогіі»
вул. Акадэміка Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь

Матэрыялы па калійных гарызонтах вывучаны на плошчах, у прасторавых адносінах значна аддаленых на ўсход ад добра даследаваных раёнаў захаду і паўднёвага захаду прагіну. Часткі разрэзу каліяноснай субфармацыі, якія на захадзе прагіну размяшчаюцца на глыбінях, якія адпавядаюць шахтавай распрацоўцы, ва ўсходняй частцы Паўночнага і Цэнтральнага структурных арэалаў значна паглыбляюцца.

Ключавыя словы: Прыпяцкі прагін, калійны гарызонт, сільвініт, бром, газава-вадкая ўключэнні.

POTASSIUM ORES OF DEEP DEPOSITS OF THE PRIPYAT TROUGH: STRUCTURAL AND MATERIAL ASPECT

N. Petrova

State Enterprise “Research and Production Center for Geology”
Branch “Institute of Geology”
7 Akademika Kuprevicha St, 220084, Minsk, Belarus

The materials on potash horizons have been studied in areas that are spatially significantly remote to the east from the well-studied west and southwest territory of the trough. Parts of the section of the potash-bearing subformation, which in the west of the trough are located at depths corresponding to mine development, are significantly submerged in the eastern part of the Northern and Central structural areas.

Keywords: Pripyat trough, potash horizon, sylvinite, bromine, gas and liquid inclusions.

УДК 622.276/552.54

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОЛЛЕКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОЭТАПНОГО ЦИКЛИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗРЕЛЫХ ЗАЛЕЖАХ С ТРЕЩИННО-ПОРОВЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

А. О. Чекан

РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»»
Филиал «БН-Научно-технический центр»
ул. Василия Гольцова, 24, 625051, Тюмень, Россия
E-mail: lchekan.alex@gmail.com

В статье рассмотрены результаты комплексного исследования влияния петрофизических свойств пород-коллекторов Припятского прогиба на эффективность на залежах с трещинно-поровыми коллекторами. На основе факторного анализа изучены основные геолого-физические факторы (пористость, проницаемость, расчлененность, вязкость нефти, нефтенасыщенность, глинистость и др.), определяющие геологическую эффективность технологии МНЦВ при извлечении остаточных запасов нефти. Представлены итоги опытно-промысловых работ (ОПР), выполненных на семилукско-саргаевской залежи Золотухинского месторождения, подтвердивших результативность МНЦВ. Уточнены и расширены критерии отбора потенциальных объектов под технологию на основании результатов факторного анализа.

Ключевые слова: многоэтапное нестационарное циклическое воздействие (МНЦВ), циклическое заводнение, петрофизические свойства, Припятский прогиб, факторный анализ, дополнительная добыча нефти, глинистость, неоднородность, трещинно-поровые коллекторы.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие ресурсной базы нефтяной отрасли Республики Беларусь требует поиска и апробации новых методов увеличения нефтеотдачи (МУН), позволяющих эффективно вовлекать в разработку остаточные трудноизвлекаемые запасы нефти, сосредоточенные в матрице трещинно-поровых коллекторов. На зрелых месторождениях Припятского прогиба, где степень выработки запасов превышает 60 %, а обводненность достигает 80–95 %, традиционные методы добычи становятся малоэффективными. Это обусловлено истощением пластовой энергии, высокой неоднородностью остаточной нефтенасыщенности и преобладанием трудноизвлекаемых запасов в низкопроницаемых трещинно-поровых коллекторах [14]. Под зрелыми понимают месторождения, соответствующие критериям III–IV стадий по общепринятой классификации [6], где коэффициент извлечения нефти приближается к технологическому пределу для применяемых систем разработки.

Одним из перспективных направлений на поздней стадии разработки является циклическое заводнение (ЦЗ). Эта технология базируется на периодическом (циклическом) чередовании этапов закачки воды и остановки нагнетательного и добывающего фонда, а также включает этапы регу-

лирования направлений фильтрационных потоков и форсированные отборы жидкости. Подобный подход позволяет повышать охват пласта воздействием за счет создания знакопеременных градиентов давления между низко- и высокопроницаемыми зонами пласта и вовлечения в дренаж застойных зон [13; 16; 17]. Одной из модификаций ЦЗ является многоэтапное нестационарное циклическое воздействие (МНЦВ), представляющее собой усовершенствованный метод, реализуемый путем проведения ряда последовательных технологических операций по изменению режимов работы нагнетательного и добывающего фонда скважин [11].

Выполненные в последние годы исследования свидетельствуют о высокой эффективности МНЦВ на неоднородных трещинно-поровых коллекторах при наличии трудноизвлекаемых остаточных запасов нефти, особенно если оптимизировать амплитуду изменения пластового давления и режимы работы фонда скважин [1; 2; 3; 4; 7; 8; 9; 10]. Ключевым остается вопрос: какие петрофизические свойства коллектора являются определяющими для успешного планирования амплитуды и режимов реализации МНЦВ и в каких пределах должны варьироваться их значения?

Цель данной статьи – оценить влияние основных петрофизических параметров (пористости, проницаемости, расчлененности, глинистости,

вязкости нефти и др.) на технологическую эффективность МНЦВ на зрелых месторождениях Припятского прогиба. Для достижения цели использован факторный анализ, выполнена серия расчетов на гидродинамических моделях, по которым определены оптимальные режимы и проведены опытно-промышленные работы (ОПР) на семилукско-саргаевской залежи Золотухинского месторождения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Геологическая характеристика Припятского прогиба и актуальность проблемы

Припятский прогиб располагается на юго-востоке Беларуси и представляет собой западное структурное замыкание Припятско-Днепровско-Донецкого авлакогена, осложненное разломами и характеризующееся развитой соляной тектоникой. Продуктивные залежи в основном приурочены к карбонатному типу коллектора, иногда сильно трещиноватому, с неоднородным строением. Реже встречаются залежи, сложенные терригенными коллекторами (песчаники, алевролиты и т. д.), которые обладают более предсказуемым строением, но зачастую имеют тонкие пропластки низкопроницаемых пород [4].

На большинстве зрелых месторождений Припятского прогиба (Речицкое, Вишанское, Тишковское, Осташковичское, Золотухинское и др.) многократно реализованы различные технологии повышения нефтеотдачи: обычное заводнение, селективные методы, закачка потокоотклоняющих составов, бурение боковых стволов и др. В последние годы эффективность этих технологий значительно снизилась [12]. Однако в залежах еще сосредоточены значительные трудноизвлекаемые запасы нефти, основные объемы которых находятся в матрице трещинно-поровых коллекторов. Поэтому актуальной задачей является поиск и опытно-промышленные опробования новых технологий доизвлечения этих запасов нефти. Одной из таких технологий является технология многоэтапного нестационарного циклического заводнения. В условиях трещинно-поровых коллекторов залежей Припятского прогиба она позволяет активизировать процессы обмена флюидами между матрицей, содержащей остаточные запасы нефти, и уже заводненными трещинами. Опыт применения циклического заводнения на залежах месторождений Припятского прогиба пока ограничен. Но уже получены данные, свидетельствующие о его потенциале для увеличения конечной нефтеотдачи в условиях высокой неоднородности трещинно-поровых коллекторов (табл. 1). Выполненные

операции по ЦЗ без математического обоснования доминирующих факторов, влияющих на эффективность технологии. В данной работе автором предпринята попытка решить эту проблему.

Обоснование путем факторного анализа критериев отбора объектов для МНЦВ

В исследовании применялся факторный анализ [5; 15] на основе метода главных компонент с ортогональным вращением (Варимакс). Для оценки влияния петрофизических факторов при применении ЦЗ на объектах Припятского прогиба используется впервые. Исходными данными для анализа служили значения переменных по объектам Речицкого, Вишанского, Тишковского и Осташковичского месторождений, на которых ранее были уже проведены опытно-промышленные работы по циклическому заводнению (табл. 1). При планировании ЦЗ на этих объектах использовалась матрица критериев применимости МНЦВ [3], включающая как геолого-физические (глинистость, пористость, проницаемость, нефтенасыщенность, расчлененность и др.), так и технологические показатели (газовый фактор, давление насыщения, наличие сформированной системы ППД и др.).

- Пористость, %.
- Проницаемость, мД.
- Расчлененность пласта, ед.
- Нефтенасыщенность, %.
- Вязкость нефти (при пластовых условиях), сП.
- Глинистость, %.
- Коэффициент неоднородности (Дикстра-Парсонса), д. ед.
- Песчаность, д. ед.
- Эффективная нефтенасыщенная толщина, м.
- Дополнительная добыча нефти, т.

Для оценки силы линейной связи между переменными составлялась корреляционная матрица, где в каждой ячейке указан коэффициент корреляции Пирсона (формула 1):

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2} \cdot \sqrt{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}}, \quad (1)$$

где X_i и Y_i – значения переменных, \bar{X} , \bar{Y} – средние значения этих переменных.

При проведении факторного анализа исходные переменные преобразуются в меньшую группу факторов, которые лучше всего описывают структуру данных. Каждый фактор имеет свое собственное значение, которое отражает его вклад в объяснение общей дисперсии набора данных. Собственные значе-

ния в контексте факторного анализа представляют собой величины, которые показывают долю дисперсии данных и объясняются соответствующим фактором. Чем больше собственное значение, тем более значимый фактор, так как он объясняет большую долю дисперсии в данных. Основным критерием отбора числа факторов выступал принцип Кайзера. Принцип Кайзера предполагает, что фактор следует считать значимым, если его собственное значение больше 1, поскольку это означает, что фактор объясняет больше дисперсии, чем отдельная переменная (собственное значение каждой переменной всегда равно 1). Для упрощения интерпретации полученных факторов был использован метод Варимакс, который представляет собой ортогональную процедуру вращения факторов. Этот метод направлен на максимизацию дисперсии факторных нагрузок по каждому из факторов, что позволяет получить более четкую и интерпретируемую структуру взаимосвязей между переменными. Применение метода Варимакс обеспечило увеличение нагрузки значимых переменных на соответствующие факторы и минимизацию их связи с другими факторами, что способствует лучшему пониманию структуры данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка доминирующих петрофизических факторов эффективного применения МНЦВ

В таблице 1 представлены исследуемые геолого-физические свойства продуктивных пластов нефтяных залежей, на которых проводилось циклическое заводнение. По итогам расчетов корреляционной матрицы (табл. 2) и последующего факторного анализа (табл. 3, 4) выявлено наличие следующих 3 доминирующих факторов: емкостные, фильтрационные свойства и неоднородность пласта.

По результатам факторного анализа было установлено, что эти 3 фактора объясняют более 90 % общей дисперсии данных. Первый фактор имеет наибольшее собственное значение (5,54) и объясняет 55,4 % вариативности. Второй и третий факторы объясняют соответственно 23,2 % и 12,1 % общей дисперсии. Кумулятивная дисперсия, объясненная этими 3 факторами, составляет 90,7 %, что позволяет интерпретировать их как основные элементы, объясняющие структуру данных. Остальные факторы, чьи собственные значения менее 1, были исключены из анализа, так как их вклад в объяснение дисперсии является минимальным (табл. 3).

После определения количества факторов проанализировано, какие переменные имеют высокие (близкие к 1 или -1) или низкие (близкие к 0) нагрузки на

каждый фактор. Нагрузка – это мера того, насколько сильно каждая переменная связана с фактором. Переменные с высокой нагрузкой (обычно больше 0,5 или меньше -0,5) на фактор определяют, что этот фактор представляет собой скрытую переменную, которая влияет на все эти переменные (табл. 4).

После выделения и анализа факторов выполнена их интерпретация:

1. Фактор 1 (емкостные свойства):

- Положительные нагрузки: пористость, эффективная нефтенасыщенная толщина, нефтенасыщенность, песчаность.
- Отрицательные нагрузки: расчлененность, глинистость, вязкость нефти.

Фактор отражает, насколько хорошие емкостные свойства пласта преобладают над факторами, снижающими подвижность нефти (глинистость коллектора, повышенная вязкость нефти). Высокая пористость в сочетании с невысокой глинистостью приводит к лучшему обмену флюидами между матрицей и трещинами; циклы закачки и отбора повышают нефтеотдачу за счет создания градиентов давления между трещинами и матрицей, преодоления капиллярных сил в поровой среде матрицы и вовлечения ее в разработку.

2. Фактор 2 (фильтрационные свойства):

- Наибольшие положительные нагрузки связаны с проницаемостью.

Наличие высокой проницаемости существенно облегчает процессы движения флюидов в трещинах, увеличивает интенсивность создания градиента давления между матрицей и трещинами, повышая эффективность циклического заводнения. При низкой проницаемости для получения необходимого градиента давления, достаточного для преодоления капиллярных сил в матрице, может потребоваться более продолжительный цикл закачки воды с повышением пластового давления.

3. Фактор 3 (неоднородность):

- Отражает неравномерность по пласту проницаемости трещин и, соответственно, сложность охвата воздействием матрицы.

Чем выше неоднородность, тем больше риск преждевременного прорыва воды по отдельным высокопроницаемым трещинам. Для ограничения преждевременного прорыва воды по отдельным высокопроницаемым трещинам в таких пластах необходимо выравнивание проницаемости трещин и наряду с МНЦВ применять закачку потокоотклоняющих композиций. Именно за счет циклических изменений давления после закачки потокоотклоняющих композиций в таких пластах можно более эффективно вовлечь в разработку остаточные запасы, сосредоточенные в матрице коллектора.

Таблица 1 – Геолого-физические свойства объектов ЦЗ

Месторождение	Пористость, %	Проницаемость, мД	Расчлененность, д. ед.	Эффективная толщина, м	Нефтенасыщенность, %	Вязкость нефти, сП	Глинистость, %	Коэфф. Неоднородности Диксона, Парсона, д. ед.	Песчанистость, д. ед.	Дополнительная добыча нефти, т
D ₃ zd IV п. Речицкое	8	297	4,1	6,3	76,2	5,24	7	0,85	0,3	3604
D ₃ vt-sr Вишанское	7	10	4,6	8,7	87	2,52	7	0,89	0,32	1229
D ₃ sm-вст. блок Тишковское	10	65	2,2	11,7	89	0,63	3,2	0,92	0,86	8770
D ₃ sm Осташковское	9,2	83	1,74	11	88,3	0,75	3	0,55	0,55	112

Таблица 2 – Корреляционная матрица

	Пористость	Проницаемость	Расчлененность	Эфф. нефтенас. толщина	Нач. нефтенас.	Вязкость нефти	Глинистость	Коэфф. Диксона Парсона	Песчанистость	Доп. добыча нефти
Пористость	1	-0,06	-0,91	0,74	0,41	-0,63	-0,91	-0,23	0,91	0,58
Проницаемость	-0,06	1	0,21	-0,71	-0,93	0,79	0,36	0,03	-0,38	0,07
Расчлененность	-0,91	0,21	1	-0,82	-0,55	0,76	0,98	0,58	-0,79	-0,21
Эфф. нефтенас. толщина	0,74	-0,71	-0,82	1	0,92	-0,99	-0,90	-0,27	0,86	0,28
Нач. нефтенас.	0,41	-0,93	-0,55	0,92	1	-0,96	-0,68	-0,20	0,64	0,06
Вязкость нефти	-0,63	0,79	0,76	-0,99	-0,96	1	0,85	0,32	-0,78	-0,15
Глинистость	-0,91	0,36	0,98	-0,90	-0,68	0,85	1	0,49	-0,86	-0,27
Коэфф. Диксона Парсона	-0,23	0,03	0,58	-0,27	-0,20	0,32	0,49	1	0,03	0,65
Песчанистость	0,91	-0,38	-0,79	0,86	0,64	-0,78	-0,86	0,03	1	0,70
Доп. добыча нефти	0,58	0,07	-0,21	0,28	0,06	-0,15	-0,27	0,65	0,70	1

Таблица 3 – Собственные значения корреляционной матрицы и дисперсия

Фактор	Собственное значение	Доля объясненной дисперсии, %	Кумулятивная дисперсия, %
1	5,54	55,4	55,4
2	2,32	23,2	78,6
3	1,21	12,1	90,7
4	0,53	5,3	96
5	0,22	2,21	98,21
6	0,11	1,1	99,31
7	0,04	0,4	99,71
8	0,02	0,2	99,91
9	0,008	0,08	99,99
10	0,001	0,01	100

Таблица 4 – Факторные нагрузки

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
Пористость	0,88	-0,1	0,05
Проницаемость	0	0,92	-0,05
Расчлененность	-0,9	0,15	0,12
Эффективная нефтенасыщенная толщина	0,83	-0,2	0,02
Начальная нефтенасыщенность	0,72	-0,35	0,08
Вязкость нефти в пластовых условиях	-0,83	0,25	-0,1
Глинистость	-0,9	0,08	0,05
Коэффициент Дикстра-Парсонса	-0,05	0,12	0,84
Песчаность	0,9	-0,08	0,18
Дополнительная добыча нефти	0,6	0	0,76

Уточнение петрофизических характеристик коллекторов для планирования МНЦВ

Выполненный факторный анализ по объектам месторождений Припятского прогиба позволил обосновать и включить в перечень основных критериев планирования МНЦВ в трещинно-поровых коллекторах такие параметры, как пористость, проницаемость, глинистость коллектора и вязкость нефти (табл. 5). Уточнены оптимальные диапазоны значений этих параметров для успешной реализации МНЦВ:

- пористость $\geq 7\%$ (предпочтительно 8–10 % и выше);
- проницаемость ≥ 50 мД, при низких проницаемостях не обеспечивается достаточно интенсивная передача градиента давления на матрицу, необходимая для эффективного обмена флюидом между матрицей и трещинами;
- глинистость $\leq 7\%$, высокое содержание глиен увеличивает капиллярные силы, снижает проницаемость матрицы;

- вязкость нефти < 7 сП, более высокие значения вязкости требуют высоких градиентов давления между матрицей и трещинами и дополнительных технологий воздействия (ПАВ, термохимические воздействия и др.).

Разработка программы ОПР по технологии МНЦВ. Геолого-гидродинамическое моделирование

На основании анализа значений параметров благоприятствования МНЦВ с учетом доработанной матрицы планирования для трещинно-поровых коллекторов (табл. 5) рассмотрен ряд залежей-кандидатов для проведения опытно-промышленных работ (ОПР). В результате в качестве полигона для ОПР выбрана семилукско-саргаевская (sm-sr) залежь Золотухинского месторождения. Залежь представлена трещинно-поровыми коллекторами, которые характеризуются низкой проницаемостью матричной системы и высокой проницаемостью трещиной составляющей, различие которых может

достигать несколько порядков. Семилукский горизонт более однороден по сравнению с воронежским и саргаевским, но также характеризуется наличием высокопроводящих трещин.

Для выбранного объекта разработаны 10 возможных вариантов реализации МНЦВ, отличающиеся режимами реализации этапов технологии. Для предварительной оценки наиболее эффективного варианта проведено гидродинамическое моделирование, включающее шесть этапов выполнения технологии с чередованием:

- остановки-запуски в эксплуатацию нагнетательного и добывающего фонда скважин;
- форсированные отборы жидкости из добывающих скважин;
- интенсивную закачку воды в периоды остановки добывающего фонда скважин;
- закачку потокоотклоняющих составов для выравнивания проницаемости трещиноватой среды;
- различную последовательность ввода в работу нагнетательных и добывающих скважин (изменение направлений фильтрационных потоков).

Для обоснования оптимальных режимов закачки/отбора при МНЦВ была создана трехмерная гидродинамическая модель с учетом неоднородности петрофизических свойств (пропластки с разной проницаемостью, трещиноватость). На модели выполнены расчеты разработки залежи с МНЦВ при:

- изменении амплитуды пластового давления (перепада давления между матрицей и трещинами) от 4 до 12 МПа;
- изменении интенсивности закачки воды в периоды остановки добывающего фонда скважин от 100 % до 200 % относительно базового варианта (при эксплуатации залежи без МНЦВ);

- форсированных отборах жидкости (увеличение дебитов добывающих скважин) на 30–100 % относительно базового варианта;

- переносе по площади фронта нагнетания (изменении направлений фильтрационных потоков на 70–90°) для вовлечения в разработку застойных зон.

Расчеты велись на 15-летние периоды прогноза эффективности разработки. Это позволило определить динамику изменения во времени обводненности, накопленной добычи, нефтеотдачи при разных сценариях МНЦВ.

Ключевые выводы по результатам моделирования. Наилучший эффект достигается при выполнении МНЦВ на следующих режимах.

1. Амплитуда изменения пластового давления 4 МПа (с 23,8 до 27,8 МПа) дает лучший результат по дополнительной добыче нефти при умеренной продолжительности этапов отбора и закачки (4–10 месяцев на этап). При большем перепаде давления между матрицей и трещинами (8–12 МПа) существенно возрастает длительность этапов и риск преждевременного прорыва воды по высокопроницаемым зонам.

2. Умеренное увеличение отборов жидкости (на 30–50 % относительно текущих дебитов) повышает эффективность МНЦВ, поскольку расширяет зону дренирования в пласте. Однако увеличение дебитов на 100 % с одновременным с увеличением закачки воды в два раза резко сокращает время циклов и снижает общий эффект – фильтрация идет преимущественно по высокопроницаемым каналам.

3. Изменение фильтрационных потоков позволяет вовлечь в разработку труднодренируемые блоки. Однако значительного прироста в дополнительной добыче нефти не дает. Тем не менее локальный эффект может быть ощутим в неоднородных зонах пласта.

Таблица 5 – Доработанная матрица планирования МНЦВ в трещинно-поровых коллекторах (с дополнениями) [3]

№ п/п	Наименование критериев выбора объекта	Определяемые критерии	
		Тип коллектора	
		Трещинно-поровый	Поровый
Основные критерии			
1	Обводненность добываемой продукции > 65 %	+	+
2	Текущая нефтенасыщенность низкопроницаемых пропластков (зон, блоков) > 0,30 д. ед.	+	+
3	Давление насыщения < 0,5 Р гидр.	+	+
4	Плотность остаточных подвижных извлекаемых запасов нефти > 0,5 тыс. т/га	+	+
5	Коэффициент гидродинамической связанности по разрезу > 0,5 д. ед.	–	+
6	Коэффициент литологической связанности пластов по площади > 0,5 д. ед.	–	+

№ п/п	Наименование критериев выбора объекта	Определяемые критерии	
		Тип коллектора	
		Трещинно-поровый	Поровый
7	Отношение толщины связанных низкопроницаемых пропластков к суммарной эффективной толщине пласта в интервале перфорации > 0,3 д. ед.	–	+
8	Наличие корреляции пропластков между зоной нагнетания и отборов	+	+
9	Расчлененность пласта: > 1,5 ед. для карбонатных трещинно-поровых коллекторов; > 3 ед. для терригенных пород	+	+
10	Различия в проницаемости низко- и высокопроницаемых пропластков (трещин и матрицы) > 5 раз	+	+
11	Отставание выработки от НИЗ по от текущей обводненности добываемой продукции > 5 %	+	+
12	Наличие сформированной системы ППД	+	+
13	Возможность изменения направлений фильтрационных потоков до 90°	+	+
14*	Глинистость < 7 %	+	–
15*	Пористость > 7 %	+	–
16*	Проницаемость > 50 мД	+	–
17*	Вязкость нефти < 7 сП	+	–
Вспомогательные критерии			
18	Газосодержание нефти > 50 м ³ /т	+	+
19	Средняя начальная нефтенасыщенность > 0,55 д. ед.	+	+
20	Наличие хорошей гидродинамической связи между зоной отбора и нагнетания	+	+
21	Снижение пластового давления относительно начального < 40 %	+	+
22	Запас пластовой энергии для стабильной работы добывающего фонда (определяется на качественном уровне)	+	+
23	Расстояние между зоной нагнетания и зоной отборов до 700 м	+	+
24	Реагирующий фонд скважин – не менее 2 добывающих скважин на каждую нагнетательную	+	+
25	Возможность регулирования компенсации отборов закачкой в пределах от 0 до 200 %,	+	+

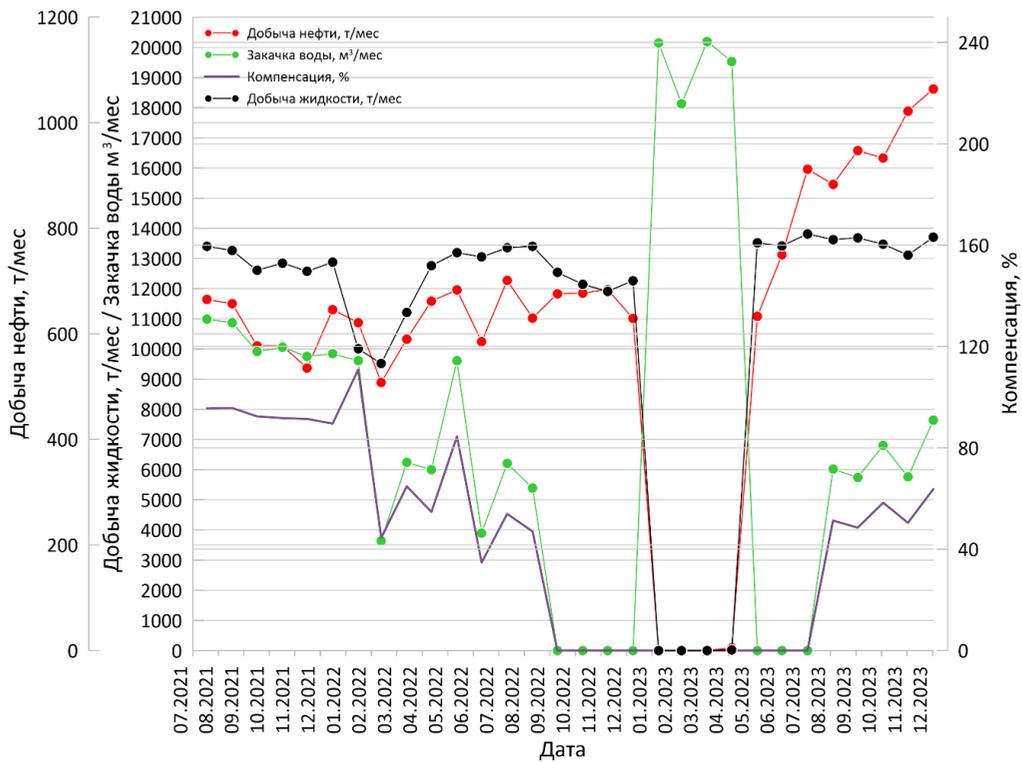
* – дополнения к матрице, полученные в ходе проведения анализа

Геологическая эффективность ОПР МНЦВ

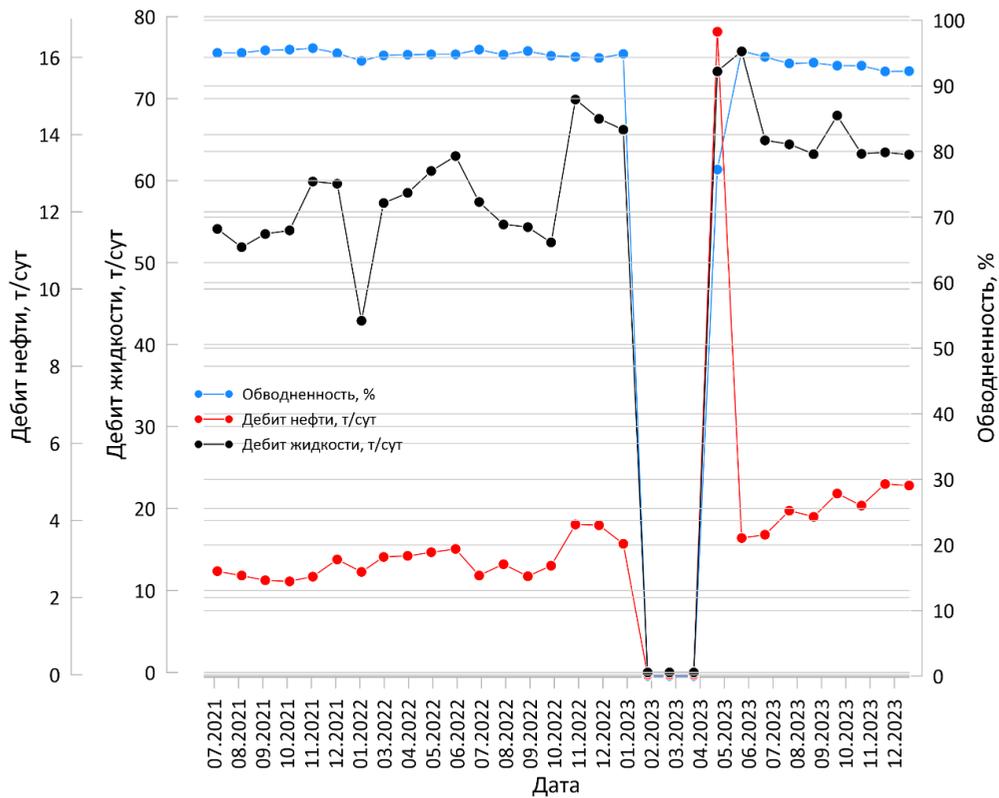
Полученные в процессе геолого-гидродинамического моделирования режимы разработки sm-sr залежи Золотухинского месторождения были заложены в программу ОПР. Опытно-промысловые работы в соответствии с разработанной программой ОПР проведены в 2022–2023 гг. График разработки sm-sr залежи Золотухинского месторождения с МНЦВ представлен на рисунке 1.

При проведении ОПР:

- **объемы закачки** воды на большинстве этапов соответствовали расчетным с отклонением 0,8–1,5 % (частично было недозакачено ~10 % воды по причине технологических ограничений);
- **объемы добычи жидкости** были стабильными, а в ряде месяцев за счет остановки низкодебитных скважин вырос средний дебит по жидкости работающих скважин;



а)



б)

Рисунок 1 – График разработки sm-sr залежи Золотухинского месторождения в период ОПР с МНЦВ:
 а – объемы добыча нефти, жидкости, закачки воды и текущая компенсация отборов жидкости закачкой;
 б – динамика изменения дебитов нефти, жидкости и обводненности добываемой продукции

- **обводненность** добываемой продукции снизилась в среднем на 2,0–0,5 %;

- **средний дебит нефти** на одну скважину увеличился с 2,4–3,0 т/сут. (в конце 2021 г.) до 3,5–3,6 т/сут. (май – июнь 2023 г.);

- **дополнительная добыча нефти**, определенная методом прямого счета, составила 3095 т, по кривым вытеснения – 2759 т. Величины близки друг к другу и подтверждают реальность приращения добычи за счет разработки залежи в режиме МНЦВ.

Таким образом, ОПР на sm-sr залежи Золотухинского месторождения, программа и режимы которых была сформирована на основании доработанной матрицы планирования МНЦВ в трещинно-поровых коллекторах и геолого-гидродинамического моделирования, подтвердили эффективность МНЦВ.

Уточнение петрофизических критериев эффективного применения МНЦВ в трещинно-поровых коллекторах по результатам МНЦВ на sm-sr залежи Золотухинского месторождения

Повторное выполнение факторного анализа по выше приведенной методике с включением в выборку новых данных, полученных по sm-sr залежи Золотухинского месторождения, позволило подтвердить обоснованные выше показатели планирования МНЦВ для трещинно-поровых коллекторов:

- пористость (> 7 %);
- проницаемость (> 50 мД);
- глинистость (< 7 %);
- вязкость нефти (< 7 сП).

Критерий минимальной расчлененности пласта снижен с 3 ед. до 1,5. Первоначально критическим считалось значение > 3 ед., как и для терригенных коллекторов. Однако по результатам ОПР на Золотухинском месторождении (где фактические значения расчлененности колебались в диапазоне 1,9–2,7 ед.) данный критерий был снижен до 1,5 ед. Данные изменения отражают специфические особенности трещинно-поровых коллекторов Припятского прогиба, где есть развитая сеть трещин и фильтрационные свойства высокопроницаемых разностей пород определяются проницаемостью трещин.

ВЫВОДЫ

1. Факторный анализ:

- показал, что большое влияние на дополнительную добычу нефти при МНЦВ оказывают фильтрационно-емкостные свойства пласта: пористость, проницаемость, невысокая глинистость, песчаность и неоднородность;

- позволил уточнить и увеличить количество основных критериев отбора объектов для МНЦВ. Эти уточнения включают снижение порога по расчлененности до 1,5 ед. и учет при обосновании объектов для МНЦВ таких параметров, как пористость, проницаемость, глинистость, вязкость нефти. Это связано с особенностями строения трещинно-поровых коллекторов Припятского прогиба и показано на примере Золотухинского месторождения.

2. Оптимальная амплитуда изменения пластового давления при циклическом заводнении в условиях выбранного объекта составила около 4 МПа. При более высоких амплитудах изменения пластового давления растут риски прорыва воды по наиболее проницаемым трещинным зонам и увеличения длительности этапов. Для каждого объекта необходимо обосновывать амплитуду изменения пластовых давлений расчетами на гидродинамических моделях.

3. Форсированные отборы на 30–50 % для условий sm-sr залежи Золотухинского месторождения доказали свою эффективность для увеличения интенсивности обмена флюидами между матрицей и трещинами и увеличения добычи нефти. В то же время увеличение отборов и закачки жидкости в 2 раза сокращает длительность этапов МНЦВ, но снижает суммарный прирост в добыче нефти.

4. Опытно-промысловые работы на семи-лукско-саргаевской залежи Золотухинского месторождения подтвердили эффективность предложенной стратегии планирования и выполнения МНЦВ, возможность получения дополнительной добычи нефти. При этом отмечено повышение среднего дебита нефти и снижение обводненности добываемой продукции.

5. Технология МНЦВ демонстрирует высокий потенциал для повышения нефтеотдачи на поздней стадии разработки залежей с трещинно-поровыми коллекторами месторождений Припятского прогиба. При соблюдении расширенных критериев выбора объектов для применения технологии, оптимизации технологических режимов закачки и отбора возможно обеспечить дополнительное вовлечение трудноизвлекаемых запасов нефти в экономически эффективных масштабах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белоногова, Е. А.** Нестационарное извлечение нефти из заводненного зонально-неоднородного по проницаемости пласта / Е. А. Белоногова, Е. П. Патракова, В. А. Иванов // Нефтепромысловое дело. – 2012. – № 3. – С. 30–34.
2. **Васильев, В. В.** Оценка применимости циклического заводнения на поздней стадии разработки нефтяных месторождений / В. В. Васильев, Л. Е. Тонков // Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 12. – С. 36–38.
3. **Временный** регламент «Обоснование и планирование технологии многоэтапного циклического нестационарного воздействия (МНЦВ) на пласт на месторождениях РУП «ПО «Белоруснефть»». – Гомель, 2020. – 51 с.
4. **Геология** Беларуси / А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
5. **Гитис, Л. Х.** Факторный анализ. Лекция 1. Постановка задачи и области применения / Л. Х. Гитис. – М. : МГГУ, 2000. – 24 с.
6. **Иванова, М. М.** Динамика добычи нефти из залежей / М. М. Иванова. – М. : Недра, 1976. – 247 с.
7. **Медведев, К. Ю.** Повышение эффективности разработки неоднородных высокообводненных карбонатных залежей путем совершенствования технологии нестационарного заводнения : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.17 / К. Ю. Медведев. – М., 2018. – 118 с.
8. **Нанишвили, О. А.** Анализ эффективности комплексного воздействия нестационарного заводнения в сочетании с обработками нагнетательных скважин потокоотклоняющими составами на месторождении «х» / О. А. Нанишвили, Д. Д. Пермин, В. Р. Самойлов / Международный исследовательский журнал. – 2019. – № 4-1 (82). – С. 72–77.
9. **Насыбуллин, А. В.** Оптимизация системы заводнения на основе трехмерного геолого-гидродинамического моделирования и искусственного интеллекта / А. В. Насыбуллин [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 7. – С. 14–17.
10. **О нефтеотдаче** трещиновато-пористых пластов при циклическом и полимерно-циклическом заводнении / В. В. Баушин [и др.] // Нефтяное хозяйство. – № 1. – 2023. – С. 40–44.
11. **Особенности** влияния геолого-технических мероприятий на эффективность повышения нефтеотдачи с применением нестационарного (циклического) заводнения / М. Р. Дулкарнаев [и др.] // Нефтепромысловое дело. – 2018. – № 10. – С. 26–34.
12. **Повжик, П. П.** Системно-адресный подход к разработке, планированию и внедрению технологий активизации добычи трудноизвлекаемых и нетрадиционных запасов нефти на месторождениях Припятского прогиба / П. П. Повжик, Н. А. Демяненко. – Минск : Четыре четверти, 2023. – 296 с.
13. **Сургучев, М. Л.** Циклическое (импульсное) воздействие на пласт как метод повышения нефтеотдачи при заводнении / М. Л. Сургучев // Нефтяное хозяйство. – 1965. – № 3. – С. 52–57.
14. **Технико-экономическая** эффективность мероприятий по регулированию охвата пластов заводнением на нефтяных залежах месторождений РУП «ПО «Белоруснефть» / Н. А. Демяненко [и др.] // Проблемы освоения ресурсов нефти и газа Беларуси и пути их решения : материалы науч.-практ. конф. – Гомель : РУП «ПО «Белоруснефть»», 2003. – С. 365–375.
15. **Факторный**, дискриминантный и кластерный анализ : пер. с англ. / Дж.-О. Ким [и др.] ; под ред. И. С. Енюкова. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
16. **Чалов, С. В.** О применении циклического заводнения на нефтяном месторождении / С. В. Чалов, В. В. Поплыгин // Недропользование. – 2010. – № 5. – С. 65–69.
17. **Шарбатова, И. Н.** Циклическое воздействие на неоднородные нефтяные пласты / И. Н. Шарбатова, М. Л. Сургучев. – М. : Недра, 1988. – 117 с.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 16.02.2025

Рэцэнзент І. Р. Захарыя

ДАСЛЕДАВАННЕ ўПЛЫВУ ПЕТРАФІЗІЧНЫХ УЛАСЦІВАСЦЕЙ КАЛЕКТАРАЎ
НА ЭФЕКТЫЎНАСЦЬ ПРЫМЯНЕННЯ ШМАТЭТАПНАГА ЦЫКЛІЧНАГА ўЗДЗЕЯННЯ
НА СТАРЫХ ЗАЛЕЖАХ З ТРЭШЧЫННА-ПАРАВЫМІ КАЛЕКТАРАМІ РАДОВІШЧАЎ
ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ

А. А. Чэкан

РУП «Вытворчае аб'яднанне “Беларуснафта”»
Філіял «БН-Навукова-тэхнічны цэнтр»
вул. Васіля Гальцова, 24, 625051, Цюмень, Расія
E-mail: 1chekan.alex@gmail.com

У артыкуле разгледжаны вынікі комплекснага даследавання ўплыву петрафізічных уласцівасцей парод калектараў Прыпяцкага прагіну на эфектыўнасць шматэтапнага нестационарнага цыклічнага ўздзеяння на залежах з трэшчынна-паравымі калектарамі. На аснове фактарнага аналізу вывучаны асноўныя геалага-фізічныя фактары (порыстасць, пранікальнасць, расчлянёнасць вязкасць нафты, нафтанасчынасць, гліністасць і інш.), якія вызначаюць геалагічную эфектыўнасць тэхналогіі пры здабыванні астаткавых запасаў нафты. Прадстаўлены вынікі доследна-прамысловых работ, выкананых на семілуцка-саргаеўскім пакладзе Залатухінскага радовішча, якія пацвердзілі выніковасць тэхналогіі. Удакладнены і пашыраны крытэрыі адбору патэнцыяльных аб'ектаў пад тэхналогію на базе даных фактарнага аналізу.

Ключавыя словы: шматэтапнае нестационарнае цыклічнае ўздзеяння, петрафізічныя ўласцівасці, Прыпяцкі прагін, фактарны аналіз, дадатковая здабыча нафты, гліністасць, неаднастайнасць, трэшчынна-паравы калектар.

STUDY OF THE INFLUENCE OF PETROPHYSICAL PROPERTIES OF RESERVOIRS
ON THE EFFECTIVENESS OF MULTI-STAGE CYCLIC WATERFLOODING IN MATURE FIELDS
WITH FRACTURED-PORE RESERVOIRS OF THE PRIPYAT TROUGH

A. Chekan

RUE “Production Association “Belorusneft”
Branch “BN-Scientific and Technical Center”
24 Vasiliya Goltsova St, 625051, Tyumen, Russia
E-mail: 1chekan.alex@gmail.com

The article presents the results of a comprehensive study of the impact of the petrophysical properties of reservoir rocks in the Pripyat Trough on the effectiveness of multi-stage non-stationary cyclic waterflooding (MNSCW) in fields with fractured-pore reservoirs. Using factorial analysis, the main geological-physical factors (porosity, permeability, dissection, oil viscosity, oil saturation, clay content, etc.) determining the geological efficiency of MNSCW technology for extracting residual oil reserves are examined. The results of pilot production tests (PPT) conducted on the Semiluk-Sargaevskoye reservoir of the Zolotukhinskoye field are presented, confirming the effectiveness of MNSCW. The criteria for selecting potential sites for the technology based on factorial analysis data have been refined and expanded.

Keywords: multi-stage non-stationary cyclic waterflooding (MNSCW), cyclic waterflooding, petrophysical properties, Pripyat Trough, factorial analysis, additional oil recovery, clay content, heterogeneity, fractured-pore reservoirs.

УДК 551.248.1:553.982

ПОИСК НЕСТРУКТУРНЫХ ЛОВУШЕК В УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ НАДРАЗЛОМНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОГО АРЕАЛА ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

А. А. Шарунов, Д. М. Барабанова

РУП «Производственное объединение “Белоруснефть”»
Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти
ул. Книжная, 15а, 246003, Гомель, Беларусь
E-mail: a.sharunov@beloil.by
E-mail: d.barabanova@beloil.by

В условиях современной геолого-геофизической изученности Припятского прогиба очевиден факт непосредственного влияния разломной тектоники на формирование ловушек углеводородов независимо от общепризнанных мировых теорий происхождения нефти и их производных. Это обусловлено тем, что разломы являются не только природными артериями доставки углеводородов в будущие ловушки, но и надежными экранами при их окончательном формировании. В данной работе рассматриваются методические аспекты прогноза новых нефтеперспективных ловушек в отложениях межсолевого и верхнесоленосного комплексов Центрального структурно-тектонического ареала на примере межсолевой залежи Гарцевского месторождения.

Ключевые слова: отложения, горизонт, залежь, комплекс, месторождение, ловушка, исследования, мощность, скважина, тектоническое нарушение, комплексирование, геологоразведка.

ВВЕДЕНИЕ

Ведущее значение разломов в геологическом строении Припятского прогиба уже давно общепризнано. Они влияли не только на образование современных региональных и локальных структур, но и оказывали решающее воздействие на расформирование ранее существовавших локальных поднятий, на распределение фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов, формирование соляной тектоники и геологической истории формирования прогиба в целом [1]. Поэтому изучение разломов, их морфологии, генезиса, истории развития имеет первостепенное значение при обосновании поискового бурения на нефтеперспективных структурах. Зачастую осложненные соляным тектогенезом приразломные зоны не позволяют в полной мере детализировать механизм формирования сложных узлов трещиноватости даже по данным фактического материала сейсморазведки 2D и 3D и с учетом данных глубокого бурения. В условиях стремительно развивающихся технологий для уверенного трассирования тектонических нарушений в дополнение к современной сейсмической съемке 3D в РУП «ПО “Белоруснефть”» на поисковых площадях активно внедряется технология полно-азимутальной миграции (ES360) [11].

К настоящему времени в единственном в Республике Беларусь нефтегазоносном бассейне –

Припятском прогибе – по состоянию на 01.01.2025 открыто 96 месторождений УВ. Причем из общего количества месторождений большая часть всех ранее открытых приурочена к структурным ловушкам в гребневой части моноклинально залегающих тектонических ступеней, которые контролируются разрывными нарушениями древнего заложения [3]. В первую очередь это относится к Речицко-Вишанскому и Червонослободско-Малодушинскому гребневым региональным разломам. Но, к сожалению, такая особенность характерна лишь для Северного структурно-тектонического ареала (СТА), где уже открыты все крупные нефтяные месторождения в головной части тектонических ступеней. Активное разбуривание гребневых зон тектонических ступеней в пределах Центрального СТА не увенчалось столь значимым успехом, несмотря на высокие фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов. Об этом свидетельствуют высокие дебиты (до 1200 м³/сут. – скв. 1 Найдовская (задонский надгоризонт)) пластовой воды, полученные в процессе проводки скважин. Значимые успехи получены только в последние годы при поисковом бурении вдоль субрегионального Калининского разлома в пределах Калининского полиблока – открытие 9 нефтяных месторождений (Москвичевское (2003), Карташовское (2013), Гарцевское (2018), Кузьминское (2020), Нургалеевское (2021), Гурьяновское (2021)) и Омельковщинского полиблока (Ко-

тельниковское (2006), Бескопыльновское (2020), Восточно-Омельковщинское (2022)) террасы Азерецко-Хобнинской тектонической ступени Центрального СТА.

Такая особенность обусловлена отдельной геологической историей формирования трех крупных структурных ареалов Припятского прогиба – Северного, Центрального и Южного [4; 5; 6].

Формирование Припятского прогиба связано с герцинским тектогенезом и обусловлено опусканием кристаллического фундамента по глубинным разломам, что привело к накоплению осадочной толщи мощностью до 6000 м. Наиболее интенсивно эти процессы развивались в конце девона и начале карбона, а во внутреннем грабене (в центре и на юге прогиба) – в пермо-триасе [7]. Осадочные образования характеризуются большим разнообразием литологического состава: терригенные, карбонатные, карбонатно-терригенные, галогенные, эффузивные. Основную часть толщи составляют девонские отложения, характеризующиеся шестью комплексами, которые выделяются по литологическим признакам: подсолевой терригенный, подсолевой карбонатный, нижнесоленосный, межсолевой, верхнесоленосный и надсолевой. Подсолевой комплекс характеризуется блоковой структурой, межсолевой – пликативно-блоковой, надсолевой – преимущественно пликативной с элементами разрывной тектоники, осложненной соляным тектогенезом.

Месторождения УВ Северного СТА контролируются предпермскими поднятиями, и в послекристаллическое время перестроек структурного плана не наблюдалось. В Центральном СТА и Южном СТА в пермо-триасе наблюдались масштабные перестройки структурного плана, что и определило низкую эффективность нефтепоисковых работ, основанных на том же структурном подходе ведения нефтепоисковых работ. Сформировавшиеся ловушки претерпели глубокие преобразования во время рифтогенеза на этапах растяжения и сжатия, имевших место вплоть до среднего триаса, что создало основу для развития неструктурных (неантиклинальных) ловушек различного генезиса и морфологии [13].

Целесообразность поиска залежей углеводородов в таких участках были отмечены в работах многих авторов. Данными работами объяснялись причины изменения качества нефтей межсолевых и подсолевых толщ Центрального и Южного СТА по сравнению с нефтями северного СТА, что позволяло рассчитывать на обнаружение в подсолевых отложениях менее расформированных залежей, так как в межсолевые процессы разрушения были усилены соляной тектоникой в нижней соленосной толще [8; 10; 12].

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НОВЫХ ЛОВУШЕК

По состоянию на 01.01.2024 на балансе РУП «ПО «Белоруснефть»» и ГП «НПЦ по геологии» в пределах Припятского прогиба в межсолевом и верхнесоленосном комплексах Центрального СТА числилась только одна нефтяная залежь в отложениях межсолевого комплекса – туровская залежь елецкого горизонта [13], Гарцевского нефтяного месторождения, открытая в 2022 г. по результатам бурения скважины 4 Гарцевская. Пробуренные разведочные скважины 9101n3 (2023) и 6 (2024) Гарцевские подтвердили высокие перспективы неструктурной ловушки межсолевого комплекса центрального СТА, а также позволили выделить еще 4 новых объекта разработки. Об этом свидетельствуют одни из самых высоких дебитов нефти в РУП «ПО «Белоруснефть»» по данным скважинам за последние годы. Максимальные средние дебиты за месяц по данным МЭР – добычи составили 151 м³/сут., 90 м³/сут., 90 м³/сут. по скважинам 4, 9101n3, 6 соответственно.

Данные залежи в отложениях межсолевого комплекса относятся к ловушкам неструктурного типа с трещинным типом пород-коллекторов по данным детального комплекса ГИС, что относится к косвенным подтверждениям влияния зон трещиноватости на формирование новых ловушек, независимо от стратиграфической приуроченности.

В 2019 г. завершены научно-исследовательские работы на тему «Разработка научно обоснованной методики и технологии локализации углеводородов в залежах неструктурного типа – слабопроницаемых породах-коллекторах доманикового типа северной части центрального района структурных форм Припятского прогиба». Результаты проведенных работ показали наличие высокой плотности миграционных битумоидов в тремлянско-петриковских отложениях, что свидетельствует о повышенной концентрации содержания органического углерода к востоку от скважины 8 Савичская (рис. 1).

Также в 2019 г. в РУП «ПО «Белоруснефть»» реализована программа «Изучение нефтеперспективности отложений межсолевого комплекса». Основанием к реализации данной программы послужили результаты проводки скважин 9001s3 и 9002 Карташовские. По данным скважинам в отложениях межсолевого комплекса отмечены следующие результаты: по скважине 9001s3 Карташовская при проведении ИП в открытом стволе получен приток нефти 0,93 м³/сут. из отложений задонского надгоризонта; по скважине 9002 Карташовская при проведении ИП в открытом стволе задонского надгоризонта получен приток флюида с неустановленным

характером насыщения, дебитом $17 \text{ м}^3/\text{сут.}$ (КВД*). Проведенные работы не привели к выявлению новых залежей ввиду того, что проектный фонд фор-

мировался с учетом приоритетности вскрытия забоем подсолевого комплекса в пределах месторождения.

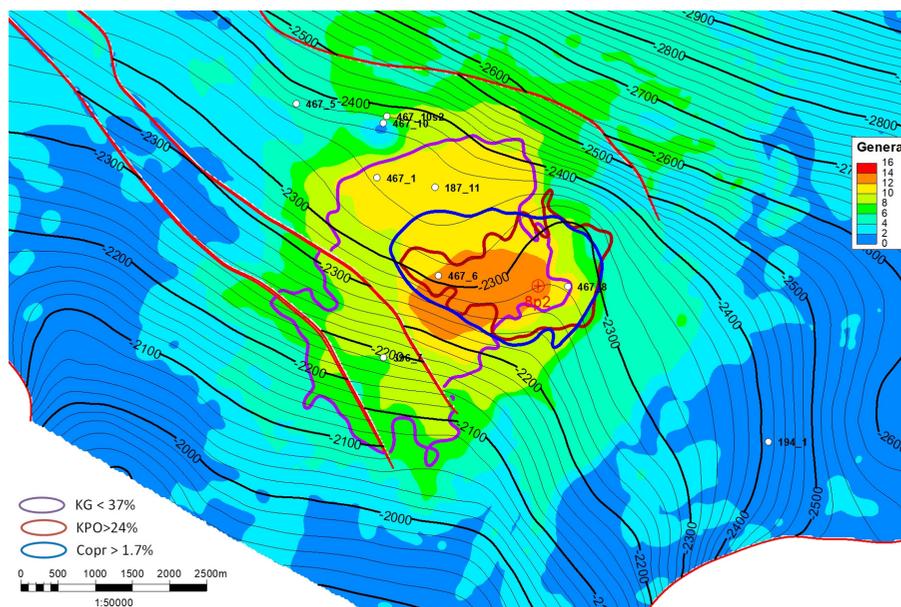


Рисунок 1 – Обзорная карта sweet spot петриковских отложений, совмещенная со структурной картой по кровле петриковского горизонта (проектная скважина № 8s2)

С учетом открытия новой залежи в отложениях межсолевого комплекса (елецкие отложения Гарцевского нефтяного месторождения), комплексных работ на Карташовском месторождении, а также проведенных научно-исследовательских работ на Савичской площади в пределах Центрального СТА есть предпосылки для открытия новых залежей УВ комбинированного типа в отложениях межсолевого комплекса. Отличительными особенностями предпосылок открытия такого типа залежей УВ на данных объектах являются: сокращенные мощности нижнесоленосных отложений, наличие развитой сети и узлов тектонических нарушений подсолевого комплекса, а также локально пликвативный характер межсолевого комплекса вблизи районов как открытых ранее нефтяных месторождений, так и потенциально возможных нефтеперспективных блоков в отложениях подсолевого комплекса.

С учетом обширных зон отсутствия межсолевых отложений в условиях сокращенных толщин нижнесоленосных отложений, развитой сети и узлов тектонических нарушений подсолевого комплекса потенциальными нефтеперспективными отложениями в пределах Центрального СТА могут являться также отложения верхнесоленосного комплекса [2; 8]. Промышленная нефтегазоносность верхнесоленосного комплекса в настоящее время доказана на 11 нефтяных месторождениях в пределах Северного СТА Припятского прогиба.

Причем из них на Западно-Малодушинском нефтяном месторождении залежь лебедянского горизонта находится в зоне отсутствия межсолевого комплекса, а на Кербецком, Хуторском, Шатилковском и Ю-Шатилковском нефтяных месторождениях залежи нефти приурочены только к отложениям верхнесоленосного комплекса.

Методические аспекты и выявление таких новых нефтеперспективных участков в пределах Центрального СТА заключаются в трассировании тектонических нарушений подсолевого комплекса на межсолевой и верхнесоленосный комплекс в условиях сокращенных толщин нижнесоленосной толщи с применением современного программного обеспечения и технологии полно-азимутальной миграции (ES360).

В качестве приоритетного участка выбрана центральная и восточная часть Центрального СТА. Это обусловлено ранее проведенными работами, которыми было установлено, что все выявленные месторождения нефти находятся внутри площади, ограниченной изолинией теплового потока $55 \text{ мВт}/\text{м}^2$, а также два газоконденсатных месторождения внутри зоны с тепловым потоком более $65 \text{ мВт}/\text{м}^2$ [9].

С учетом намеченных критериев в пределах нефтепоискового участка выделены 10 участков для проведения дальнейших комплексных геологоразведочных работ (рис. 2).

В данной работе приоритетными комплексами для потенциальных вместилищ углеводородов по участкам прогнозной трещиноватости в ловушках неструктурного типа послужили как межсолевой, так и верхнесоленосный нефтегазоносные комплексы. Условной границей как основным критерием продуктивности послужила мощность нижнесоленосного комплекса, соответствующая на карте толщин изопакхите 250 м.

Участок № 1 (Гарцевский) относится к площади с доказанной промышленной нефтегазоносностью. Залежи нефти приурочены к отложениям елецкого (туровский и дроздовский горизонты) и задонского (тонежский, тремлянский и вишанский горизонты) надгоризонтов.

Минимальная мощность нижнесоленосных отложений от подошвы межсолевого комплекса (кровля D_{3crn}) до кровли подсолевых карбонатных отложений (кровля $D_{3ev(kst)}$) составила 55 м. По данным сейсмических исследований, залежь сформировалась вследствие миграции УВ по тектоническому нарушению амплитудой 120–130 м по кровле подсолевого терригенного комплекса,

затухающему в отложениях межсолевого комплекса.

Непосредственно под межсолевыми залежами расположены залежи нефти в отложениях подсолевого карбонатного комплекса (воронежского и семилукско-саргаевского горизонтов (западный и восточный блок)) Гарцевского месторождения (рис. 3, 4).

В настоящее время для уточнения прогнозного контура распространения залежи с использованием технологии ES360 и добычных возможностей ведется активное разбуривание залежи разведочными скважинами.

Участок № 2 (Карташовский) относится к высокоперспективному. Положительными критериями являются:

- наличие нефтяных залежей в подсолевом карбонатном комплексе (семилукский горизонт (западный блок), саргаевский горизонт (западный блок) и семилукско-саргаевский горизонты (восточный блок)) Карташовского месторождения;
- приток нефти по данным ИП в скважине 9001s3 в отложениях тонежского горизонта задонского надгоризонта дебитом $0,93 \text{ м}^3/\text{сут}$.

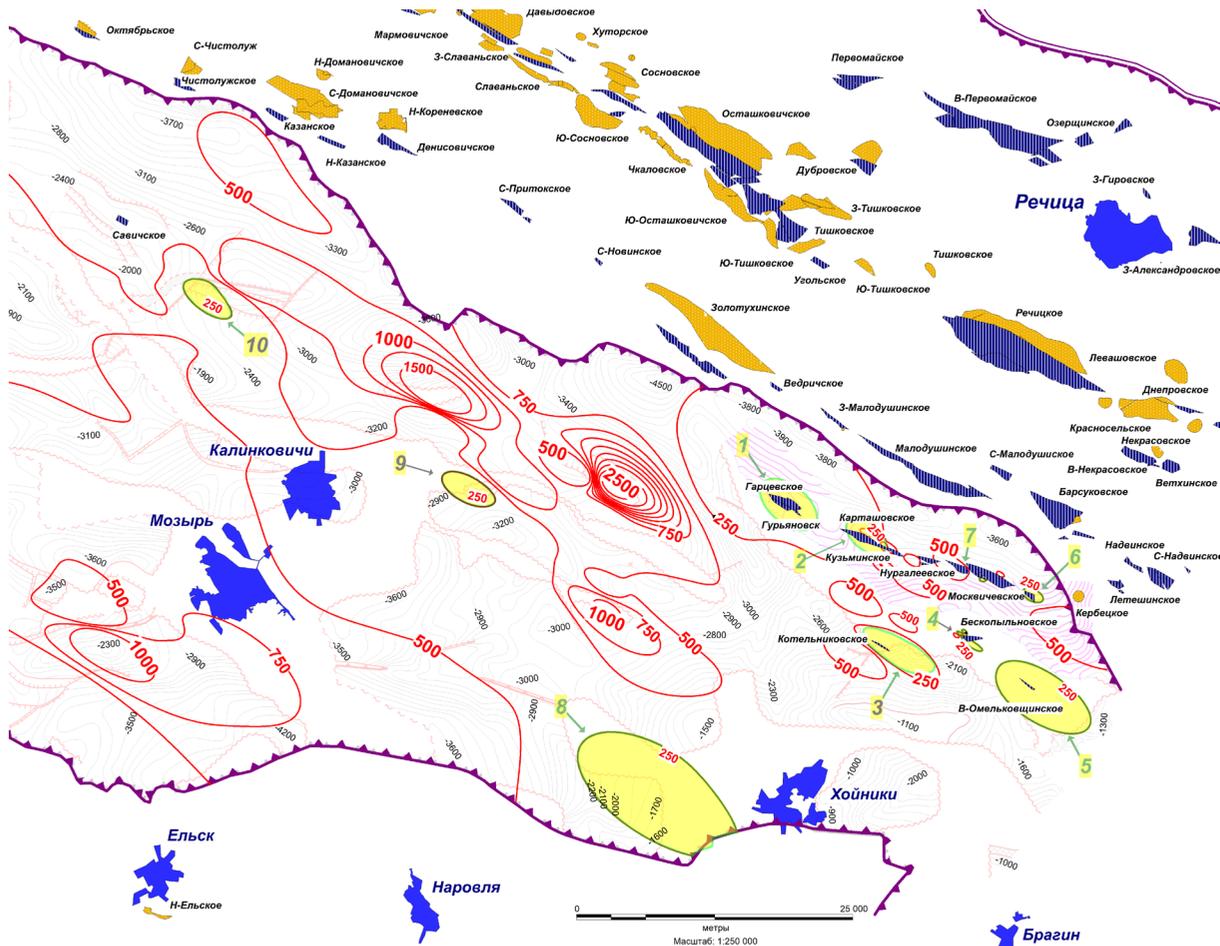


Рисунок 2 – Обзорная карта толщин нижнесоленосной толщи с приоритетными участками межсолевого комплекса в пределах Центрального СТА Припятского прогиба

в контуре съемки 3D с использованием технологии ES360. Положительными критериями здесь являются:

- непосредственная близость нефтяной залежи в подсолевом карбонатном комплексе (воронежская) Котельниковского месторождения;
- наличие съемки 3D с возможностью проведения оконтуривания объектов с использованием технологии ES360.

Минимальная мощность нижнесоленосных отложений от подошвы межсолевого комплекса (D_3cp) до кровли подсолевых карбонатных

отложений (кровля $D_3ev(kst)$) составила 20 м. Предполагаемая залежь сформировалась, скорее всего, по тектоническому нарушению амплитудой от 810 м до 835 м по кровле подсолевого терригенного комплекса, затухающему в отложениях межсолевого комплекса (рис. 7, 8).

С учетом структурных построений на данном участке предполагается наличие нефтяной залежи в отложениях межсолевого комплекса к западу от скважины 9012 Котельниковская, что требует уточнения по данным динамических исследований с использованием технологии ES360.

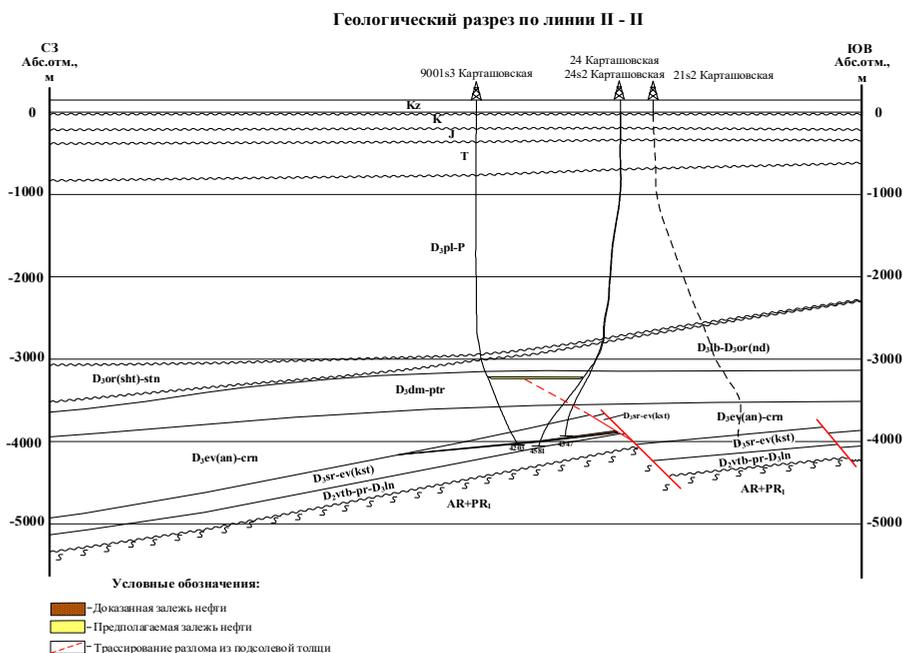


Рисунок 5 – Геологический разрез по профилю П-П через скважины 9001s3 и 24 Карташовские

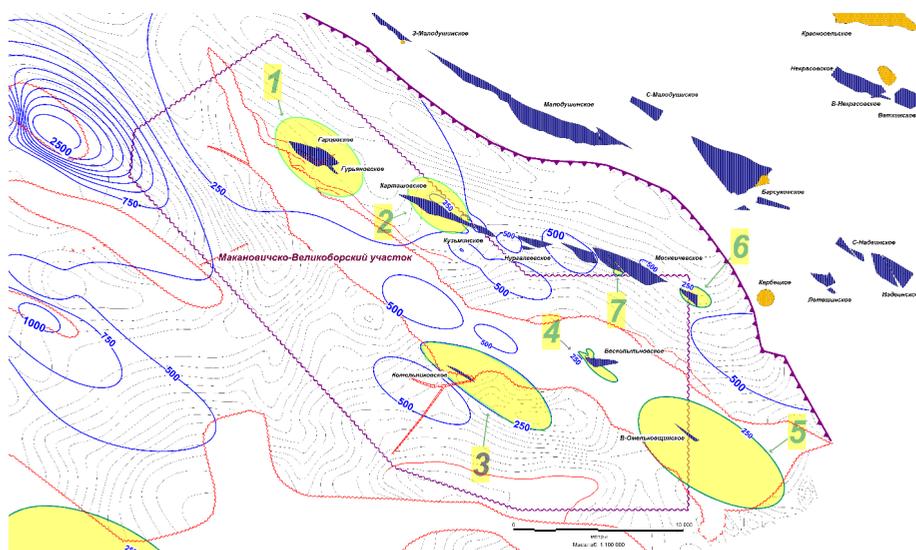


Рисунок 6 – Обзорная карта нефтеперспективных участков с контуром съемки 3D (Макановичско-Великоборский участок)

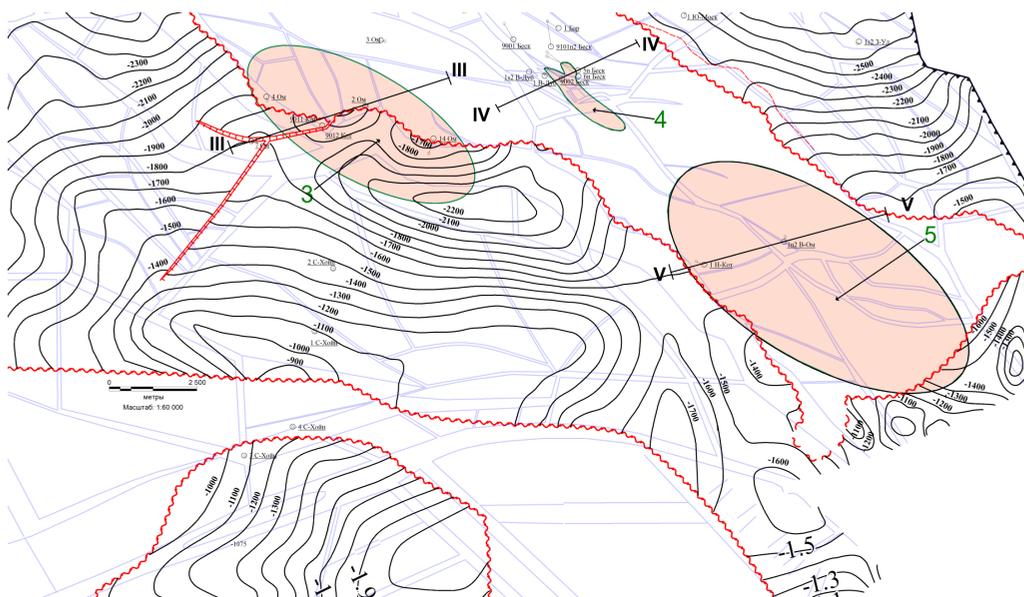


Рисунок 7 – Фрагмент обзорной карты межсолового комплекса с прогнозными участками 3, 4 и 5

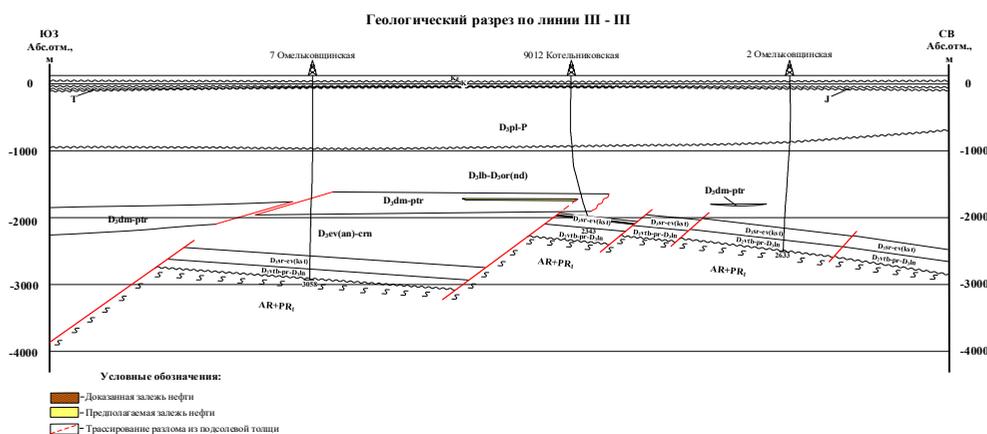


Рисунок 8 – Геологический разрез по профилю III-III через скважины 7 и 2 Омельковщинские

Участок № 4 (Бескопыльновский) относится к низко перспективному виду отсутствия отложений межсолового комплекса. В данной зоне предполагаемые залежи возможны только в отложениях верхнесоленосного комплекса, где по данным бурения скважин выделяются возможные нефтеперспективные объекты в реперных карбонатных пропластках относительно мощной соленосной формации. Положительными критериями являются:

- близость нефтяных залежей в подсолевом карбонатном комплексе (воронежская, семилукская и саргаевская) Бескопыльновского месторождения;
- наличие съемки 3D с целью использования технологии ES360.

Минимальная мощность нижнесоленосных отложений от подошвы верхнесоленосного комплекса (кровля $D_3\text{brc}$) до кровли подсолевых карбонатных отложений (кровля $D_3\text{ev (kst)}$) составила 90 м. Предполагаемая залежь могла бы сформироваться, скорее всего, вследствие миграции УВ по тектоническому нарушению амплитудой 140–175 м по кровле подсолевого терригенного комплекса, затухающему в отложениях верхнесоленосного комплекса (рис. 7, 9).

С учетом структурных построений на данном участке предполагается наличие нефтяной залежи в отложениях верхнесоленосного комплекса к югу от скважин 9002 и бп Бескопыльновские. Данное предположение требует уточнения по данным динамических исследований с использованием технологии ES360.

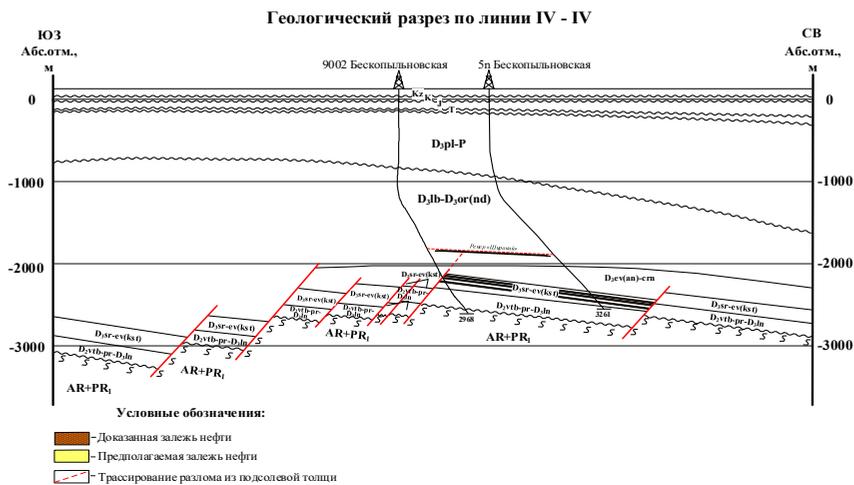


Рисунок 9 – Геологический разрез по профилю IV-IV через скважины 9002 и 5n Бескопильновские

Участок № 5 (Восточно-Омельковщинский) относится к низко перспективному ввиду отсутствия на данном участке отложений межсолевого комплекса. В данной зоне предполагаемые залежи возможны только в отложениях верхнесолевого комплекса, где по данным бурения скважин выделяются возможные нефтеперспективные участки в реперных карбонатных пропластках. Положительными критериями являются:

- непосредственная близость нефтяной залежи в подсолевом карбонатном комплексе (воронежская) Восточно-Омельковщинского месторождения;

– частичное покрытие съемкой 3D с целью использованием технологии ES360.

Минимальная мощность нижнесолевого отложения от подошвы верхнесолевого комплекса (кровля D_3brc) до кровли подсолевых карбонатных отложений (кровля $D_3ev(kst)$) составила 215 м. Предполагаемая залежь могла бы сформироваться, скорее всего, вследствие миграции УВ по тектоническому нарушению амплитудой 25–60 м по кровле подсолевого терригенного комплекса, затухающему в отложениях верхнесолевого комплекса (рис. 7, 10).

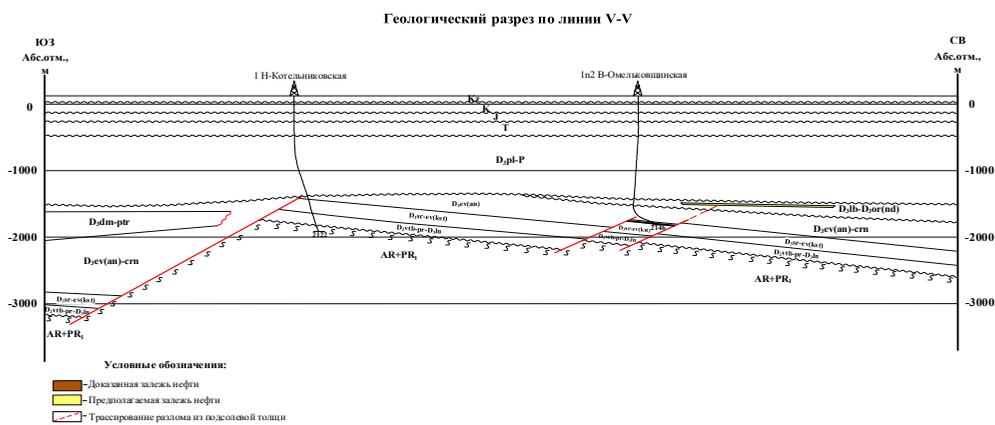


Рисунок 10 – Геологический разрез по профилю V-V через скважины 1n-Котельниковская и 1n2 В-Омельковщинская

С учетом структурных построений на данном участке предполагается наличие нефтяной залежи в отложениях верхнесолевого комплекса к северу от скважины 1 В-Омельковщинская в сторону увеличения мощности верхнесолевого толщ. Данное предположение требует уточнения по данным динамических исследований с использованием технологии ES360.

Участок № 6 (Восточно-Москвичевский) относится к высокоперспективным. Положительным критерием является непосредственная близость нефтяных залежей в подсолевом карбонатном комплексе (семилюкские и саргаевские отложения) Москвичевского месторождения.

Минимальная мощность нижнесолевого отложения от подошвы межсолевого комплекса (D_3crn)

до кровли подсолевых карбонатных отложений (кровля $D_{3ev}(kst)$) составила 260 м. Предполагаемая залежь могла бы сформироваться, скорее всего, вследствие миграции УВ по тектоническому нарушению амплитудой 400–420 м по кровле подсолевого терригенного комплекса, затухающему в отложениях межсолевого комплекса (рис. 11, 12).

С учетом структурных построений на данном участке предполагается наличие нефтяной залежи в отложениях межсолевого комплекса к юго-востоку от скважины 9015 Москвичевская. Данное предположение требует уточнения по данным динамических исследований с использованием технологии ES360.

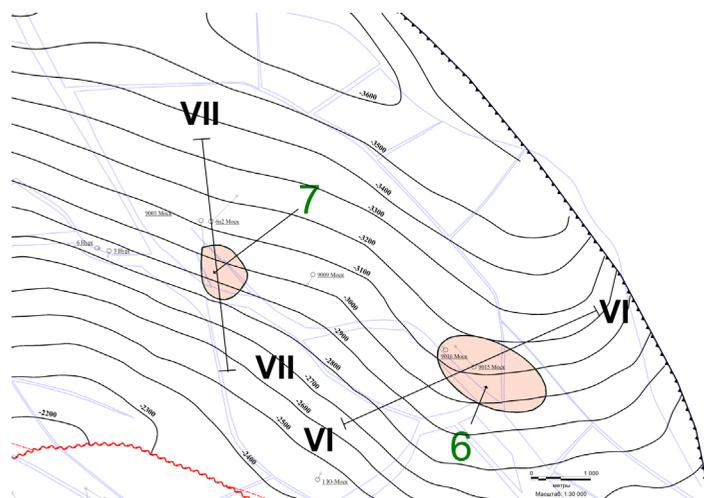


Рисунок 11 – Фрагмент обзорной карты межсолевого комплекса с прогнозными участками 6 и 7

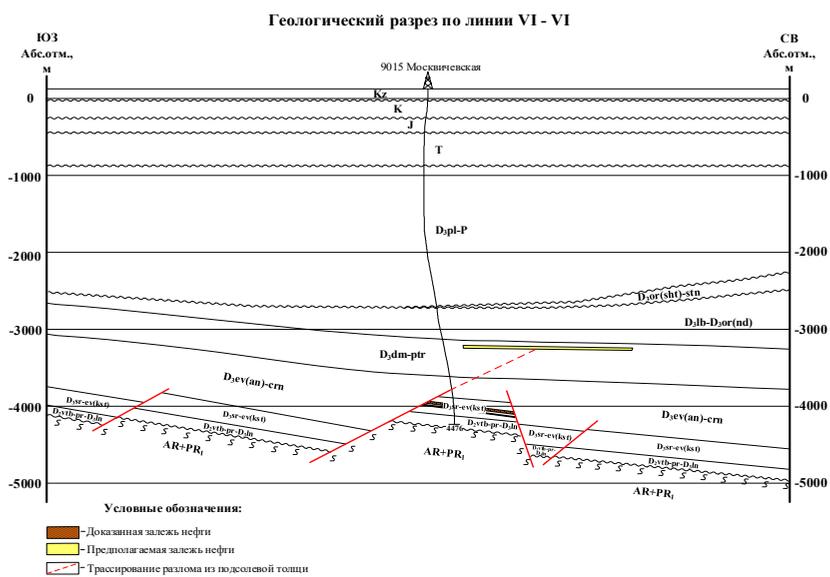


Рисунок 12 – Геологический разрез по профилю VI-VI через скважину 9015 Москвичевская

Участок № 7 (Западно-Москвичевский) относится к высокоперспективному. Положительным критерием является непосредственная близость нефтяных залежей в подсолевом карбонатном комплексе (семилукская и саргаевская) Москвичевского месторождения.

Минимальная мощность нижнесоленосных отложений от подошвы межсолевого комплекса (D_{3crn}) до кровли подсолевых карбонатных

отложений (кровля $D_{3ev}(kst)$) составила 385 м. Предполагаемая залежь могла бы сформироваться, скорее всего, вследствие миграции УВ по тектоническому нарушению амплитудой 130–150 м по кровле подсолевого терригенного комплекса, затухающему в отложениях межсолевого комплекса (рис. 11, 13).

С учетом структурных построений на данном участке предполагается наличие нефтяной залежи в отложениях межсолевого комплекса к югу от

скважины бп2 Москвичевская. Данное предположение требует уточнения по данным динамических исследований с использованием технологии ES360.

Участок № 8 (Юревичский) относится к низкоперспективным ввиду близости зоны отсутствия межсоловых отложений. Отрицательным критерием является также отсутствие в непосредственной близости нефтяной залежи в подсолёвом карбонатном комплексе ввиду слабой изученности глубоким бурением данной территории. Ввиду значительно разбавленной полученной пробы пластовых рассолов по данным испытаний в открытом стволе подсолёвых карбонатных отложений по скважине 1 Юревичская (дебит до 239 м³/сут), оценить подсолёвой блок на предмет нефтеперспективности не удалось.

Отложения семилукского и саргаевского горизонтов являются водонасыщенными, дебиты составили 141 и 239 м³/сут. соответственно. Полученные пробы пластовых рассолов по данным химического анализа проб являются разбавленными и негодными для оценки нефтеперспективности испытанных отложений.

Минимальная мощность нижнесоленосных отложений от подошвы межсолового комплекса (D₃crn) до кровли подсолёвых карбонатных отложений (кровля D₃ev(kst)) составила 145 м. Предполагаемая залежь могла бы сформироваться, скорее всего, вследствие миграции УВ по тектоническому нарушению амплитудой 700–720 м по кровле подсолёвого терригенного комплекса, затухающему в отложениях межсолового комплекса (рис. 14, 15).

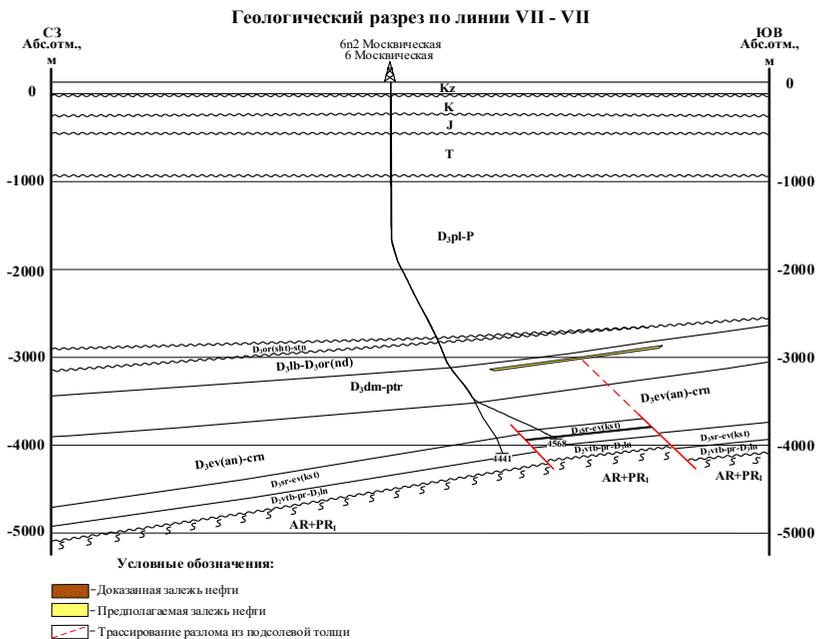


Рисунок 13 – Геологический разрез по профилю VII–VII через скважину 9015 Москвичевская

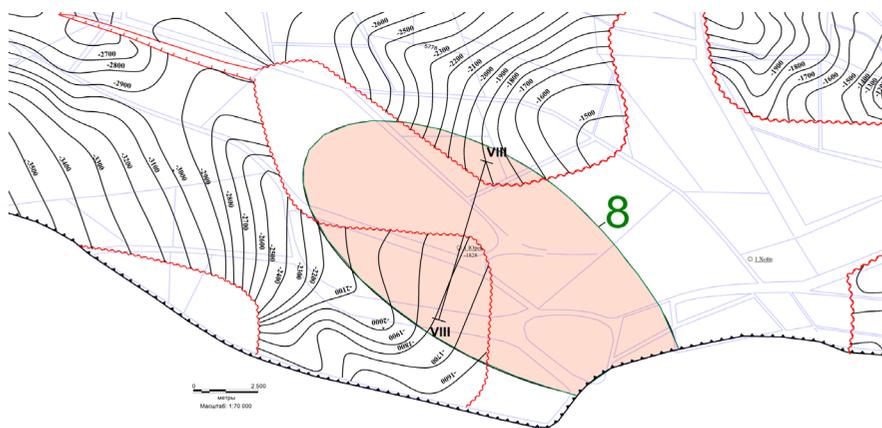


Рисунок 14 – Фрагмент обзорной карты межсолового комплекса с прогнозным участком 8

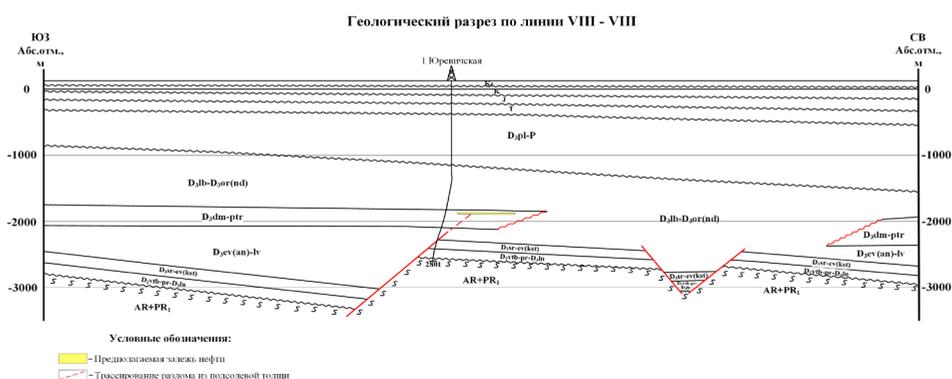


Рисунок 15 – Геологический разрез по профилю VIII–VIII через скважину 1 Юревичская

С учетом структурных построений на данном участке предполагается наличие нефтяной залежи в отложениях межсолевого комплекса к северу от скважины 1 Юревичская. Данное предположение требует уточнения по данным динамических исследований с использованием технологии ES360.

Участок № 9 (Дудичский) относится к низкоперспективному ввиду обширных зон отсутствия межсолевых отложений. В данной зоне предполагаемые залежи возможны только в отложениях верхнесоленосного комплекса, где по данным бурения скважин выделяются возможные нефтеперспективные участки в реперных карбонатных пропластках относительно мощной соленосной формации в условиях непосредственной близости соляного купола. Положительными критериями в данной зоне являются:

- признаки УВ по керну в виде запахов, выпотов и выделения жидкой нефти по порам, трещинам и кавернам по скважинам 1 и 6 Дудичская в отложениях верхнесоленосного комплекса;

- положительные гидрогеологические условия скоплений УВ непосредственно в подсолевых карбонатных отложениях подсолевого комплекса по скважине 6 Дудичская (по данным химического анализа проб отмечено повышенные значения катионов аммония в пластовых водах до 361 мг/л);

- получение притока флюида из отложений верхнесоленосного комплекса в скважине 6 Дудичская (фильтрат глинистого раствора дебитом 9 м³/сут. по данным испытаний в открытом стволе).

Минимальная мощность нижнесоленосных отложений от подошвы межсолевого комплекса (D_{3crn}) до кровли подсолевых карбонатных отложений (кровля $D_{3ev}(kst)$) составила 240 м. Предполагаемая залежь могла бы сформироваться, скорее всего, вследствие миграции УВ по тектоническому нарушению амплитудой 265–275 м по кровле подсолевого терригенного комплекса, затухающему в отложениях верхнесоленосного комплекса (рис. 16, 17).

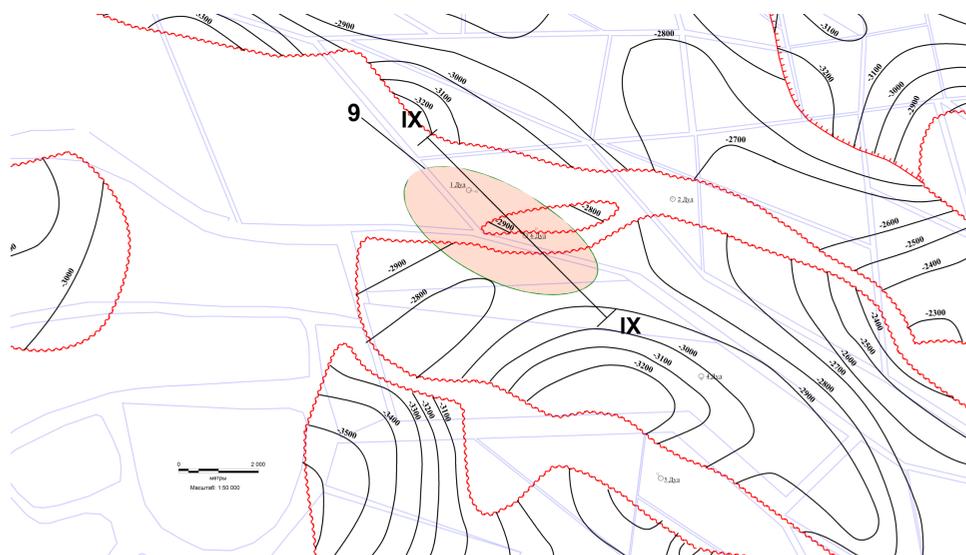


Рисунок 16 – Фрагмент обзорной карты межсолевого комплекса с прогнозным участком 9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ нефтеносности восточной части Центрального СТА, влияния разломной тектоники на формирование ловушек углеводородов неструктурного типа и мощности отложений нижней соленосной толщи с учетом применения современного программного обеспечения и технологии внедрения на производстве полно-азимутальной миграции (ES360) позволил обосновать новый поисковый

критерий выделения нефтеперспективных участков (sweet spots) в межсолевых и верхнесоленосных отложениях в условиях сокращенных толщин нижнесоленосной толщи.

Дальнейшее подтверждение прогнозных ловушек неструктурного типа в пределах Центрального СТА позволят наметить дополнительные методические подходы при проведении геологоразведочных работ как на новых площадях, так и на участках в пределах ранее открытых месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Айзберг, Р. Е.** Синрифтовая геодинамика Припятского прогиба / Р. Е. Айзберг, Т. А. Старчик. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 146 с.
2. **Ажгиревич, Л. Ф.** Литолого-геохимическая характеристика надсолевых девонских отложений в связи с их нефтегазоносностью / Л. Ф. Ажгиревич, В. А. Лапуть, Л. М. Палер // Вопросы нефтяной геологии. – Минск, 1975. – С. 190–207.
3. **Бескопыльный, В. Н.** Об основном очаге нефтегазообразования в Припятском нефтегазоносном бассейне / В. Н. Бескопыльный // Изв. АН СССР. Сер. геологическая. – 1975. – № 10. – С. 169.
4. **Бескопыльный, В. Н.** Карта структурного районирования подсолевого комплекса Припятского прогиба для задач эффективного освоения ресурсов углеводородов / В. Н. Бескопыльный, Р. Е. Айзберг, Я. Г. Грибик. – Масштаб 1 : 200 000. – Минск, 2011. – 1 к.
5. **Бескопыльный, В. Н.** Карта структурного районирования межсолевого комплекса Припятского прогиба для задач эффективного освоения ресурсов углеводородов / В. Н. Бескопыльный, Р. Е. Айзберг, Я. Г. Грибик. – Масштаб 1 : 200 000. – Минск, 2011. – 1 к.
6. **Бескопыльный, В. Н.** Пояснительная записка к картам структурного районирования подсолевого и межсолевого комплексов Припятского прогиба для решения задач эффективного освоения ресурсов углеводородов // В. Н. Бескопыльный, Р. Е. Айзберг, Я. Г. Грибик. – Гомель : РУП «ПО «Белоруснефть», 2011. – 41 с. : ил.
7. **Гарецкий, Р. Г.** Глубинное строение Припятского палеорифта / Р. Г. Гарецкий, С. В. Клушин // Докл. АН СССР. – 1987. – Т. 297, № 6. – С. 1438–1442.
8. **Горелик, З. А.** О времени образования и типах залежей нефти на территории Припятской впадины / З. А. Горелик // Новые данные по геологии и нефтегазоносности Припятской впадины и смежных районов. – М., 1968. – С. 248–253.
9. **Зуй, В. И.** Структура теплового поля Припятского прогиба / В. И. Зуй // Мониторинг. Наука и технологии. – 2014. – № 1. – С. 16–22.
10. **Карпов, В. А.** О некоторых факторах, влияющих на формирование нефтяных залежей в центральной части прогиба / В. А. Карпов // Прогноз нефтегазоносности и направление поисков нефтяных месторождений в Припятском прогибе. – Минск, 1976. – С. 177–179.
11. **Конюшенко, А. С.** Опыт применения технологии ES360 и AVAZ инверсии в условиях солянокупольной тектоники на Южно-Осташковичском месторождении для изучения трещиноватости в межсолевых и подсолевых карбонатных коллекторах верхнего девона Припятского прогиба / А. С. Конюшенко, В. Д. Солган, В. М. Шумиляк // Літасфера. – 2014. – № 2. – С. 146–154.
12. **Монкевич, К. Н.** Пермские и триасовые отложения Припятского прогиба / К. Н. Монкевич. – Минск : Наука и техника, 1976. – 102 с.
13. **Рынский, М. А.** Условия формирования нефтяных месторождений Припятской впадины : автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук : 04.00.17 / М. А. Рынский ; ВНИГНИ. – М., 1974. – 18 с.
14. **Стратиграфические** схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: объясн. зап. / под ред. С. А. Кручека [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 282 с. + приложение из 15 стратиграфических схем.
15. **Шарунов, А. А.** Выбор первоочередных объектов для проведения геологоразведочных работ на углеводороды с учетом информативных критериальных подходов (на примере Южной структурно-тектонической зоны Припятского прогиба) / А. А. Шарунов // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 139–150.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 14.02.2025

Рэцэнзент І. Р. Захарыя

ПОШУК НЕСТРУКТУРНЫХ ПАСТАК ВА ЎМОВАХ ФАРМІРАВАННЯ НАДРАЗЛОМНАЙ ТРЭШЧЫНАВАТАСЦІ ЦЭНТРАЛЬНАГА СТРУКТУРНА-ТЭКТАНІЧНАГА АРЭАЛА ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ

А. А. Шаруноў, Д. М. Барабанова

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

Ва ўмовах сучаснай геолога-геафізічнай вывучанасці Прыпяцкага прагіну відавочны факт непасрэднага ўплыву разломнай тэктонікі на фарміраванне пастак вуглевадародаў незалежна ад агульнапрызнаных сусветных тэорый паходжання нафты і іх вытворных. Гэта абумоўлена тым, што разломы з'яўляюцца не толькі прыроднымі артэрыямі дастаўкі вуглевадародаў у будучыя пасткі, але і надзейнымі экранамі пры іх канчатковым фарміраванні. У прадстаўленай рабоце разглядаюцца метадычныя аспекты прагнозу новых нафтаперспектыўных пастак у адкладах міжсалявога і верхнесаляноснага комплексу Цэнтральнага структурна-тэктанічнага арэала на прыкладзе міжсалявых залежаў Гарцаўскага радовішча.

Ключавыя словы: адклады, гарызонт, залеж, комплекс, радовішча, пастка, даследаванні, магутнасць, свідравіна, тэктанічнае парушэнне, геологаразведка.

SEARCH FOR NON-STRUCTURAL TRAP S. IN CONDITIONS OF SUPRA-FAULT FRACTURING FORMATION IN THE CENTRAL STRUCTURAL AND TECTONIC AREA OF THE PRIPYAT TROUGH

A. Sharunov, D. Barabanova

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

In the conditions of modern geological and geophysical study of the Pripyat trough, the fact of the direct influence of fault tectonics on the formation of hydrocarbon traps is obvious, regardless of the generally accepted world theories of the origin of oil and their derivatives. This is due to the fact that faults are not only natural arteries for the delivery of hydrocarbons to future traps, but also reliable shields during their final formation. This paper examines the methodological aspects of predicting new oil-prospective traps in the sediments of the inter-salt and upper-sediment complexes of the Central structural and tectonic area using the example of the inter-salt deposits of the Gartsevskoye field.

Keywords: sediments, horizon, deposit, complex, deposit, trap, research, capacity, well, tectonic disturbance, aggregation, geological exploration.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ III КАЛИЙНОГО ГОРИЗОНТА ЧЕТВЕРТОГО ШАХТНОГО ПОЛЯ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ

С. Н. Болдырев¹, А. М. Клабук²

¹Открытое акционерное общество «Белгорхимпром»
ул. Шоссейная, 4, 223710, Солигорск, Беларусь
E-mail: sboldyrev@bmci.by

²Открытое акционерное общество «Беларуськалий»
ул. Коржа, 5, 223710, Солигорск, Беларусь

В статье приводятся результаты сопоставления данных разведки и разработки III калийного горизонта Четвертого шахтного поля Старобинского месторождения солей. Результаты работы подтверждают, что применяемая методика разведки месторождения дает достоверные результаты, а имеющиеся расхождения не оказывают существенного влияния на его последующее освоение. При проведении сопоставления установлено, что увеличение плотности разведочной сети от категории C_1 к А не приводит к уменьшению расхождений, следовательно, возникает сомнение в необходимости увеличения количества скважин на этапе разведки после получения запасов категории C_1 для подобных месторождений. Из анализа причин возникновения и величины расхождений по подсчетным блокам следует, что максимальное влияние оказывает качество бурения и выход керна, а не количество скважин. Изложенные в статье выводы имеют предварительный характер, поскольку основаны на сопоставлении данных разведки и разработки только по одному калийному горизонту в пределах одного тектонического блока, и требуют подтверждения при дальнейших исследованиях на других участках и горизонтах.

Ключевые слова: Старобинское месторождение солей, Четвертое шахтное поле, III калийный горизонт, геологоразведочные работы, сопоставление данных разведки и разработки, плотность разведочной сети, подсчет запасов.

Калийная промышленность в Беларуси развивается по пути наращивания минерально-сырьевой базы за счет вовлечения в разработку новых объектов, которые нередко существенно отличаются по своим горно-геологическим условиям от действующих рудников. Практика показала, что ввод в действие новых калийных предприятий и освоение их мощностей почти всегда сопровождается рядом осложнений. Причина этого кроется не столько в инженерных просчетах, сколько в недостаточной полноте и достоверности геологоразведочных данных, обусловленных в основном сетью разведочных скважин. Результаты геологоразведочных работ лежат в основе проектов будущих горно-обогатительных комбинатов. Одной из важнейших задач, связанных с оценкой геологических рисков при освоении новых месторождений (перспективных участков), является изучение рисков, связанных с подсчетом запасов. Для правильной оценки разведочной сети необходимо создание формализованной схемы природного объекта, допускающей проведение операций сравнения, типизации, классификации и идентификации с применением методов математической статистики.

Среди жестко связанных друг с другом вопросов методики разведки и разработки залежей калийных солей выбор оптимальной системы разведки, базирующейся на рациональной плотности разведочной сети, является одной из основных причин возникновения геологических рисков, связанных с освоением новых месторождений и прежде всего с оценкой запасов.

Получение исчерпывающей информации о горно-геологических условиях отработки месторождения или его участка определяет высокую достоверность изученности объекта и количественную оценку запасов полезного ископаемого, решает задачи минимизации рисков принятия неверных управленческих решений при недостатке необходимого количества геолого-геофизической информации, а также финансовых рисков дополнительных издержек на этапах разведки за счет неправомерного сгущения разведочной сети.

Для определения оптимальных параметров разведочной сети проводится сопоставление данных разведки и разработки. Основными задачами сравнительного анализа являются: сопоставление полноты и достоверности геологической

информации, полученной в процессе разведки (до-разведки) и разработки месторождения (участка); определение степени сходимости данных, полученных при разведке, с результатами разработки; определение причин выявленных расхождений, количественная оценка влияния этих причин на результаты подсчета запасов; совершенствование методики дальнейших разведочных работ и подсчета запасов, а также добычи и переработки минерального сырья, методики доразведки и эксплуатационной разведки месторождений. По результатам сопоставления уточняются ранее подсчитанные запасы, вносятся коррективы в методику разведки, подсчета запасов и геолого-экономическую оценку рассматриваемого объекта [1].

Старобинское месторождение относится по строению к I группе сложности и характеризуется блоковым строением. Западный и Центральный блоки со всех сторон ограничены разломами. Расположенное в пределах Восточного тектонического блока Старобинского месторождения Четвертое шахтное поле на западе ограничено Центральным разломом и примыкает к Центральному и Дарасинскому тектоническим блокам, на юге – Южной зоной разломов, Червонослободско-Малодушинским разломом и границей выклинивания калийных горизонтов, на севере – Речицко-Вишанским разломом.

III калийный горизонт распространен на всей площади шахтного поля. К настоящему времени горными работами вскрыто около 40 % площади развития продуктивного пласта.

Южная граница горизонта проходит южнее линии скважин №№ 175–165–202–185–213, где он вместе с вмещающими его породами 13-й соляной пачки замещается глинисто-мергелистой толщей. Общее погружение горизонта северо-восточное, угол падения 2–3°. Глубина залегания подошвы горизонта в пределах горного отвода изменяется от 450 м на юге до 1210 м на северо-востоке. Мощность горизонта составляет 11,8–25,2 м, причем имеет место тенденция увеличения мощности с юга на север. В разрезе горизонта выделяются три петрографические зоны (пласта): нижняя сильвинитовая (промышленная), средняя глинисто-карналлитовая и верхняя сильвинитовая.

Нижний сильвинитовый пласт (промышленный) состоит из ритмичного чередования слоев сильвинита, каменной соли и галопелитов. В его

разрезе выделяют 6 сильвинитовых слоев (1, 2, 3, 4, 5 и 6 снизу вверх) и 5 разделяющих их слоев каменной соли (1–2, 2–3, 3–4, 4–5, 5–6). Промышленный пласт включает 5 слоев – со 2 по 4. Сильвинитовые слои 1, 5 и 6 имеют незначительные мощности и не представляют промышленного интереса. Мощность промышленного пласта составляет от 2,29 м (скв. № 173) до 5,14 м (скв. № 159). Содержание хлористого калия и нерастворимого в воде остатка 15,76–35,09 % и 2,95–14,91 % соответственно.

Балансовый пласт отличается выдержанностью, отсутствием зон замещения сильвинитовых слоев (кроме зон, приуроченных к геологическим нарушениям типа «мульда погружения», разломам и границам выклинивания, которые в сумме составляют менее 1 % площади и не оказывают существенного влияния на общее разубоживание).

В условиях Старобинского месторождения солей данные разведки – это сведения, полученные бурением геологоразведочных скважин с поверхности, данные разработки – это сведения, полученные при эксплуатационной разведке путем бороздового опробования и бурения подземных скважин. Сопоставление данных разведки и разработки производилось по балансовому пласту 2–4.

Исследования выполнены согласно требованиям [1; 2], сопоставления проведены по всем подсчетным параметрам: запасам сырых солей и полезного компонента (K_2O), содержанию KCl , а также по содержанию нерастворимого в воде остатка (Н.О.).

Для сопоставления выбраны 5 участков категорий запасов А, В, C_1 и C_2 , в пределах которых проведены подземные горные работы и получены результаты эксплуатационной разведки (рис. 1). Количество запасов сырых солей в пределах исследуемых участков превышает 680 млн т, следовательно, по объему сопоставление является достаточно представительным. Общее количество пересечений составляет 330, расположенных по сети порядка 250 × 300 м. В проводившихся для подобных условий Старобинского месторождения солей научно-исследовательских работах с целью определения шага опробования для эксплуатационной разведки доказано, что представительной является квадратная сеть 500 × 500 м [3]. Следовательно, на изучаемом участке данные разработки могут считаться представительными и приниматься за истинные при сопоставлении с данными разведки.

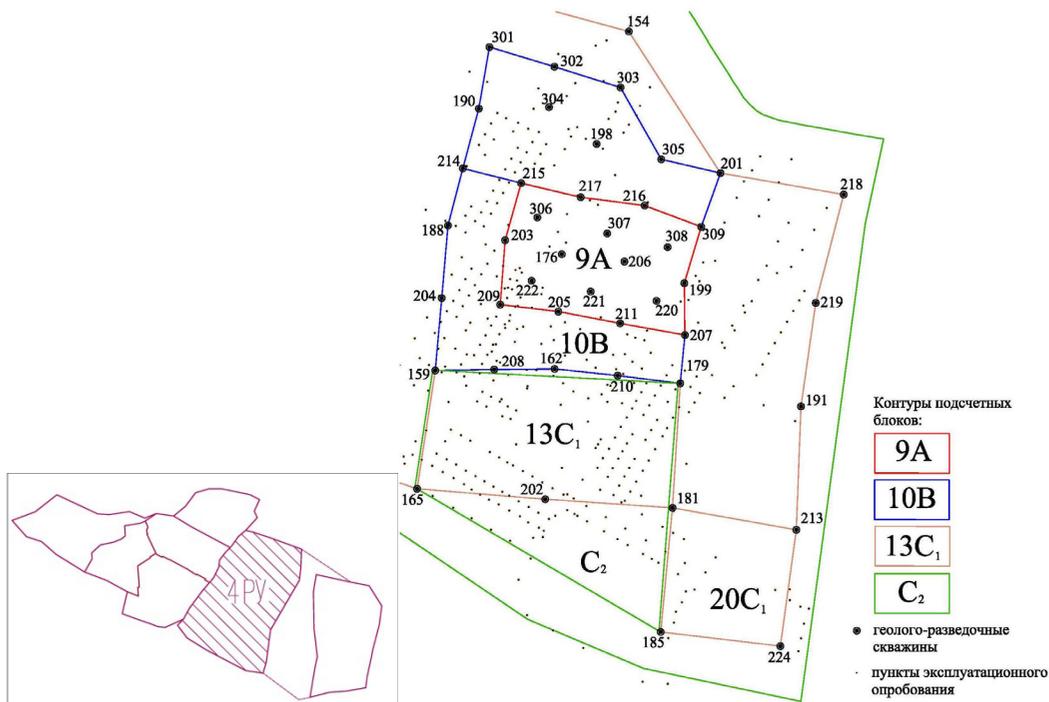


Рисунок 1 – Схема блокировки запасов Четвертого шахтного поля Старобинского месторождения солей

В таблице 1 приведены сведения о подсчетных параметрах и количестве запасов по рассматриваемым блокам.

Для определения площади блоков использовалось современное программное обеспечение и не учитывались возможные ошибки, допущенные при аналоговом методе, объемная

масса в расчетах принята одинаковой по данным эксплуатационной разведки – 2,11 т/м³. Средние значения мощности пласта по блокам определены среднearифметическим методом, без учета пространственного положения пересечений, содержание КСl и Н.О. – средневзвешенным.

Таблица 1 – Характеристики подсчетных блоков*

№ п/п	Категория запасов	№ блока (ГКЗ 1970)	Количество пересечений	Пло-щадь, тыс. м ²	Плотность разведочной сетки, ед./км ²	Среднее значение по блоку			Запасы, тыс. т	
						Мощность пласта, м	Содержание, %		Сырые соли	K ₂ O
							КСl	Н.О.		
1	А	9	$\frac{18}{37}$	12995	$\frac{1,385}{2,847}$	$\frac{4,451}{4,464}$	$\frac{26,567}{27,689}$	$\frac{6,848}{7,415}$	$\frac{116841,2}{117188,1}$	$\frac{19612,1}{20501,0}$
2	В	10	$\frac{14}{99}$	13059	$\frac{1,072}{7,581}$	$\frac{4,688}{4,592}$	$\frac{25,008}{25,805}$	$\frac{6,572}{6,615}$	$\frac{123661,9}{121128,5}$	$\frac{19538,4}{19748,5}$
3	С ₁	13	$\frac{6}{120}$	18883,4	$\frac{0,318}{6,355}$	$\frac{4,577}{4,713}$	$\frac{22,386}{22,544}$	$\frac{4,585}{4,813}$	$\frac{174574,5}{179765,3}$	$\frac{24691,0}{25604,4}$
4	С ₁	20	$\frac{4}{21}$	8870,5	$\frac{0,451}{2,367}$	$\frac{4,903}{4,818}$	$\frac{20,369}{20,882}$	$\frac{3,830}{3,890}$	$\frac{87845,0}{86332,6}$	$\frac{11304,7}{11390,0}$
5	С ₂		$\frac{4}{173}$	28336,1	$\frac{0,141}{6,105}$	$\frac{4,500}{4,674}$	$\frac{20,854}{21,612}$	$\frac{5,892}{4,338}$	$\frac{257575,1}{267517,5}$	$\frac{33936,3}{36528,8}$

* В числителе – по данным разведки, в знаменателе – по данным разработки

Согласно требованиям [4] для запасов различных категорий допустимую погрешность определения количества запасов, средней мощности рудного тела и содержания полезного компонента рекомен-

дуется принять в следующих пределах: А – 12 %, В – 20 %, С₁ – 30 %, С₂ – 50 %. По результатам сопоставления данных разведки и разработки, приведенным в таблице 2, можно сделать следующие выводы.

Таблица 2 – Расхождение данных разведки и разработки*

№ п/п	Категория запасов	№ блока (ГКЗ 1970)	Среднее значение по блоку			Запасы, тыс. т	
			Мощность пласта, м	Содержание, %		Сырые соли	K ₂ O
				KCl	H.O.		
1	A	9	$\frac{-0,013}{-0,29}$	$\frac{-1,122}{-4,05}$	$\frac{-0,567}{-7,65}$	$\frac{-346,8}{-0,30}$	$\frac{-888,8}{-4,34}$
2	B	10	$\frac{0,096}{2,09}$	$\frac{-0,797}{-3,09}$	$\frac{-0,043}{-0,65}$	$\frac{2533,4}{2,09}$	$\frac{-210,1}{-1,06}$
3	C ₁	13	$\frac{-0,136}{-2,89}$	$\frac{-0,158}{-0,70}$	$\frac{-0,228}{-4,74}$	$\frac{-5190,8}{-2,89}$	$\frac{-913,4}{-3,57}$
4	C ₁	20	$\frac{0,085}{1,76}$	$\frac{-0,513}{-2,46}$	$\frac{-0,060}{-1,54}$	$\frac{1512,4}{1,75}$	$\frac{-85,3}{-0,75}$
5	C ₂	-	$\frac{-0,174}{-3,72}$	$\frac{-0,758}{-3,51}$	$\frac{1,554}{35,82}$	$\frac{-9942,4}{-3,72}$	$\frac{-2592,5}{-7,10}$

* В числителе – абсолютное, в знаменателе – относительное, %

1. Для запасов категорий А, В и С₁ относительная погрешность определения количества запасов, средней мощности пласта и содержания КСl менее 5 %, для категории С₂ – менее 10 %, что значительно ниже предельно допустимых.

2. По всем блокам отклонения по содержанию КСl и количеству запасов по полезному компоненту имеют отрицательный знак, это говорит о систематическом занижении содержания КСl по результатам разведки. Прослеживается следующая тенденция: скважины, пробуренные в более ранний период, имеют большие отклонения от значений, полученных при эксплуатационной разведке. Это выражается в занижении содержания КСl, причиной этому могло послужить ненасыщение бурового раствора по К⁺ при бурении скважин.

3. По мощности отклонения также могут быть как в большую, так и в меньшую сторону: искривления скважин и разрушения керна обычно приводят к увеличению мощности, низкий выход керна в результате истирания или растворения – к уменьшению.

4. Для запасов категорий А, В и С₁ относительная погрешность определения содержания Н.О. менее 10 %, для категории С₂ – менее 36 %. Присутствуют отклонения как в большую (реже), так и в меньшую сторону: увеличение содержания Н.О. происходит при растворении солей ненасыщенным буровым раствором, уменьшение – в случае харак-

терного для колонкового бурения избирательного истирания керна.

Подводя итог проведенной работе, можно сказать, что выполненные на исследуемом участке разведочные работы дают достоверные результаты, которые с очень большой точностью подтверждаются результатами разработки. В то же время необходимо отметить, что увеличение плотности разведочной сети от категории С₁ к А не приводит к уменьшению отклонений, следовательно, возникает сомнение в необходимости увеличения количества скважин на этапе разведки после получения запасов категории С₁ для подобных месторождений. Как видно из результатов сопоставления, намного большее значение имеет качество бурения и выход керна, чем количество скважин. При квадратной разведочной сети 3 × 3 км, что соответствует категории С₁ для Старобинского месторождения солей [2], точность определения подсчетных параметров и количества запасов превышает 95 %, что более чем достаточно для передачи месторождения (участка) в освоение. Приведенные выше выводы имеют предварительный характер, поскольку основаны на сопоставлении данных разведки и разработки только по ІІІ калийному горизонту Четвертого шахтного поля, и требуют подтверждения при дальнейших исследованиях и проведении сопоставления для других участков и горизонтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Методические** рекомендации по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых. – М. : ФГУ КЗ, 2007.
2. **ТКП 17.04-10-2008 (02120)** «Правила применения классификации запасов к месторождениям ископаемых солей». – Введ. – 2009–04–01.
3. **Провести** исследования и актуализировать методики опробования горных пород при производстве подземных геологоразведочных работ : отчет о НИР (промежуточ.) : договор № 684.В.2014, этап 3 / ОАО «Белгорхимпром» ; рук. В. В. Савченко ; исполн. В. Э. Кутырло [и др.]. – Минск, 2015. – 154 с. – № ГР 20150120.
4. **Разработка** многофакторных моделей месторождения горно-химического сырья как основа совершенствования методики разведки (Методические указания) / Министерство геологии СССР, ВНИИГеонеруд, – Казань, 1990.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 13.02.2025

Рэцэнзент А. М. Яфімаў

СУПАСТАЎЛЕННЕ ДАНЫХ РАЗВЕДКІ І РАСПРАЦОЎКІ ІІІ КАЛІЙНАГА ГАРЫЗОНТУ ЧАЦВЁРТАГА ШАХТНАГА ПОЛЯ СТАРОБІНСКАГА РАДОВІШЧА КАЛІЙНЫХ СОЛЕЙ

С. М. Болдыраў¹, А. М. Клабук²

¹Адкрытае акцыянернае таварыства «Белгархімпрам»
вул. Шасэйная, 4, 223710, Салігорск, Беларусь
E-mail: sboldyrev@bmci.by

²Адкрытае акцыянернае таварыства «Беларуськалій»
вул. Каржа, 5, 223710, Салігорск, Беларусь

У артыкуле прыводзяцца вынікі супастаўлення даных разведкі і распрацоўкі ІІІ калійнага гарызонту Чацвёртага шахтнага поля Старобінскага радовішча солей. Вынікі работы пацвярджаюць, што метадыка разведкі радовішча, якая прымяняецца, дае дакладныя вынікі, а існуючыя разыходжанні не аказваюць істотнага ўплыву на яго наступнае асваенне. Пры правядзенні супастаўлення ўстаноўлена, што павелічэнне шчыльнасці разведачнай сеткі ад катэгорыі C_1 да A не прыводзіць да памяншэння разыходжанняў, такім чынам, узнікае сумненне ў неабходнасці павелічэння колькасці свідравін на этапе разведкі пасля атрымання запасаў катэгорыі C_1 для падобных радовішчаў. З аналізу прычын узнікнення і велічыні разыходжанняў на падліковых блоках вынікае, што максімальны ўплыў аказвае якасць свідравання і выхад керна, а не колькасць свідравін. Выкладзеныя ў артыкуле высновы маюць папярэдні характар, паколькі заснаваны на супастаўленні даных разведкі і распрацоўкі толькі па адным калійным гарызонце ў межах аднаго тэктанічнага блока, і патрабуюць пацвярджэння пры далейшых даследаваннях на іншых участках і гарызонтах.

Ключавыя словы: Старобінскае радовішча солей, Чацвёртае шахтавае поле, ІІІ калійны гарызонт, геалагаразведачныя работы, супастаўленне даных разведкі і распрацоўкі, шчыльнасць разведачнай сеткі, падлік запасаў.

COMPARISON OF EXPLORATION AND DEVELOPMENT DATA OF THE III POTASSIUM HORIZON OF THE FOURTH MINE FIELD OF THE STAROBINSKOE POTASSIUM SALT DEPOSIT

S. Boldyrev¹, A. Klubuk²

¹Joint Stock Company “Belgorkhimprom”
4 Shosseynaya St, 223710, Soligorsk, Belarus
E-mail: sboldyrev@bmci.by

²Joint Stock Company “Belaruskali”
5 Korzha St, 223710, Soligorsk, Belarus

The article presents the results of comparison of the exploration and development data of the III potash horizon of the Fourth mine field of the Starobinsky potash deposit. The results confirm that the applied methodology of exploration of the deposit gives reliable results, and the existing discrepancies do not have a significant impact on its subsequent development. During the comparison it was found that the increase in the density of the exploration network from the category C_1 to A does not lead to a decrease in discrepancies, therefore, there is a doubt in the need to increase the number of wells at the exploration stage after obtaining the reserves of category C_1 for such deposits. It follows from the analysis of the causes and magnitude of discrepancies in the counting blocks that the quality of drilling and core yield, rather than the number of wells, has the maximum influence. The conclusions presented in this article are preliminary, as they are based on the comparison of exploration and development data for only one potash horizon within one tectonic block, and need to be confirmed by further studies in other areas and horizons.

Keywords: Starobinskoye potash deposit, Fourth mine field, III potash horizon, geological exploration, comparison of exploration and development data, exploration network density, reserves estimation.

УДК 622:624.131:551.4.042 (476.5)

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗВЛЕКАЕМЫХ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС ИЗ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

А. Б. Тарбенко, А. Н. Галкин, К. С. Мальков

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

Цель работы – рассмотреть на примере одного из карьеров по добыче общераспространенных полезных ископаемых на территории Витебской области возможности использования беспилотных летательных аппаратов для точного подсчета извлекаемых объемов земляных масс, позволяющие оптимизировать процессы планирования и управления природными ресурсами.

В качестве тестового полигона для отработки методики расчетов и съемки был выбран песчаный карьер месторождения «Шалыги-1», расположенный в северной части Витебского района в 0,9 км на северо-запад от центра д. Шалыги, в 0,5 км на юг – юго-восток от центра д. Тригубицы и в 14,0 км на север от центра г. Витебска, который эксплуатируется с 2023 г.

Оценка объемов извлекаемых земляных масс была выполнена с использованием современных программных решений и технологий, что обеспечило высокую точность и эффективность анализа. В ходе работы применялись методы векторизации (Easy Trace и др.), фотограмметрического анализа (Agisoft Metashape) и геоинформационного анализа (QGIS, Аксиома), а также компьютерное моделирование на основе САПР (модуль Geonics папоCAD) и программирование решений. Исходные данные были получены в результате автоматической аэрофотосъемки с использованием камеры высокого разрешения БПЛА Phantom. В результате проведенной аэрофотосъемки карьера получен массив из 527 снимков в видимом спектре (RGB) с разрешением 2,5 см/пиксель. С помощью программы Agisoft Metashape построены ортофотоплан, модель облака точек и цифровая модель местности территории карьера. Кроме того, предварительно были рассчитаны объемы земляных масс по модели «на лету». Далее в программе QGIS производилась обработка данных о рельефе территории и их подготовка для экспорта в папоCAD Geonics. Основные расчеты проводились на базе специализированного модуля российского аналога AutoCAD – папоCAD Geonics. Построение поверхностей осуществлялось несколькими способами на базе импортированных облака точек (.las) и горизонталей (.shp). Картограммы земляных масс построены по квадратам (аналог ручного способа расчетов). Итоговые расчеты были сопоставлены с материалами традиционной наземной съемки недропользователя. Применение единых методик расчета и позиционирования позволяет говорить о том, что разница в результатах связана с более высокой точностью моделирования на основе данных беспилотной съемки. Таким образом, исходя из качества результатов в совокупности с более высоким уровнем безопасности и оперативности, можно говорить о том, что дистанционная оценка количественных параметров недропользования является предпочтительной по сравнению с традиционными методами.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БПЛА), фотограмметрия, цифровая модель рельефа (ЦМР), цифровая модель местности (ЦММ), мобильная базовая станция GNSS, полезные ископаемые, карьер, добыча, определение объемов, моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

В последние два десятилетия технологический прогресс значительно изменил подходы к производству и мониторингу в горнодобывающей промышленности. Одним из наиболее перспективных направлений стало использование фотограмметрических методов с применением беспилотных летательных аппаратов, особенно квадрокоптеров, оснащенных модулем RTK. Эти технологии позволяют

осуществлять оперативный контроль работы горного предприятия по добыче полезных ископаемых в открытых горных выработках, что является важным аспектом для повышения эффективности и безопасности производственных процессов [3; 7].

Одним из основных достоинств применения квадрокоптеров является их способность оперативно и эффективно собирать данные, что существенно уменьшает время, затрачиваемое на полевые работы. Кроме того, благодаря высокой точности,

достигаемой с использованием RTK, результаты, представленные в виде цифровых моделей, обладают высокой надежностью и могут быть использованы для последующего анализа и планирования различных исследований: технологических, инженерно-геологических, экологических и др.

В литературе можно встретить множество примеров эффективного использования квадрокоптеров в таких сферах, как землеустройство, сельское хозяйство, горное дело, строительство, экология, где они показывают свои преимущества в различных условиях и задачах. Исследования подтверждают, что применение беспилотных технологий не только повышает качество выполняемых работ, но и снижает риски, связанные с нанесением экологического ущерба, потерей дорогостоящего оборудования и другими проблемами [1; 2; 4; 6; 8; 10]. Таким образом, квадрокоптеры с RTK становятся важной частью современного подхода к различного рода исследованиям в открытых горных выработках.

В рамках реализации задания «Разработка геолого-информационной модели кайнозойских отложений территории Витебской области как основы рационального и эколого-безопасного недропользования» Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг., а также договора о сотрудничестве в выполнении научно-исследовательских работ, заключенного между Витебским областным комитетом природных ресурсов и охраны окружа-

ющей среды и Витебским государственным университетом имени П. М. Машерова, нами было проведено обследование одного из действующих песчаных карьеров в Витебском районе с целью установления возможностей использования беспилотных летательных аппаратов для точного подсчета извлекаемых объемов земляных масс, позволяющих оптимизировать процессы планирования и управления природными ресурсами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве тестового полигона для отработки методики позиционирования и съемки был выбран карьер месторождения «Шалыги-1», расположенный в северной части Витебского района в 0,9 км на северо-запад от центра д. Шалыги, в 0,5 км на юг – юго-восток от центра д. Тригубцы (рис. 1) и в 14,0 км на север от центра г. Витебска. Полезным ископаемым здесь являются песок и песчано-гравийно-валунный материал (гравийно-песчаная смесь), которые используются для дорожного и промышленно-гражданского строительства. Балансовые запасы песка и гравийно-песчаной смеси в границах выделенного земельного участка составляют 1378,00 тыс. м³, в том числе по категории В – 271,00 тыс. м³; извлекаемые геологические запасы – 716,02 тыс. м³. Эксплуатируется участок месторождение с 2023 г. [12].



Рисунок 1 – Схематическая карта расположения карьера месторождения «Шалыги-1» по добыче песка и гравийно-песчаной смеси

Оценка извлекаемых объемов земляных масс проводилась с использованием современного программного обеспечения (ПО) и технологий, что гарантировало высокую точность и эффективность анализа. В процессе работы применялись как российские решения, такие как Agisoft Metashape

и nanoCAD Geonics, так и свободно распространяемое ПО, в частности QGIS.

Agisoft Metashape позволил создать высококачественные 3D-модели местности на основе фотограмметрических данных, что значительно упростило процесс визуализации и анализа объемов

земляных работ. NanoCAD Geonics, в свою очередь, обеспечил возможность выполнения геодезических расчетов и создания детализированных планов, что также способствовало более точной оценке объемов.

Для сбора данных использовался беспилотный комплекс Phantom производства KНР. Этот БПЛА обеспечил высокую мобильность и возможность быстрого получения аэроснимков, что является ключевым фактором для эффективной оценки земляных работ.

Аэросъемка была проведена в автоматическом режиме с использованием рекогносцировочных настроек, что позволило эффективно организовать процесс даже в сложных метеорологических условиях. Температура воздуха во время съемки составляла менее 5 °С, наблюдались порывы ветра до 12 м/с, а также слабый дождь, что создавало определенные трудности для выполнения задачи.

Съемка осуществлялась на высоте 60 метров, что обеспечивало высокое разрешение изображений в 2,5 см/пиксель. Для достижения необходимого качества и полноты данных было выбрано наложение снимков на уровне 70 % по обоим осям, что способствовало созданию детализированной модели местности.

Позиционирование материалов съемки осуществлялось с использованием RTK, GPS и оптических систем беспилотного летательного аппарата (БПЛА), что обеспечивало достаточную точность геопривязки полученных данных. Для проверки

и верификации результатов аэросъемки были использованы данные землепользователя, полученные через базовую мобильную станцию GNSS. Сравнение результатов позволило оценить точность и надежность полученных изображений, а также подтвердить их соответствие требованиям проекта.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Получение данных об объемах карьерных выработок с целью оценки их соответствия нормативным параметрам достаточно трудоемкий процесс, если речь идет о наземной съемке оработанного участка. Основная задача эксперимента состояла в подборе программно-технического обеспечения и демонстрации возможностей дистанционного контроля морфометрических параметров земляных работ по сравнению с традиционными методами. Отметим, что сравнение проводилось на основе одномоментного и одинакового по времени осуществления полевых работ двумя способами (наземный и беспилотный).

В результате съемки, проведенной в течение 50 минут при неблагоприятных погодных условиях, был получен массив данных из 527 снимков в видимом спектре (RGB) с разрешением 2,5 см/пиксель. Первичная обработка данных проводилась с помощью программы Agisoft Metashape. Используя инструментарий программы, были последовательно построены модель, облако точек, ЦММ и ортофотоплан территории карьера (рис. 2).



Рисунок 2 – Результаты обработки данных аэрофотосъемки в Agisoft Metashape

Agisoft Metashape предлагает весь спектр возможностей, необходимых для оценки объемов земляных работ. Используя инструменты вкладки «Модель», предварительно убрав лишние участки модели, автоматически рассчитывались объем и площадь карьера (рис. 3). Результаты, полученные таким способом, согласно данным из различных источников признаются и активно применяются в официальных документах земле-

пользователями. Однако автоматизированный неконтролируемый процесс создания вспомогательных поверхностей при формировании закрытых фигур для оценки объемов может привести к значительным ошибкам, особенно при работе со сложными многоуровневыми объектами, такими как карьерные разработки.

Одна из возможных альтернатив – это измерение объемов внутри Agisoft Metashape не на осно-

ве полигональной модели, а на основе карты высот. К сожалению, если площадь основания измеряемого объема велика и основание имеет большой угол относительно горизонта, ошибки измерения и здесь оказываются весьма значительными [11].

По нашему мнению, для достижения результатов заданной точности и обеспечения возможности их использования как основы для инженерных и иных изысканий необходимо привлечение дополнительного программного обеспечения.

В рамках проведенных исследований использовался модуль Geonics системы автоматизированного проектирования nanoCAD. Программа позволяет готовить модель к расчетам по настраиваемым параметрам, применяет для построения картограмм (расчета объемов) стандартные методики, соответствующие ГОСТам, и, кроме прочего, предоставляет возможность бесплатного использования в рамках учебной и научной деятельности.

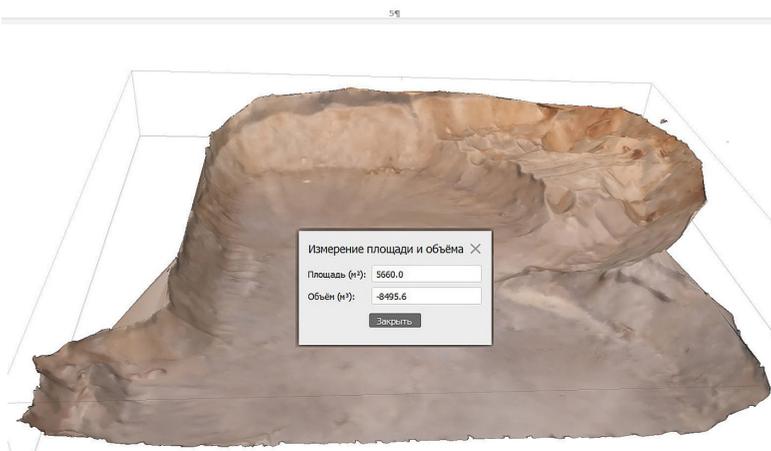
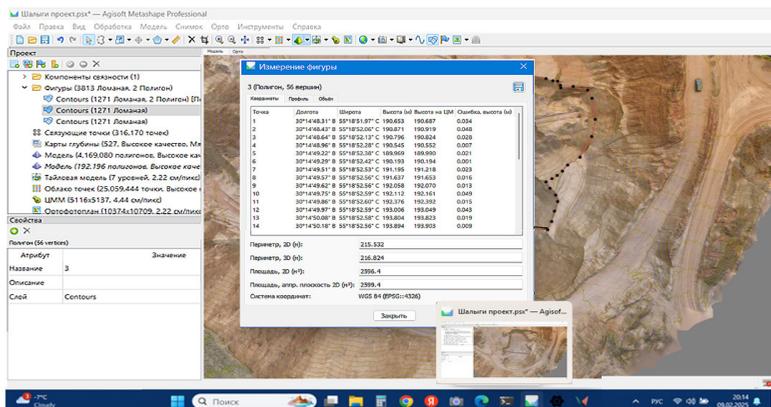


Рисунок 3 – Расчет площади и объема выемок в Agisoft Metashape

С целью последующего использования данных, полученных в Agisoft Metashape, облако точек и цифровая модель местности сохранялись в общепринятых форматах, совместимых с геоинформационными системами и системами автоматизированного проектирования, таких как .GeoTIFF и .las. Однако высокая точность данных, полученных с помощью беспилотной съемки, приводит к их значительному объему и предъявляет высокие требования к аппаратному обеспечению для дальнейшей работы [9]. Существует несколько способов адаптации данных к техническим возможностям исследователя, включая использование внутренних инструментов nanoCAD Geonics (например, уменьшение

плотности облака точек при экспорте) и преобразование данных с помощью функций геоинформационных систем.

В качестве примера можно привести создание горизонталей на основе данных ЦММ в ГИС и их последующий экспорт в САПР. Хотя горизонтали также можно формировать с использованием Agisoft Metashape, мы считаем, что для работы с геоданными более эффективно использовать инструменты геоинформационных систем. Поэтому обработка информации о рельефе местности и подготовка ее для экспорта в nanoCAD Geonics была выполнена в программе QGIS (рис. 4).

КАРИСНЫЯ ВЫКАПНІ

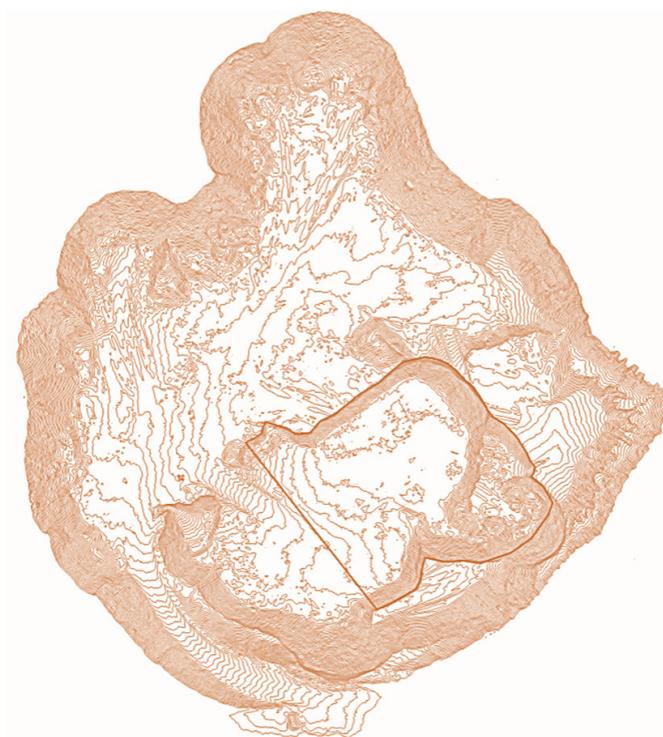


Рисунок 4 – Массив горизонталей, построенный по данным БПЛА в QGIS

На основе импортированных горизонталей в nanoCAD Geonics были построены поверхности для расчета объемов выемки и насыпи. Особое внимание на данном этапе необходимо уделить построению отсекающей поверхности, т. к. именно ее некорректные параметры могут привести к ошибочным результатам. Используя вкладку «Картограмма» модуля «Вертикальная

планировка», были выполнены итоговые построения и расчеты объемов и площадей земляных работ. Картограммы земляных масс строились по квадратам – аналог ручного способа расчетов (рис. 5). Программа имеет еще более точный вариант расчетов по призмам, но поскольку ГОСТ предполагает первый метод [5], то большинство изыскателей использует именно его.

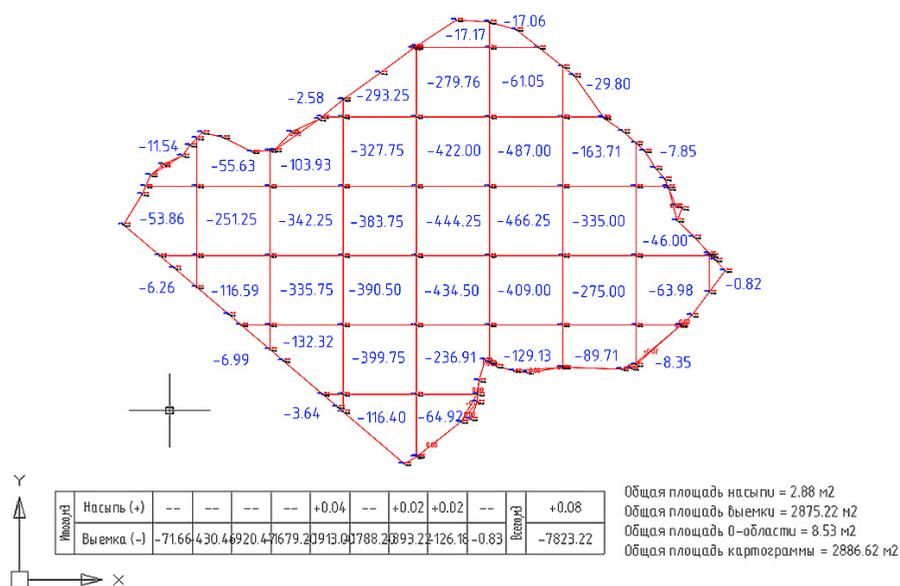


Рисунок 5 – Картограмма расчета земляных масс выемки

На основе сравнения полученных данных с информацией землепользователя можно сделать следующие выводы. Во-первых, точность моделей, созданных с использованием беспилотной съемки, значительно превышает результаты, полученные в ходе наземных работ (рис. 6), что также отражается на большей точности

итоговых расчетов. Во-вторых, эффективность, скорость и безопасность работ, основанных на беспилотной съемке, также выше. Тем не менее наилучший результат можно достичь, объединив планово-высотную основу, созданную в результате наземных измерений, с данными беспилотной съемки.

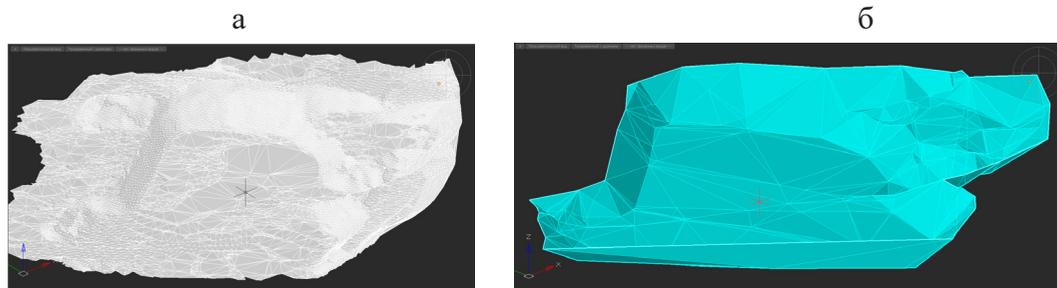


Рисунок 6 – Поверхности для расчета объемов выемки, построенные по данным: а) беспилотной съемки и б) наземных измерений

Применение современных беспилотных комплексов для замены наземных измерений и мультипрограммный подход к расчетам имеют свои особенности. При анализе результатов и сравнении данных из различных источников важным аспектом является выбор проекций и системы координат модели. Большинство картографических материалов в настоящее время создаются в широко используемой проекции WGS 84, в то время как расчеты и построения для землепользователя в рамках эксперимента выполнялись с использованием СК63 и проекции Гаусса-Крюгера. Это привело к необходимости перепроецирования материалов. Все программы, примененные в проекте, предлагают инструменты для перепроецирования, однако алгоритмы их реализации различаются, что может привести к искажениям в результатах. Кроме того, в современных условиях важно перейти на российское и свободно доступное программное обеспечение, что позволит решать инженерно-экологические задачи по контролю выполнения норм недропользования независимо от внешних геополитических и иных факторов.

ВЫВОДЫ

Применение современных беспилотных технологий, оснащенных высокоточными система-

ми позиционирования и совмещенных с мультипрограммной обработкой дистанционных данных, представляет собой весьма перспективный подход для оценки объемов земляных работ. Это необходимо для контроля соблюдения экологических и инженерно-технических норм недропользователями, а также для оценки воздействия объектов на окружающую среду и проведения экологической экспертизы проектов. Высокое качество, скорость, эффективность, легитимность и безопасность получаемых результатов обеспечиваются за счет следующих факторов:

- наличия трехуровневой системы позиционирования, которая включает RTK, GPS/ГЛОНАСС и оптическую навигацию;
- высокой разрешающей способности и стабилизации съемочного оборудования;
- возможности дистанционной работы в труднодоступных и опасных местах;
- широкого диапазона погодных условий, при которых возможно выполнение работ;
- использования специализированного лицензионного программного обеспечения российского производства или свободно распространяемого на всех этапах работы;
- применения стандартных методик в расчетах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Алгоритмическое** и программное обеспечение с применением беспилотных летательных аппаратов для оценки остатков угля на открытых складах / О. В. Тайлаков [и др.] // Уголь. – 2015. – № 2. – С. 68–71.
2. **Волошина, Е. А.** Обоснование применения беспилотных летательных аппаратов для определения объема складов полезного ископаемого / Е. А. Волошина, С. Ю. Новоженин, С. К. Келехсаев // Горный

информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 11-1. – С. 305–321. – DOI : 10.25018/0236_1493_2023_111_0_305.

3. **Вьюнов, М. В.** Оценка использования возможности применения аэрофотосъёмочных БПЛА для учета горных работ при добыче полезных ископаемых [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://config.com/files/pdf/презентации_2017/Вьюнов.pdf. – Дата доступа: 04.03.2025.

4. **Гафуров, А. М.** Возможности использования беспилотного летательного аппарата для оценки почвенной и овражной эрозии / А. М. Гафуров // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2017. – Т. 159, кн. 4. – С. 654–667.

5. **ГОСТ 21.508–2020.** Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов. – М. : Стандартинформ. – 2020. – 38 с.

6. **Золкин, А. Л.** Цифровой мониторинг агроэкосистем на основе космических и беспилотных технологий как основа органического земледелия / А. Л. Золкин, Е. В. Матвиенко, Ю. В. Осоргин. – М., 2023. – 66 с.

7. **Зуев, Н. А.** Использование беспилотных авиационных систем при проведении маркшейдерских работ на разработках открытого типа / Н. А. Зуев, Е. А. Кобзева // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2018. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 9 т. Новосибирск, 23–27 апр. 2018 г. – Новосибирск : СГА, 2018. – Т. 1. – С. 26–33.

8. **Катаев, М. Ю.** Анализ практических возможностей применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / М. Ю. Катаев, О. А. Пасько, Е. Ю. Карташов // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 1 (190). – С. 54–62.

9. **Колесатова, О. С.** Использование БПЛА для съёмки объектов открытых горных работ / О. С. Колесатова, А. В. Красавин // Глобус: геология и бизнес. – № 4 (63). – 2020. – С. 124–126.

10. **Реализация** возможностей использования беспилотных летательных аппаратов в горном деле / И. А. Гришин [и др.] // Уголь. – 2022. – № 5. – С. 36–41. – DOI: 10.18796/0041-5790-2022-5-36-41.

11. **Следюк, Д.** Подсчет объемов с применением дронов. Ожидания и реальность // Взгляд с небес [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://aerophoto.com.ua/2022/01/18/drone-volume-counting/>. – Дата доступа: 04.02.2025.

12. **Уведомление** о планируемой деятельности. Планируемая деятельность: «Разработка и рекультивация месторождения песчано-гравийно-валунного материала (гравийно-песчаной смеси) и песка Шалыги (северо-западная часть) Витебского района Витебской области, строительства и обслуживания подъездной автомобильной дороги к нему Витебского района Витебской области. Внесение изменений». Общественные обсуждения [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://vitebsk.vitebsk-region.gov.by/ru>. – Дата доступа: 04.02.2025.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 05.03.2025

Рэцэнзент А. І. Паўлоўскі

ПРЫМЯНЕННЕ БЕСПІЛОТНЫХ ЛЯТАЛЬНЫХ АПАРАТАЎ ДЛЯ ВЫЗНАЧЭННЯ ЗДАБЫВАЕМЫХ АБ'ЁМАЎ ЗЕМЛЯНЫХ МАС З АДКРЫТЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБАТАК

А. Б. Тарбенка, А. М. Галкін, К. С. Малькоў

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

Мэта работы – разгледзець на прыкладзе аднаго з кар'ераў па здабычы агульнараспаўсюджаных карысных выкапняў на тэрыторыі Віцебскай вобласці магчымасці выкарыстання беспілотных лятальных апаратаў для дакладнага падліку здабываемых аб'ёмаў земляных мас, якія дазваляюць аптымізаваць працэсы планавання і кіравання прыроднымі рэсурсамі. У якасці тэставага палігона для адпрацоўкі метадыкі разлікаў і здымкі быў выбраны пясчаны кар'ер радовішча «Шалыгі-1», размешчаны ў паўночнай частцы Віцебскага раёна за 0,9 км на паўночны захад ад цэнтра в. Шалыгі, за 0,5 км на поўдзень – паўднёвы ўсход ад цэнтра в. Трыгубцы і за 14,0 км на поўнач ад цэнтра г. Віцебска, які эксплуатаецца з 2023 года. Ацэнка аб'ёмаў здабываемых земляных мас была выканана з выкарыстаннем сучасных праграмных рашэнняў і тэхналогій, што забяспечыла высокую дакладнасць і эфектыўнасць аналізу. У ходзе работы прымяняліся метады вектарызацыі (Easy Trace і інш.), фотаграмэтрычнага аналізу (Agisoft Metashape) і геаінфармацыйнага аналізу (QGIS, Аксіёма), а таксама камп'ютарнае мадэляванне на аснове САПР (модуль Geonics

КАРЫСНЫЯ ВЫКАПНІ

папоCAD) і праграмаванне раішэнняў. Зыходныя даныя былі атрыманы ў выніку аўтаматычнай аэрафотаздымкі з выкарыстаннем камеры высокага разрознення БПЛА Phantom. У выніку праведзенай аэрафотаздымкі кар'ера атрыманы масіў з 527 здымкаў у бачным спектры (RGB) з разрозненнем 2,5 см/піксель. З дапамогай праграмы Agisoft Metashape пабудаваны артафотоплан, мадэль, воблака кропак і лічбавая мадэль мясцовасці тэрыторыі кар'ера. Акрамя таго, папярэдне былі разлічаны аб'ёмы земляных мас па мадэлі «на ляту». Далей у праграме QGIS праводзілася апрацоўка даных аб рэльефе тэрыторыі і іх падрыхтоўка для экспарту ў папоCAD Geonics. Асноўныя разлікі праводзіліся на базе спецыялізаванага модуля расійскага аналага AutoCAD – папоCAD Geonics. Пабудова паверхняў ажыццяўлялася некалькімі спосабамі на базе імпартаваных аб'ектаў кропак (.las) і гарызанталей (.shp). Картаграмы земляных мас пабудаваны па квадратах (аналаг ручнога спосабу разлікаў). Выніковыя разлікі былі супастаўлены з матэрыяламі традыцыйнай наземнай здымкі нетракарыстальніка. Выкарыстанне адзіных метадык разліку і пазіцыянавання дазваляе гаварыць аб тым, што розніца ў выніках звязана з больш высокай дакладнасцю мадэлявання на аснове даных беспілотнай здымкі. Такім чынам, зыходзячы з якасці вынікаў у сукупнасці з больш высокім узроўнем бяспекі і аператыўнасці, можна гаварыць аб тым, што дыстанцыйная ацэнка колькасных параметраў нетракарыстання з'яўляецца пераважнай у параўнанні з традыцыйнымі метадамі.

Ключавыя словы: беспілотны лятальны апарат (БПЛА), фотаграметрыя, лічбавая мадэль рэльефу (ЛМР), лічбавая мадэль мясцовасці (ЛММ), мабільная базавая станцыя GNSS, карысныя выкапні, кар'ер, здабыча, вызначэнне аб'ёмаў, мадэляванне.

USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES TO DETERMINE EXTRACTED VOLUMES OF EARTH MASS FROM OPEN MINING

A. Torbenko, A. Galkin, K. Ma'kov

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

The purpose of the work is to consider, using the example of one of the quarries for the extraction of common minerals in the Vitebsk region, the possibilities of using unmanned aerial vehicles to accurately calculate the volumes of extracted earth masses, allowing to optimize the processes of planning and management of natural resources. The sand quarry of the Shalygi-1 deposit, located in the northern part of the Vitebsk region, 0,9 km northwest of the center of the village of Shalygi, 0,5 km south-southeast of the center of the village of Trigubtsy and 14,0 km north of the center of Vitebsk, which has been in operation since 2023, was chosen as a test site for practicing the calculation and survey methodology. The assessment of the volumes of extracted earth masses was carried out using modern software solutions and technologies, which ensured high accuracy and efficiency of the analysis. The work involved the use of vectorization methods (Easy Trace, etc.), photogrammetric analysis (Agisoft Metashape), and geoinformation analysis (QGIS, Axiom), as well as computer modeling based on CAD (Geonics nanoCAD module) and solution programming. The initial data were obtained as a result of automatic aerial photography using a high-resolution camera of the Phantom UAV. As a result of the aerial photography of the quarry, an array of 527 images was obtained in the visible spectrum (RGB) with a resolution of 2.5 cm/pixel. Using the Agisoft Metashape program, an orthophotoplan, model, point cloud, and digital terrain model of the quarry territory were built. In addition, the volumes of earth masses were preliminarily calculated using the model "on the fly". Then, in the QGIS program, the data on the terrain of the territory was processed and prepared for export to nanoCAD Geonics. The main calculations were carried out on the basis of a specialized module of the Russian analogue of AutoCAD – nanoCAD Geonics. The construction of surfaces was carried out in several ways based on imported point clouds (.las) and contours (.shp). Cartograms of earth masses were constructed by squares (analogous to the manual calculation method). The final calculations were compared with the materials of the traditional ground survey of the subsoil user. The use of unified calculation and positioning methods allows us to say that the difference in the results is due to the higher accuracy of modeling based on unmanned survey data. Thus, based on the quality of the results in combination with a higher level of safety and efficiency, we can say that remote assessment of quantitative parameters of subsoil use is preferable compared to traditional methods.

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV), photogrammetry, digital elevation model (DEM), digital terrain model (DTM), mobile GNSS base station, minerals, quarry, mining, volume determination, modeling.

КАРОТКІЯ ПАВЕДАМЛЕННІ

UDC 567+551.791:734.5 (476.1)

ON THE FINDINGS OF REDEPOSITED REMAINS OF THE DEVONIAN ICHTHYOFAUNA
IN THE QUATERNARY DEPOSITS IN THE VICINITY
OF STARIYE DOROGI (MINSK REGION, BELARUS)

D. Plax

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

To date, evidence on the findings of redeposited remains of the Devonian ichthyofauna in Quaternary deposits in the territory of Belarus is presented in only two papers [4; 5]. In the paper by D. P. Plax, published in 2014 [4], data were presented on the findings of redeposited skeletal elements of the Devonian vertebrates in the Pleistocene deposits from two locations within the Minsk region: in a sandy quarry near the town of Stariye Dorogi and in a sandy quarry in the vicinity of the

settlement of Fanipol. In the paper by D. P. Plax and V. V. Melnikov, published in 2023 [5], evidences were presented on the findings of redeposited remains of the Devonian ichthyofauna in the Quaternary deposits in the vicinity of the city of Mogilev, namely, in the sandy quarry "Pavlovskoe".

This paper is devoted to recent discoveries of redeposited remains of Devonian ichthyofauna in the Pleistocene deposits of the Quaternary system in the vicinity of the town of Stariye Dorogi (Text-figure 1).



Text-figure 1 – Location of place of the finding of the redeposited Devonian ichthyofauna in the Quaternary deposits in the territory of Belarus: 1 – place of the finding of the redeposited Devonian ichthyofauna in the Quaternary deposits; 2 – frontiers

This is the second location with findings of redeposited remains of the Devonian ichthyofauna made in the vicinity of this town. The new location (Stariye Dorogi 2) is situated approximately 1,4 km northeast of School № 1 in Stariye Dorogi. It is a section of exposed clayey sands with inclusions of gravel, pebbles and boulders in the riverbed of a drainage channel. A relatively large piece of light-grey clayey limestone was found here. This piece is dense, cryptocrystalline, weakly dolomitized, unclearly layered and has weakly expressed brown spots and streaks. On the surface of this limestone, small fragmentary scales of ichthyofauna were clearly visible. Subsequently, this rock was subjected to dissolution with 9–10 % acetic acid, which made it possible to establish in it, in addition to small fragments of scales, quite a lot of different micromeric skeletal elements of ichthyofauna and a few remains of invertebrates and plants. The remains extracted from the rock were studied using a stereoscopic binocular microscope MBS-1 and a scanning electron microscope JSM-5610 LV (JEOL, Japan). Fossil identification was based mainly on the study of their morphology. Below we will consider in more detail what was revealed in the found rock fragment.

So, in a piece of weakly dolomitized clayey limestone were found several ostracod valves, not very numerous small fragmented shells of inarticulate brachiopods, two oogonia of *Sycidium* sp., rare small detritus of carbonized plant remains, two dentine tubercles of *Psammosteoides* indet., one scale of *Chondrichthyes* indet., single discrete scales of *Diplacanthus* sp., *Ptychodictyon* sp., *Rhadinacanthus primaris* Valiukevičius, 1986 [7], *Cheiracanthus* cf. *splendens* Gross, 1973 [2], rather numerous isolated scales of *Cheiracanthus* sp., *C. gibbosus* Valiukevičius, 1986 [7], *C. brevicostatus* Gross, 1973 [2], *Acanthodes* ? sp., *Acanthodii* gen. et sp. indet., rare scattered fragments of fin spines of *Acanthodii* gen. indet., one element of the submandibular series, single isolated fragments of scales of *Osteolepididae* gen. indet., not numerous discrete scale fragments of *Onychodontiformes* indet., *Porolepiformes* indet., *Sarcopterygii* indet., *Sarcopterygii* indet., indefinable skeletal element fragments and lepidotrichia of *Sarcopterygii* indet., a few scattered teeth of *Onychodontiformes* indet., *Sarcopterygii* indet. and

single fragments of scales and teeth of *Actinopterygii* indet. (Plates I, II, III and IV).

The organic remains extracted from the rock piece are characterized by a predominantly satisfactory, and to a lesser extent, good preservation of specimens. Most of the remains collected from the soluble sediment are highly fragmentary, worn out, cracked and rounded, with the exception of single ostracod valves, two oogonia of charophytes, as well as some acanthodian scales and sarcopterygian teeth, which are characterized by relatively good preservation and insignificant roundness. Such preservation of organic remains may indicate, in all likelihood, their rather lengthy mechanical transportation before burial, as well as their subsequent transformations in the process of fossilization and lithification.

Based on the remains of ichthyofauna found in the weakly dolomitized clayey limestone, it can be concluded that this rock can be dated to the Lepelian-Adrovian time interval. If the dating is carried out more precisely, then its age, in all likelihood, can still correspond to the Adrovian time [6]. Similar taxa of ichthyofauna and oogonia of charophytes, for example, are well known from the deposits of the Pärnu Regional Stage of the Eifelian of the Main Devonian Field [1, 3, 8].

In conclusion, it would not be superfluous to note that, according to the classification of T. B. Yanin [9], the discovered rock with organic remains belongs to the glacial type of redeposition. It could very likely have been moved by a glacier in the Pleistocene time from the current territory of the Baltic states or the northwestern part of Russia, where the Pärnu deposits are widely developed and currently in places exposed to the surface.

The author of the paper expresses deep gratitude to Dr. Yu. V. Zaika (State enterprise "GEOSERVIS") for the material containing the remains of the Devonian ichthyofauna provided for study, and is also grateful to V. G. Lugin (Belarusian State Technological University, Center for Physical and Chemical Research) for assistance in photographing organic remains on an electron microscope and to Dr. R.B. Blodgett for assistance in editing the manuscript text in English.

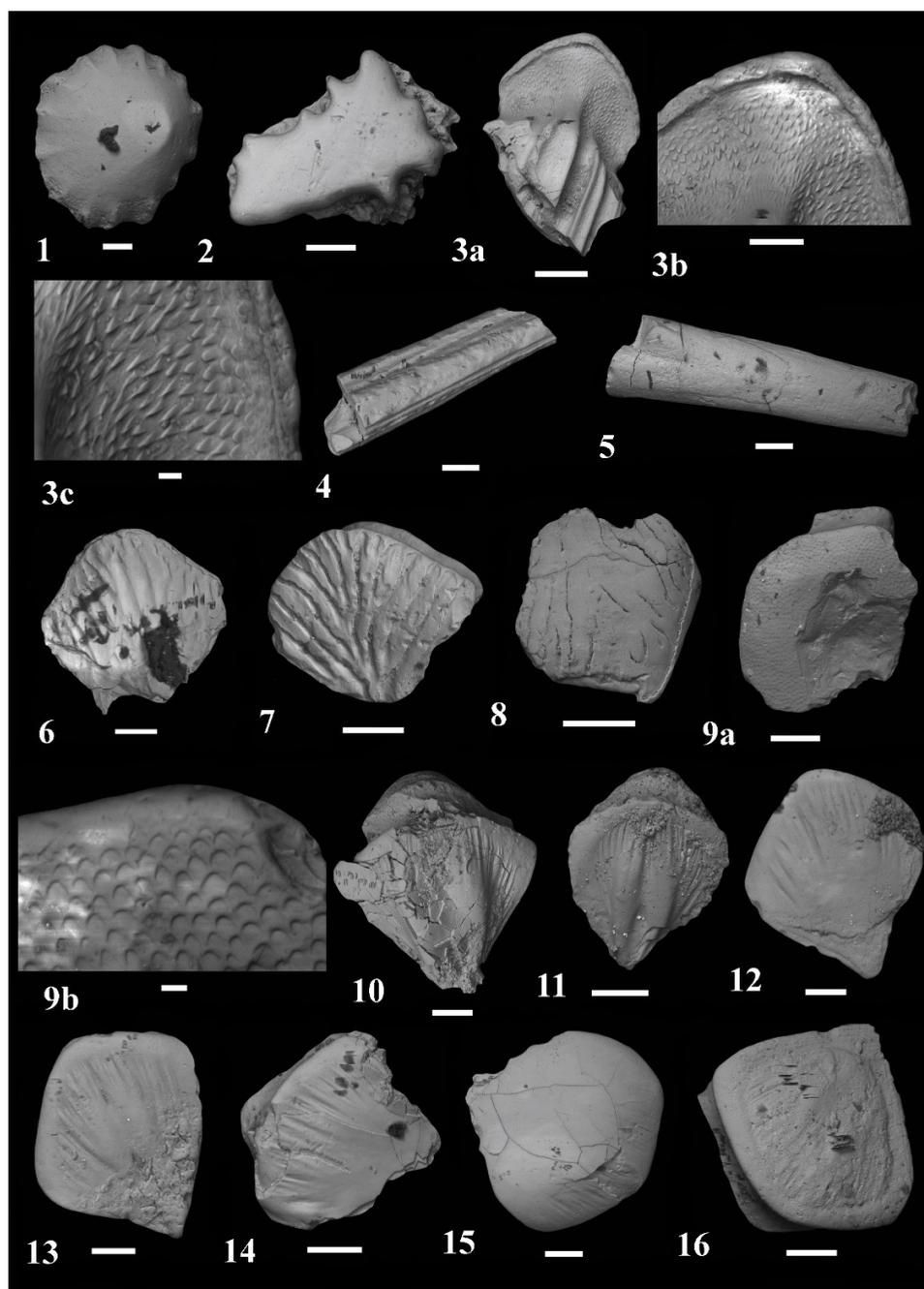


Plate I – Heterostracan tubercles, chondrichthyan and acanthodian scales extracted from clayey limestone found in the Quaternary deposits outcropping in the riverbed of a drainage channel near Stariye Dorogi, Minsk Region. Scale bar of 10 μm for Figures 3c and 9b; 50 μm for Figures 3b, 12 and 13; 100 μm for Figures 1, 2, 3a, 4, 6, 7, 8, 9a, 10, 11, 14, 15 and 16; 200 μm for Figure 5

Figure 1 – *Psammosteoides* indet. Specimen № 175/1-38, dentine tubercle, $\times 100$, top view. Figure 2 – *Psammosteoides* indet. Specimen № 175/1-56, dentine tubercle, $\times 170$, top view. Figure 3 – *Chondrichthyes* indet. Specimen № 175/1-31, scale fragment: a – crown view, $\times 180$; b and c – close-up of the anterior part of the surface of the scale base, $\times 500$ and $\times 1000$. Figure 4 – *Acanthodii* gen. indet. Specimen № 175/1-70, fragment of fin spine, $\times 100$, lateral view. Figure 5 – *Acanthodii* gen. indet. Specimen № 175/1-44, fragment of fin spine, $\times 60$, lateral view. Figure 6 – *Rhadinacanthus primaris* Valiukevičius, 1986. Specimen № 175/1-74, scale, $\times 150$, crown view. Figure 7 – *Diplacanthus* sp. Specimen № 175/1-18, scale, $\times 200$, crown view. Figure 8 – *Ptychodictyon* sp. Specimen № 175/1-67, scale, $\times 250$, crown view, the surface of the crown is worn. Figure 9 – *Cheiracanthus* cf. *splendens* Gross, 1973. Specimen № 175/1-45, scale fragment: a – crown view, $\times 170$; b – close up of crown, $\times 1000$. Figure 10 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius, 1986. Specimen № 175/1-64, scale, $\times 150$, crown view. Figure 11 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiuk. Specimen № 175/1-72, scale, $\times 200$, crown view. Figure 12 – *Cheiracanthus brevicostatus* Gross, 1973. Specimen № 175/1-35, scale, $\times 300$, crown view. Figure 13 – *Cheiracanthus brevicostatus* Gross, 1973. Specimen № 175/1-30, scale, $\times 300$, crown view. Figure 14 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 175/1-36, scale fragment, $\times 200$, crown view. Figure 15 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 175/1-32, scale fragment, $\times 140$, crown view. Figure 16 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 175/1-24, scale fragment, $\times 200$, crown view, the surface of the crown is worn

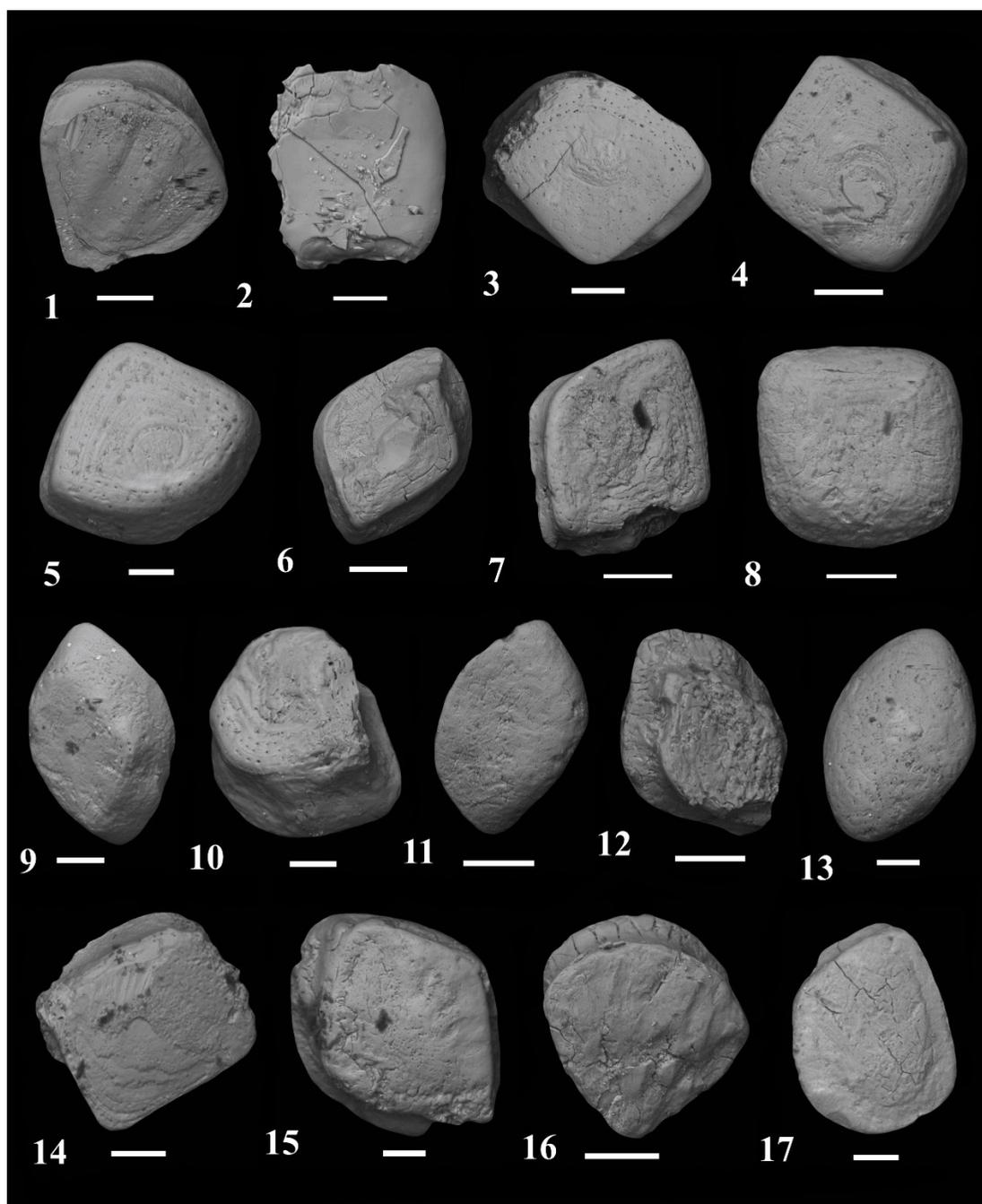


Plate II – Acanthodian scales extracted from clayey limestone found in the Quaternary deposits outcropping in the riverbed of a drainage channel near Stariye Dorogi, Minsk Region. Scale bar of 50 for Figures 2, 5, 10, 13, 15 and 17; 100 μm for Figures 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14 and 16

Figure 1 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 175/1-69, scale, $\times 200$, crown view, the surface of the crown is worn. Figure 2 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 175/1-34, scale, $\times 350$, crown view. Figure 3 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 175/1-19, scale, $\times 150$, crown view. Figure 4 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 175/1-20, scale, $\times 250$, crown view. Figure 5 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 175/1-52, scale, $\times 300$, crown view. Figure 6 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 175/1-75, scale, $\times 200$, crown view, the surface of the crown is worn. Figure 7 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 175/1-37, scale, $\times 250$, crown view. Figure 8 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 175/1-21, scale, $\times 200$, crown view, the surface of the crown is worn. Figure 9 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 175/1-33, scale, $\times 150$, oblique crown view. Figure 10 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 175/1-65, scale, $\times 300$, crown view. Figure 11 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 175/1-43, scale, $\times 250$, basal view. Figure 12 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 175/1-79, scale, $\times 250$, crown view, the surface of the crown is worn. Figure 13 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 175/1-42, scale, $\times 300$, basal view. Figure 14 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 175/1-77, scale, $\times 200$, crown view, the surface of the crown is worn. Figure 15 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 175/1-26, scale, $\times 300$, crown view, the surface of the crown is worn. Figure 16 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 175/1-22, scale, $\times 250$, crown view, the surface of the crown is worn. Figure 17 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 175/1-85, scale, $\times 300$, crown view, the surface of the crown is worn

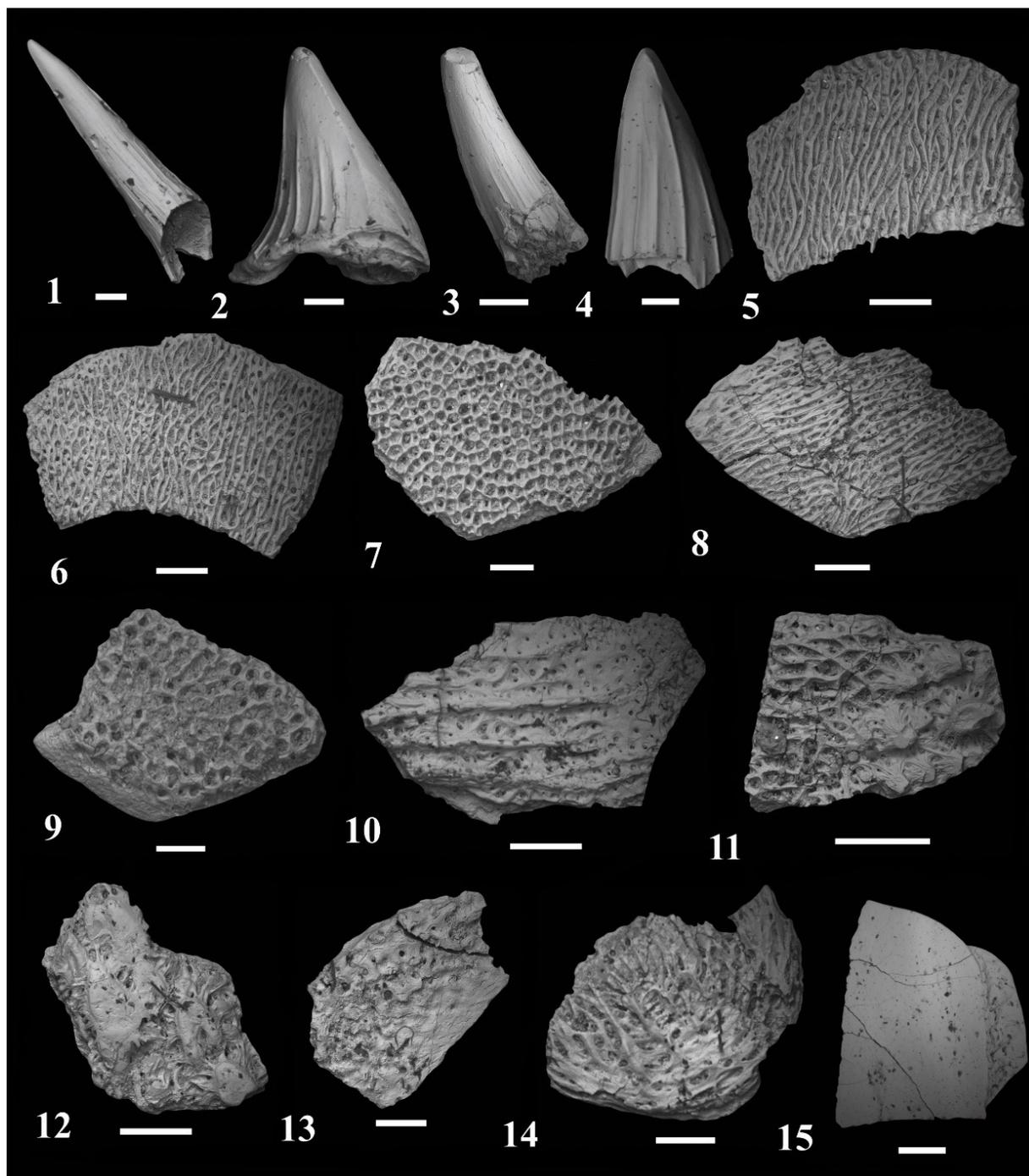


Plate III – Sarcopterygian remains extracted from clayey limestone found in the Quaternary deposits outcropping in the riverbed of a drainage channel near Stariye Dorogi, Minsk Region. Scale bar of 100 μm for Figures 1 and 4; 200 μm for Figures 2, 7, 9 and 13; 500 μm for Figures 3, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 14 and 15

Figure 1 – Sarcopterygii indet. Specimen № 175/1-1, tooth, $\times 100$, lateral view. Figure 2 – Sarcopterygii indet. Specimen № 175/1-2, tooth, $\times 85$, lateral view. Figure 3 – Sarcopterygii indet. Specimen № 175/1-3, tooth, $\times 43$, lateral view. Figure 4 – Sarcopterygii indet. Specimen № 175/1-63, tooth, $\times 150$, lateral view. Figure 5 – Sarcopterygii indet. Specimen № 175/1-5, scale fragment, $\times 35$, external view. Figure 6 – Sarcopterygii indet. Specimen № 175/1-4, scale fragment, $\times 35$, external view. Figure 7 – Sarcopterygii indet. Specimen № 175/1-55, scale fragment, $\times 75$, external view. Figure 8 – Sarcopterygii indet. Specimen № 175/1-82, scale fragment, $\times 35$, external view. Figure 9 – Sarcopterygii indet. Specimen № 175/1-62, skeletal element fragment, $\times 85$, external view. Figure 10 – Probably Porolepiformes indet. Specimen № 175/1-60, scale fragment, $\times 45$, external view. Figure 11 – Onychodontiformes indet. Specimen № 175/1-59, scale fragment, $\times 50$, external view. Figure 12 – Sarcopterygii indet. Specimen № 175/1-16, scale fragment, $\times 50$, external view. Figure 13 – Sarcopterygii indet. Specimen № 175/1-11, indefinable skeletal element fragment, $\times 90$, external view. Figure 14 – Sarcopterygii indet. Specimen № 175/1-7, scale fragment, $\times 40$, external view. Figure 15 – Osteolepididae gen. indet. Specimen № 175/1-85, scale fragment, $\times 37$, external view

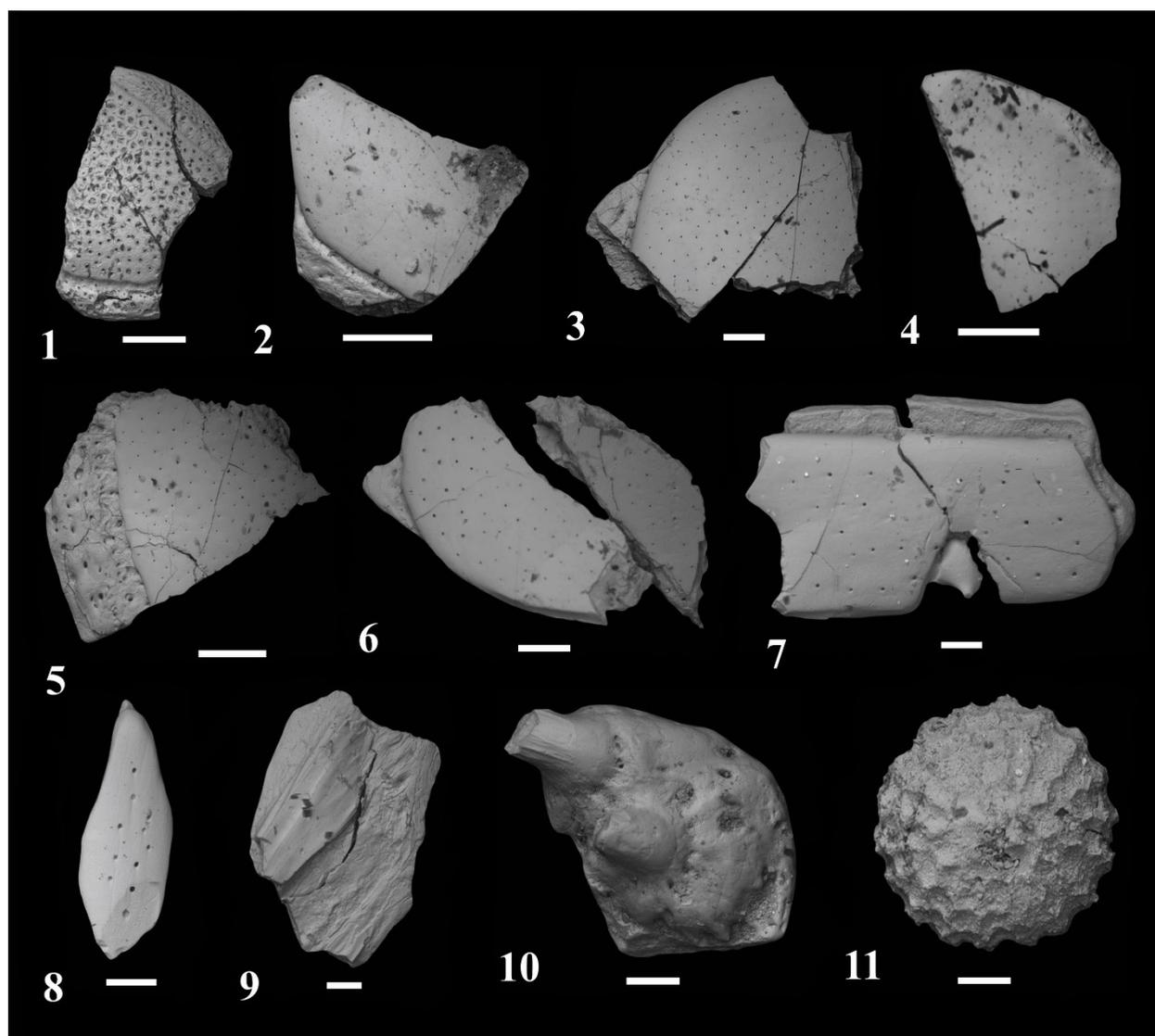


Plate IV – Sarcopterygian and actinopterygian remains, as well as one oogonium of charophyte extracted from clayey limestone found in the Quaternary deposits outcropping in the riverbed of a drainage channel near Stariye Dorogi, Minsk Region. Scale bar of 100 μm for Figures 7, 9, 10 and 11; 200 μm for Figures 3, 6 and 8; 500 μm for Figures 1, 2, 4 and 5.

Figure 1 – Sarcopterygii indet. Specimen № 175/1-10, scale fragment, $\times 37$, external view. Figure 2 – Osteolepididae gen. indet. Specimen № 175/1-9, scale fragment, $\times 50$, external view. Figure 3 – Osteolepididae gen. indet. Specimen № 175/1-12, scale fragment, $\times 60$, external view. Figure 4 – Osteolepididae gen. indet. Specimen № 175/1-8, scale fragment, $\times 50$, external view. Figure 5 – Osteolepididae gen. indet. Specimen № 175/1-61, scale fragment, $\times 43$, external view. Figure 6 – Osteolepididae gen. indet. Specimen № 175/1-47, scale fragment, $\times 75$, external view. Figure 7 – Osteolepididae gen. indet. Specimen № 175/1-51, element of the submandibular series, $\times 100$, external view. Figure 8 – Sarcopterygii indet. Specimen № 175/1-54, lepidotrichia, $\times 70$, external view. Figure 9 – Actinopterygii indet. Specimen № 175/1-46, scale fragment, $\times 100$, external view. Figure 10 – Actinopterygii indet. Specimen № 175/1-39, teeth, $\times 150$, top view. Figure 11 – *Sycidium* sp. Specimen № 175/1-76, oogonium, $\times 150$, external view

REFERENCES

1. **Devonian** and Carboniferous of the Baltic States / V. Sorokin [et al.]. – Riga : Zinatne Publ., 1981. – 502 p. (in Russian).
2. **Gross, W.** Kleinschuppen, Flossenstacheln und Zähne von Fischen aus europäischen und nordamerikanischen Bonebeds des Devons // Palaeontographica Abt. A. – 1973. – Bd. 142. – S. 51–155.
3. **Pinakhina, D.** Middle Devonian acanthodian fishes (Acanthodii) of the North-West subregion of the East European platform : Ph.D. thesis / D. Pinakhina. – Kazan, 2018. – 24 p. (in Russian).

4. **Plax, D.** The first findings of the redeposited Devonian ichthyofauna in the Quaternary deposits of Belarus / D. Plax // *Lithosphere*. – 2014. – No. 2 (41). – P. 19–26.
5. **Plax, D.** On the findings of redeposited remains of the Devonian ichthyofauna in Quaternary deposits of the environs of Mogilev / D. Plax, V. Melnikov // *Lithosphere*. – 2023. – № 58 (1). – P. 159–162 (in Russian).
6. **Stratigraphic** Charts of Precambrian and Phanerozoic deposits of Belarus : Explanatory note / Eds. S. Kruchek [et al.]. – Minsk : State Enterprise “BelNIGRI”, 2010. – P. 98–114 (with stratigraphic charts of the Devonian deposits of Belarus (2 sheets)) (in Russian).
7. **Valiukevičius, J. J.** Acanthodian scale assemblage from the base of the Middle Devonian of the Baltic and Byelorussia / J. J. Valiukevičius, V. N. Karatajūtė-Talimaa // *Biofacies and fauna of the Silurian and Devonian Basins of the Baltic region*. All-Union Research Institute of Marine Geology. – Riga : Zinatne, 1986. – P. 110–122 (in Russian).
8. **Vertebrate** correlation of the Upper Devonian and Carboniferous on the East European Platform / D. Esin [et al.] // *Courier Forschungsinstitut Senckenberg (Final Report of IGCP 328 project)*. – 2000. – Vol. 223. – P. 341–359.
9. **Yanin, B.** Fundamentals of Taphonomy / B. Yanin. – Moscow : Nedra Publ., 1983. – 184 p. (in Russian).

Артыкул паступіў у рэдакцыю 13.02.2025

Рэцэнзент Я. А. Кухарык

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ¹

И. Р. Захария

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
 Филиал «Институт геологии»
 ул. Академика Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь
 E-mail: ramzes0409@gmail.com

Для исследования геологических систем (структур) весьма важным является их изучение не только с позиций их строения и взаимосвязей, взаимодействия внутри самой структуры в каком-то временном срезе, но и с позиций функционирования и изменения системы во времени. Трансформация природных геологических систем – это не только стадия развития: полный процесс трансформации включает ряд стадий – генезис, развитие, деградацию, разрушение; общая направленность трансформации – диссипация, увеличение общей энтропии системы. Дискретные приносы энергии в геологическую систему могут вызывать процессы самоорганизации и временное уменьшение энтропии, но не устраняют общую диссипативную тенденцию трансформации системы. Самоорганизация в системах косной материи является звеном энтропийных процессов и в целом не переводит систему на более высокий уровень организации, организованности вещества.

Ключевые слова: геологические системы (объекты), системный подход (анализ), трансформация, развитие, диссипация, энтропия, самоорганизация.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение геологических объектов с позиций системного подхода показало необходимость их рассмотрения не только как статические структуры, но и с позиций функционирования и особенно трансформации систем. Поэтому рассмотрим это направление теоретического исследования геологических систем [2; 3] в попытке раскрытия, понимания вопросов их генезиса, развития, разрушения, увязав их в одну цепочку с позиций термодинамики.

Чем отличается система в понятиях системного подхода, системного анализа (СА) и система термодинамическая? Системообразование при системном подходе имеет предназначение познания сложных образований, процессов, явлений, и на начальных стадиях СА носит долю субъективизма при переборе элементов, компонентов системы. В то же время системы термодинамические в первую очередь рассматриваются с позиций их функциональности, а также трансформации, развития, деградации и т. п. А это именно то, что нам нужно для исследования геологических систем (структур).

Широко известна фраза Гераклита из Эфеса (ок. 554–483 до н. э.) «Все течет, все меняется». Направление того, куда течет и как меняется, – это второй принцип термодинамики. Так куда все-таки течет? На этот вопрос отвечает Роберт Фритц (2015): «Когда возникает структура, энергия движется внутри нее по пути наименьшего сопротивления. Ины-

ми словами, энергия идет туда, где пройти легче. Это относится... ко всему в природе. ...Ведь двигаться по пути наименьшего сопротивления – это закон природы» [7, с. 21].

А как меняется – вопрос сложный и неоднозначный. Если коротко, то трансформация систем живой и неживой (косной) материи происходит по-разному: первая – эволюционные изменения (приспособление, адаптация к изменяющимся условиям проживания вида и особей), вторая – деволюционные процессы, по направлению увеличения общей энтропии системы (деградация, диссипация, разрушение, рассеяние).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

По мнению М. Г. Родионова (2013), одним из первичных, а следовательно, основополагающих атрибутов системного подхода является недопустимость рассмотрения объекта вне его развития, под которым понимается необратимое, направленное, закономерное изменение материи и сознания [5]. В результате возникает новое качество или состояние объекта. Отождествление терминов «развитие» и «движение» позволяет выразиться в таком смысле, что вне развития немислимо существование материи, в данном случае – системы. С этой мыслью М. Г. Родионова полностью можно согласиться с одной весьма существенной оговоркой – термин «развитие» в данном контексте некорректен, и его

¹ Статья публикуется в дискуссионном порядке.

необходимо заменить на «трансформация», ведь, собственно, развитие является только этапом в цикле трансформации системы наряду с генезисом, деградацией, разрушением. Все в этом мире проходит стадии рождения, развития, разрушения.

«Всякий геологический объект, начиная с нефтегазоносной провинции и заканчивая образцом породы или даже шлифом, при рассмотрении представляет собой сложную или диффузную (плохо организованную) систему. Это же относится и к геологическим процессам» [2, с. 123]. Изучение геологических объектов – сложных систем – требует рассмотрения их с позиций функционирования и трансформации систем (вопросы генезиса, развития, деградации, разрушения). Понимание этого, хотим мы или не хотим, необратимо ведет к термодинамике. Термодинамика – наука, которая занимается изучением необратимых ориентированных во времени процессов, изучением состояний и свойств физических систем, а также изучением их изменений, обусловленных протекающими в системах процессами.

Существуют два способа образования самоорганизующихся природных систем:

а) система может возникнуть как минимум из двух объектов любой природы в силу наличия связи между ними – это **процесс синтеза или генерации** (зарождения, генезиса в геологии);

б) система может быть образована вследствие распада существующей более сложной системы (**процесс деструкции или дегенерации**) [6, с. 88].

Оба этих процесса имеют место быть в формировании геологических объектов с преобладанием последнего: формирование целого ряда геологических объектов происходит в цепочке разрушения-переотложения разрушенных геологических образований, формируются новые геологические тела, горные породы, минералы.

Стадия развития конкретных геологических объектов – от роста кристаллов, кристаллизации минералов из флюидных растворов, отложения осадков и образования осадочных горных пород до формирования крупных тектонических структур.

Стадия деградации, деформаций новообразований может накладываться на стадию развития; тогда как неминуемой стадии распада, полного разрушения в геологически обозримом времени на практике достигают не все геологические объекты (но теоретически – все!).

Любое действие, изменение любых систем требует затрат энергии. Ни одно действие, даже самое ничтожное, невозможно без затрат энергии, потому что действие – это всегда взаимодействие между системами и/или их элементами. А взаимодействие –

это связь между системами или ее элементами, которая для своего создания требует вложения в нее энергии. Следовательно, любые системы потребляют энергию, в том числе и пассивные [4; 8].

При отсутствии притока энергии или ее недостатке системы приходят в упадок, разрушаются с той или иной скоростью. Распад любой системы – неизбежный процесс.

Практически все реальные системы являются открытыми и все реальные процессы являются необратимыми (термодинамически необратимые – это процессы, при проведении которых в прямом и обратном направлениях система не возвращается в исходное состояние без каких-либо изменений в окружающей среде). Реальные системы эволюционируют к состоянию термодинамического равновесия, т. е. максимума энтропии.

«Согласно второму началу термодинамики, необратимые процессы производят энтропию. Обратимые же оставляют энтропию постоянной» [4, с. 22–23].

Энтропия (термодинамическая энтропия) – термин, обозначающий меру необратимого рассеивания энергии или бесполезности энергии (не всю энергию системы можно использовать для превращения в какую-нибудь полезную работу); это функция состояния системы, количественно характеризующая степень беспорядка системы, мера хаоса. Изменение энтропии характеризует стремление систем к наиболее вероятному состоянию, т. е. к состоянию с максимальной энтропией [4; 8]. В неравновесных (необратимых) процессах энтропия также служит мерой близости состояния системы к равновесному: чем больше энтропия, тем ближе система к равновесию (в состоянии термодинамического равновесия энтропия системы максимальна). Закон возрастания энтропии у Л. Больцмана получил следующую интерпретацию: система стремится к наиболее вероятному состоянию; самопроизвольно протекают только те процессы, в которых система из менее вероятного состояния переходит в более вероятное [1].

Системы, в которых энергия упорядоченного движения с течением времени убывает за счет диссипации, переходя в другие виды энергии, например, в теплоту или излучение, называются диссипативными. Если диссипация энергии происходит в замкнутой системе, то энтропия системы возрастает. В неравновесной термодинамике интенсивность диссипации напрямую связана с производством энтропии системы.

Так как практически все реальные системы являются открытыми и все реальные процессы являются необратимыми и деволюционируют

к состоянию термодинамического равновесия, геологические системы в целом также являются диссипативными, и направленность геологических процессов – увеличение общей энтропии.

На фоне эволюционирования (трансформации) реальных геологических систем (которые нельзя относить к закрытым системам) к состоянию термодинамического равновесия *происходят периодические привносы энергии и вещества*, дискретные во времени и пространстве. В эти моменты система начинает самоорганизовываться и противостоит тенденции ее разрушения средой. Самоорганизация в системах косной материи (такowymi являются и геологические объекты) может проявляться как эпизодический процесс при привносе энергии и вещества, при этом не нарушается главная энтропийная направленность трансформации системы; изменения системы в точках бифуркации имеют общую направленность уменьшения комплексных показателей РТВ – давления, температуры, объема как приспособление (адаптация) системы к новым условиям, что может быть причиной образования новых минералов, руд, полезных ископаемых. Таким образом, формируются (могут формироваться) новые структуры для новых, измененных (в целом в сторону уменьшения) комплексных показателей РТВ – давления, температуры, объема системы. То есть трансформация геологических систем во времени имеет общую диссипативную направленность, которая в целом при периодических поступлениях в систему энергии и вещества временно может замедляться: в точках (в моменты) привноса в систему энергии и вещества происходят перестройка системы и процессы самоорганизации (с формированием неких новых образований – например, могут образовываться новые более устойчивые минералы (с большей плотностью, меньшего объема и т. п.), рост кристаллов из насыщенных растворов). Они могут быть точками бифуркации (но это не обязательно).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, из приведенных рассуждений вытекают следующие выводы.

1. Все геологические системы диссипативны с нарастающей энтропией.

2. Периодические привносы энергии (дискретные во времени и пространстве) не могут изменить энтропийное направление трансформации геологических систем.

3. Процессы самоорганизации в природных геологических системах, относящихся к косной материи, происходят на фоне адаптации к новым условиям, идут по пути наименьшего расходования энергии (пути наименьшего сопротивления), в целом снижения общего РТВ систем: могут образовываться новые более устойчивые минералы (с большей плотностью, меньшего объема и т. п.), рост кристаллов из насыщенных растворов, образование графита и алмазов из углисто-го вещества, синтез и конденсация УВ из глубинных флюидно-газовых смесей и т. п. То есть в целом самоорганизацию в диссипативных системах можно рассматривать как часть энтропийных процессов.

Следовательно, самоорганизация в объектах, системах косной материи в целом не переводит систему на более высокий уровень организации, организованности вещества. В системах косной материи появление (образование) чего-то нового является обязательно следствием разрушения старого при внешнем воздействии, которым может быть привнос в систему энергии, вещества.

Отсюда весьма важным для геологических исследований, и в нефтегазовой отрасли особенно, является изучение глубинных процессов как основного поставщика энергии и вещества в геологическую среду, установление характера, временных и количественных параметров воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Больцман, Л.** О связи между вторым началом механической теории теплоты и теорией вероятностей в теоремах о тепловом равновесии / Л. Больцман // Избранные труды. – М.: Наука, 1984. – С. 190–235.
2. **Захария, И. Р.** Перспективы применения системного анализа для решения задач нефтяной геологии / И. Р. Захария, А. А. Кравцова // Литасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 121–127.
3. **Захария, И. Р.** Системный анализ в геологии / 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. **Пригожин, И. Р.** Конец определенности: время, хаос и новые законы природы / И. Пригожин. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. – 208 с.
5. **Родионов, М. Г.** Системный подход к построению новой теории структур / М. Г. Родионов // Вестн. Сибир. ин-та бизнеса и информационных технологий. – 2013. – № 8. – С. 19–24.

6. Родионов, М. Г. Типология организации систем как элемент теории структур на основании положений общей теории систем / М. Г. Родионов // Вестн. Сибир. ин-та бизнеса и информационных технологий. – 2017. – № 4. – С. 87–91.
7. Фритц, Р. Путь наименьшего сопротивления / Р. Фритц. – М. : МИФ, 2015. – 345 с.
8. Юричев, А. Н. Метаморфизм : учеб. пособие / А. Н. Юричев. – 2-е изд., доп. – Томск : Изд. Дом ТГУ, 2016. – 194 с.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 07.03.2025

Рэцэнзент Я. А. Кухарык

ТРАНСФАРМАЦЫЯ ПРЫРОДНЫХ ГЕАЛАГІЧНЫХ СІСТЭМ

І. Р. Захарыя

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

Для даследавання геалагічных сістэм (структур) вельмі важным з'яўляецца іх вывучэнне не толькі з пазіцыі іх структуры і ўзаемных сувязей, узаемадзеяння ўнутры самой структуры ў нейкім часавым зрэзе, але і з пазіцыі функцыянавання і змянення сістэмы ў часе. Трансфармацыя прыродных геалагічных сістэм – гэта не толькі стадыя развіцця: працэс трансфармацыі ўключае генезіс, развіццё, дэградацыю, разбурэнне; агульная накіраванасць трансфармацыі – дысіпацыя, павелічэнне агульнай энтрапіі сістэмы. Дыскрэтныя прыўносы энергіі ў геалагічную сістэму могуць выклікаць працэсы самаарганізацыі і часовае памяншэнне энтрапіі, але не выключаюць агульную дысіпатыўную тэндэнцыю трансфармацыі сістэмы. Самаарганізацыя ў сістэмах коснай матэрыі з'яўляецца звязаным энтрапійным працэсам і ў цэлым не пераводзіць сістэму на больш высокі ўзровень арганізацыі, арганізаванасці рэчыва.

Ключавыя словы: геалагічныя сістэмы (аб'екты), сістэмны падыход (аналіз), трансфармацыя, развіццё, дысіпацыя, энтрапія, самаарганізацыя.

TRANSFORMATION OF NATURAL GEOLOGICAL SYSTEMS

I. Zakharia

State Enterprise “Research and Production Center for Geology”
Branch “Institute of Geology”
7 Akademika Kuprevicha St, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: ramzes0409@gmail.com

For the study of geological systems (structures), it is very important to study them not only from the standpoint of their structure and interrelationships, interactions within the structure itself in some time slice, but also from the standpoint of the functioning and change of the system over time. The transformation of natural geological systems is not only a stage of development: the transformation process includes genesis, development, degradation, destruction; the general direction of the transformation is dissipation, an increase in the total entropy of the system. Discrete energy injections into a geological system can cause self-organization processes and a temporary decrease in entropy, but they do not eliminate the general dissipative tendency of system transformation. Self-organization in systems of inert matter is a link in entropic processes and, in general, does not transfer the system to a higher level of organization of matter.

Keywords: geological systems (objects), system approach (analysis), transformation, development, dissipation, entropy, self-organization.

ДАВЕДАЧНЫЯ МАТЭРЫЯЛЫ

ОБЗОР ПУБЛИКАЦИЙ, ВОШЕДШИХ В ОТЧЕТ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КОМИССИИ БЕЛАРУСИ ЗА 2024 ГОД

С. В. Демидова, П. О. Сахарук

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

Стратиграфическая комиссия Беларуси ежегодно готовит обзор публикаций отечественных и зарубежных исследователей по стратиграфической тематике («Літасфера» № 1 (46), 2017; № 1 (48), 2018; № 1 (50), 2019; № 1 (52), 2020; № 1 (54), 2021; № 1 (56), 2022; № 1 (58), 2023, № 1 (60) 2024).

Как и в предыдущие годы, члены Стратиграфической комиссии, а также сотрудники различных ведомств участвовали в дискуссиях по вопросам применения стратиграфических схем докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси (2010, 2017) на заседаниях ученых и научно-технических советов, при рассмотрении материалов научных и производственных отчетов, подготовке печатных научных работ, при предварительном обсуждении и защите диссертаций.

В 2024 г. белорусские геологи принимали участие в работе научно-практических мероприятий:

– Отраслевая научно-практическая конференция «Гармонизация нормативного регулирования научно-обоснованных мер экологической безопасности и адаптации к изменению климата в рамках Союзного государства», г. Минск [12];

– LXX сессия Палеонтологического общества при РАН, г. Санкт-Петербург [26];

– I Белорусский географический конгресс, г. Минск [3; 6; 8; 15; 25; 43; 46; 53];

– XVIII Геологический съезд Республики Коми, г. Сыктывкар [4];

– XVI Республиканская научно-практическая конференция молодых ученых, г. Брест [44; 50];

– II Международная научно-практическая конференция «Тенденции и проблемы развития наук о Земле в современном мире», г. Гомель [9; 11; 16; 21; 22; 24; 36; 38; 40; 41];

– Международная научно-практическая конференция «Геология и минералогия месторождений

полезных ископаемых, инновационные направления добычи, обогащения и технологии извлечения ценных компонентов», г. Ташкент [13];

– Международная конференция Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting 2024 и VIII Всероссийская конференция «Верхний палеозой России», посвященные 190-летию со дня рождения Н. А. Головкинского, г. Казань [31];

– XXI Международная научная конференция молодых ученых, г. Минск [56];

– The Palaeontological Association 68th Annual Meeting (68-е ежегодное заседание Палеонтологической ассоциации), г. Эрланген [29].

Результаты стратиграфических исследований публиковались в отечественных («Вестник Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. Біялогія. Навукі аб Зямлі» [7; 52], «Літасфера» [1; 2; 10; 17; 18; 19; 20; 23; 27; 28; 33; 35; 51; 55], «Доклады Национальной академии наук Беларуси» [14; 37], «Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология» [42; 47], «Природопользование» [48]), а также в зарубежных («Вестник Геонаук» [54], «Вестник Пермского университета. Геология» [39], «Горные науки и технологии» [5], Fossil studies [30], Paleontological Journal [32; 34]) научных периодических изданиях. В 2024 г. вышли монографии «Современные геологические процессы на территории юго-западной Беларуси» [45] и «Муравинское межледниковье на территории Белорусского Полесья» [49]. Продолжается сотрудничество Стратиграфической комиссии Беларуси с Межведомственным стратиграфическим комитетом России, подкомиссией по девонской стратиграфии Международной стратиграфической комиссии.

Ниже приводится перечень опубликованных в 2024 г. работ.

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Изотопная хемостратиграфия

1. **Махнач, А. А.** Изотопы углерода и кислорода в верхнеэйфельских отложениях Беларуси / А. А. Махнач, Б. Г. Покровский, О. В. Мурашко // Літасфера. – 2024. – № 1 (60). – С. 69–79.

2. **C-, O-, S-Изотопная** хемостратиграфия ниже- и среднедевонских отложений в зоне сочленения Оршанской впадины и Воронежской антеклизы (параметрическая скважина Климовичская) / А. А. Махнач [и др.] // Литасфера. – 2024. – № 1 (60). – С. 80–94.

ГИС-технологии в стратиграфии

3. **Богдасаров, М. А.** Методика прогноза и оценки залежей общераспространенных полезных ископаемых территории Брестской области / М. А. Богдасаров, А. Н. Маевская, Н. Н. Шешко // Материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества, Минск, 8–13 апр. 2024 г. : 7 ч. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2024. – Ч. 4 : Почвенные и геохимические исследования. Геоинформационные технологии. – С. 27–31.

4. **Выявление** особенностей геологического строения кайнозойских отложений территории Могилевской области на основании анализа построенных с использованием GIS-технологий структурно-геологических карт и карт мощностей кайнозойских отложений / В. А. Крошинский [и др.] // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России : материалы XVIII Геолог. съезда Респ. Коми. – Сыктывкар : ИГ Коми НЦ УрО РАН. – 2024. – Т. 2. – С. 45–48.

5. **ГИС-моделирование** строения кайнозойской толщи Брестской области для прогноза и оценки залежей нерудного сырья / М. А. Богдасаров [и др.] // Горные науки и технологии. – 2024. – № 9 (4). – С. 328–340. – DOI: 10.17073/2500-0632-2024-03-230.

6. **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 Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества, Минск, 8–13 апр. 2024 г. : в 7 ч. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2024. – Ч. 3 : Цифровая реальность в геодезии, картографии и дистанционном зондировании Земли. Проблемы геологии. – С. 249–253.

7. **Структурно-геологическое** ГИС-картографирование кайнозойских отложений территории Гродненской области Республики Беларусь / А. Н. Маевская [и др.] // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2024. – № 2. – С. 142–148.

АРХЕЙСКИЕ И НИЖНЕПРОТЕРОЗОЙСКАЯ ЭОНОТЕМЫ

Кристаллический фундамент

8. **Возраст** габбродолеритов «Большой дайки» юго-востока Беларуси: результаты U-Pb (ID-TIMS) геохронологических исследований бадделеита / В. Н. Бурмистров [и др.] // Материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества, Минск, 8–13 апр. 2024 г. : в 7 ч. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2024. – Ч. 3 : Цифровая реальность в геодезии, картографии и дистанционном зондировании Земли. Проблемы геологии. – С. 244–248.

9. **Коротеева, О. В.** Петрографо-стратиграфическая характеристика докембрийских образований Припятского прогиба по результатам новых пробуренных скважин / О. В. Коротеева, А. В. Кондратенко, Е. О. Голуб // Тенденции и проблемы развития наук о Земле в современном мире : сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25 апр. 2024 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол.: А. П. Гусев (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – Вып. 2, ч. 1. – С. 96–100.

10. **Минералого-геохимические** особенности пород рудопроявления «Озеры» (кристаллический фундамент запада Беларуси) / А. А. Толкачикова [и др.] // Литасфера. – 2024. – № 2 (61). – С. 79–93.

11. **Москалев, О. М.** Долгиновское проявление урана / О. М. Москалев // Тенденции и проблемы развития наук о Земле в современном мире : сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25 апр. 2024 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол.: А. П. Гусев (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – Вып. 2, ч. 1. – С. 110–114.

12. **Перспективы** рудоносности метасоматитов участка «Шнипки» кристаллического фундамента запада Беларуси / О. А. Пискун [и др.] // Сб. статей по материалам отраслевой научно-практической

конференции «Гармонизация нормативного регулирования научно-обоснованных мер экологической безопасности и адаптации к изменению климата в рамках Союзного государства», приуроченного ко Дню белорусской науки. – Минск : Бел НИЦ «Экология», 2024. – С. 96–103.

13. **Пискун, О. А.** Перспективы рудоносности раннепротерозойских гранитоидов кристаллического фундамента запада Беларуси / О. А. Пискун // Геология и минералогия месторождений полезных ископаемых, инновационные направления добычи, обогащения и технологии извлечения ценных компонентов : материалы науч.-практ. конф., Ташкент, 22–23 авг. 2024 г. – Ташкент : Ин-т минерал. ресурсов, 2024. – С. 92–95.

ФАНЕРОЗОЙСКАЯ ЭНОТЕМА. ПАЛЕОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА

14. **Плакс, Д. П.** О двух новых семействах акантодовых рыб (*Acanthodii*) / Д. П. Плакс // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2024. – Т. 68, № 3. – С. 214–219.

Девонская система

15. **Бибикова, Е. В.** Нефтематеринские породы нижнефаменских отложений девона Центрального ареала Припятского прогиба / Е. В. Бибикова // Материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества, Минск, 8–13 апр. 2024 г. : в 7 ч. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2024. – Ч. 3 : Цифровая реальность в геодезии, картографии и дистанционном зондировании Земли. Проблемы геологии. – С. 239–243.

16. **Бибикова, Е. В.** Нефтематеринские породы нижнефаменских отложений девона Червонослободско-Малодушинской ступени Северного ареала Припятского прогиба / Е. В. Бибикова // Тенденции и проблемы развития наук о Земле в современном мире : сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25 апр. 2024 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол.: А. П. Гусев (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – Вып. 2, ч. 1. – С. 37–39.

17. **Бибикова, Е. В.** Процессы формирования нефтематеринских и углеводородсодержащих пород в нижнефаменских отложениях центральной части Буйновичско-Наровлянской тектонической ступени Припятского прогиба / Е. В. Бибикова // Літасфера. – 2024. – № 1 (60). – С. 102–112.

18. **Вулканические** постройки позднего девона Северо-Уваровичской площади (Беларусь) в геофизических полях / О. Ф. Кузьменкова [и др.] // Літасфера. – 2024. – № 2 (61). – С. 41–54.

19. **Гидрогеологическая** характеристика обводненных интервалов разреза глинисто-мергельной толщи позднедевонского возраста в пределах промплощадки Петриковского Рудоуправления ОАО «Беларуськалий» / К. Ю. Балашов [и др.] // Літасфера. – 2024. – № 2 (61). – С. 95–106.

20. **Грудинин, А. С.** Особенности доразведки отложений полоцкого горизонта и ланского надгоризонта Речицкого нефтяного месторождения с учетом литолого-фациального анализа / А. С. Грудинин // Літасфера. – 2024. – № 1 (60). – С. 95–101.

21. **Даниленко, В. В.** Комплексные исследования ретро-керн как основа при оценке перспектив нефтегазоносности слаборазбуренных территорий (на примере елецко-петриковских отложений Южного структурного района Припятского прогиба) / В. В. Даниленко, А. А. Ерошенко, Е. А. Калейчик // Тенденции и проблемы развития наук о Земле в современном мире : сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25 апр. 2024 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол.: А. П. Гусев (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – Вып. 2, ч. 1. – С. 54–58.

22. **Изучение** фильтрационно-емкостных свойств сложнопостроенных пород-коллекторов семи-лукской карбонатной залежи на полноразмерном керне Речицкого месторождения / А. С. Емельяничков [и др.] // Тенденции и проблемы развития наук о Земле в современном мире : сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25 апр. 2024 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол.: А. П. Гусев (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – Вып. 2, ч. 1. – С. 62–67.

23. **Кондратенко, Н. И.** Гидрогеохимическое районирование и оценка перспектив нефтегазоносности межсолевых и верхнесоленосных отложений Южной структурно-тектонической зоны Припятского прогиба / Н. И. Кондратенко // Літасфера. – 2024. – № 1 (60). – С. 120–136.

24. **Мурашко, О. В.** Конодонты из отложений кузьмичёвского горизонта нижнего фамена Припятского прогиба / О. В. Мурашко // Тенденции и проблемы развития наук о Земле в современном мире :

сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25 апр. 2024 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол.: А. П. Гусев (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – Вып. 2, ч. 1. – С. 115–120.

25. **Обуховская, В. Ю.** Биостратиграфическая характеристика отложений девонской системы разреза параметрической скважины 4П Климовичская / В. Ю. Обуховская, Т. Ф. Саченко // Материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества, Минск, 8–13 апр. 2024 г. : в 7 ч. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2024. – Ч. 3 : Цифровая реальность в геодезии, картографии и дистанционном зондировании Земли. Проблемы геологии. – С. 338–343.

26. **Плакс, Д. П.** Ихтиофауна из отложений старобинского горизонта верхнего фамена Припятского прогиба Беларуси / Д. П. Плакс // Закономерности эволюции и биостратиграфия : материалы LXX сессии Палеонтол. общ-ва при РАН / редкол.: М. А. Ткаченко [и др.]. – СПб. : Картфабрика Ин-та Карпинского, 2024. – С. 254–255.

27. **Прогнозно-минерагеническое** районирование средневерхнефаменской калиеносной субформации в пределах территории Припятского прогиба / Н. С. Петрова [и др.] // Литасфера. – 2024. – № 2 (61). – С. 5–19.

28. **Проявление** деформационных процессов в породах-коллекторах петриковской залежи Геологического нефтяного месторождения Припятского прогиба / А. А. Тишков [и др.] // Литасфера. – 2024. – № 1 (60). – С. 113–119.

29. **Dankina, D.** The importance of fossils re-evaluation in museum collections: Devonian ichthyofauna of Belarus and Lithuania as a case study / D. Dankina, J. Šečkus, D. P. Plax // The Palaeontological Association 68th Annual Meeting (9th–13th December, Erlangen, Germany) : Programme Abstracts. – Erlangen, 2024. – P. 113–114.

30. **Dankina, D.** The Middle Devonian ichthyofauna from Lithuania and Belarus / D. Dankina, J. Šečkus, D. P. Plax // Fossil studies. – 2024. – Vol. 2. – P. 141–159.

31. **Ivanov, A. O.** Chondrichthyan assemblages from the Upper Devonian – Carboniferous of Belarus / A. O. Ivanov, D. P. Plax // Сборник тезисов Международной конференции Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting 2024 «Современная стратиграфия: методы и приложения» и VIII Всероссийской конференции «Верхний палеозой России», посвящ. 190-летию со дня рождения Н. А. Головкинского, Казань, 28–30 окт. 2024 г. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2024. – С. 23.

32. **Ivanov, A. O.** New Chondrichthyan Assemblages from the Upper Devonian–Carboniferous of Belarus / A. O. Ivanov, D. P. Plax // Paleontological Journal. – 2024. – Vol. 58, Suppl. 4. – P. 391–402. DOI: 10.1134/S0031030124601749.

33. **Murashko, O.** Conodonts and ichthyofauna from the Lochkovian sediments of the Orlia 28 borehole section (Podlasie-Brest Depression, Belarus) / O. Murashko, D. Plax // Литасфера. – 2024. – № 1 (60). – С. 4–11.

34. **Plax, D. P.** Vertebrate Assemblages of the Rechartsian Time (Beginning of the Late Frasnian, Late Devonian) in the East European Platform / D. P. Plax, O. A. Lebedev, P. A. Beznosov // Paleontological Journal. – 2024. – Vol. 58, Suppl. 4. – P. 329–357. – DOI: 10.1134/S0031030124601725.

Каменноугольная система

35. **Толстошеев, В. И.** Структура поверхности отложений верхневизейского подъяруса нижнего карбона Припятского прогиба и сопредельных территорий / В. И. Толстошеев, П. О. Сахарук // Литасфера. – 2024. – № 2 (61). – С. 20–31.

МЕЗОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА

Меловая система

36. **Каримова, Л. А.** Литобиостратиграфическое описание стратотипов старосельской и ленинской свит сантонского яруса меловой системы Беларуси / Л. А. Каримова, П. О. Сахарук // Тенденции и проблемы развития наук о Земле в современном мире : сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25 апр. 2024 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол.: А. П. Гусев (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – Вып. 2, ч. 1. – С. 82–86.

КАЙНОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА

37. **Матвеев, А. В.** Современные эндогенные геологические процессы на территории Центральной Беларуси / А. В. Матвеев, Е. А. Кухарик // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2024. – Т. 68, № 2. – С. 156–163. – DOI: 10.29235/1561-8323-2024-68-2-156-163.

38. **Особенности** геологического строения кайнозойских отложений территории Могилевской области / М. П. Оношко [и др.] // Тенденции и проблемы развития наук о Земле в современном мире : сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25 апр. 2024 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол.: А. П. Гусев (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – Вып. 2, ч. 1. – С. 133–137.

Четвертичная система (квартер)

39. **Галкин, А. Н.** Минерагеня четвертичных отложений территории Витебской области / А. Н. Галкин, А. В. Матвеев // Вестн. Перм. ун-та. Геология. – 2024. – Т. 23, № 2. – С. 101–113. – DOI: 10.17072/psu.geol.23.2.101.

40. **Генезис** и особенности литологического состава четвертичных отложений юго-востока Беларуси / А. И. Павловский [и др.] // Тенденции и проблемы развития наук о Земле в современном мире : сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25 апр. 2024 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол.: А. П. Гусев (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – Вып. 2, ч. 2. – С. 135–139.

41. **Еловичева, Я. К.** Сложнопостроенные толщи среднего гляциоплейстоцена на территории Белорусского Полесья / Я. К. Еловичева // Тенденции и проблемы развития наук о Земле в современном мире : сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25 апр. 2024 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол.: А. П. Гусев (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – Вып. 2, ч. 1. – С. 58–62.

42. **Еловичева, Я. К.** Современные представления о хронологии муравинского (микулинского, эемского) межледниковья на западе Восточно-Европейской равнины / Я. К. Еловичева, Н. М. Писарчук // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. – 2024. – № 1. – С. 76–97.

43. **Зуй, В. И.** Геологическое картографирование четвертичных отложений Минской области / В. И. Зуй, В. А. Крошинский, О. В. Силицкая // Материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества, Минск, 8–13 апр. 2024 г. : в 7 ч. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2024. – Ч. 3 : Цифровая реальность в геодезии, картографии и дистанционном зондировании Земли. Проблемы геологии. – С. 294–298.

44. **Кухарик, Е. А.** Геолого-геоморфологические особенности восточной части болотного массива Морочно (Белорусское Полесье) / Е. А. Кухарик, А. С. Глаз, П. П. Крапивин // Устойчивое развитие: региональные аспекты : электрон. сб. материалов XVI Респ. науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 24 апр. 2024 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т, Белорус. геогр. общ-во ; редкол.: М. А. Богдасаров [и др.]. – Брест : БрГУ, 2024. – С. 55–58.

45. **Кухарик, Е. А.** Современные геологические процессы на территории юго-западной Беларуси / Е. А. Кухарик. – Минск : Беларус. навука, 2024. – 156 с.

46. **Литвинюк, Г. И.** Новые данные о флоре разреза Гралево на Западной Двине / Г. И. Литвинюк, О. В. Силицкая // Материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества, Минск, 8–13 апр. 2024 г. : в 7 ч. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2024. – Ч. 3 : Цифровая реальность в геодезии, картографии и дистанционном зондировании Земли. Проблемы геологии. – С. 323–327.

47. **Литвинюк, Г. И.** Особенности состава лоевских семенных флор и реконструкция условий их развития на территории Беларуси и соседних регионов / Г. И. Литвинюк // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. – 2024. – № 2. – С. 107–119.

48. **Матвеев, А. В.** Ландшафты климатического оптимума муравинского межледниковья на территории центральной Беларуси / А. В. Матвеев, Т. Б. Рылова, А. В. Шидловская // Природопользование. – 2024. – № 1. – С. 95–112.

49. **Матвеев, А. В.** Муравинское межледниковье на территории Белорусского Полесья / А. В. Матвеев, Т. Б. Рылова, А. В. Шидловская. – Минск : Беларус. навука, 2024. – 197 с.

50. **Особенности** строения четвертичных отложений района расположения месторождения песчано-гравийных пород «Козловичи» (Барановичский район, Брестская область) / Е. А. Кухарик [и др.] // Устойчивое развитие: региональные аспекты : электрон. сб. материалов XVI Респ. науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 24 апр. 2024 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т, Белорус. геогр. общ-во ; редкол.: М. А. Богдасаров [и др.]. – Брест : БрГУ, 2024. – С. 58–61.
51. **Рылова, Т. Б.** Обоснование возраста плейстоценовых отложений близ г. Быхова Могилевской области и палеогеографические реконструкции по палинологическим данным / Т. Б. Рылова // Літасфера. – 2024. – № 1 (60). – С. 32–42.
52. **Рылова, Т. Б.** О новых местонахождениях беловежских отложений плейстоцена на территории Ивацевичского района Брестской области / Т. Б. Рылова // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2024. – № 1. – С. 128–142.
53. **Рылова, Т. Б.** Реконструкция палеоландшафтов территории центральной Беларуси в климатическом оптимуме муравинского межледниковья / Т. Б. Рылова, А. В. Матвеев, А. В. Шидловская // I Белорусский географический конгресс, посвященный 90-летию факультета географии и геоинформатики БГУ и 70-летию Белорусского географического общества : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., Минск, 9–13 апр. 2024 г. : в 7 ч. / БГУ ; редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2024. – Ч. 6 : Актуальные проблемы физической географии и устойчивого природопользования. – С. 156–160.
54. **Шидловская, А. В.** Палинологическое обоснование стратиграфического расчленения и корреляции отложений беловежского горизонта плейстоцена Беларуси / А. В. Шидловская, Т. Б. Рылова // Вестн. Геонаук. – 2024. – № 8 (356) – С. 21–34. – DOI: 10.19110/geov.2024.8.3.
55. **Шидловская, А. В.** Палиностратиграфия и условия формирования отложений нижнинского и могилевского подгоризонтов беловежского горизонта плейстоцена Беларуси / А. В. Шидловская // Літасфера. – 2024. – № 1 (60). – С. 12–31.
56. **Шидловская, А. В.** Условия залегания беловежских межледниковых отложений в скв. МГ-2 у д. Голубовка Бельничского района Могилевской области / А. В. Шидловская // Молодежь в науке – 2024 : тез. докл. XXI Междунар. науч. конф. молод. ученых, Минск, 29–31 окт. 2024 г. : в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси, Совет молод. ученых ; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2024. – Ч. 2 : Медицинские, физико-математические, физикотехнические науки, химия и науки о Земле. – С. 594–597.

О КНИГЕ В. Н. БЕСКОПЫЛЬНОГО «НАШИ РАЗВИЛКИ: ЭВОЛЮЦИЯ ПРИРОДЫ НА ПУТИ К ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ»



Вышла в свет научно-популярная книга доктора геолого-минералогических наук В. Н. Beskopylny «Наши развилки: эволюция природы на пути к человечеству» (Гомель : Вечерний Гомель-Медиа, 2024. – 548 с.).

Настоящая заметка о книге хотя и помещена в рубрику «Критика и дискуссии», но не содержит критики как таковой и не является рецензией в полном смысле слова. Авторы этой «критической» заметки просто решили поделиться возникшим, а точнее сказать, нахлынувшим впечатлением от чтения книги.

Для того чтобы было понятно, о чем книга, процитируем аннотацию, написанную самим В. Н. Beskopylny. «В научно-популярной монографии обобщены новейшие научные представления ведущих ученых мира о том, какой эволюционный путь прошла природа на протяжении всего времени существования Вселенной для того, чтобы появился человек разумный. В сложнейшей сети направлений развития неживой и живой природы вычленили основные поворотные вехи – развилки эволюции, которые определили путь создания человека от момента Большого взрыва 13,82 миллиарда лет назад до наших дней. Показаны уникальность каждой развилки и необходимость череды всех поворотов эволюции для возникновения на Земле жизни и ее представителя – современного человека...»

Приведя эту цитату, рецензенты почувствовали, что она все-таки не дает ясного представления об объеме и разнообразии материалов, положенных в основу работы. Поэтому бегло и выборочно обозначим некоторые позиции, демонстрирующие, мы бы сказали, величие замысла автора монографии.

«Наши развилки...» состоят из четырех больших частей. I. Космический этап эволюции природы по направлению к жизни на Земле. II. Геологический этап эволюции природы к жизни. III. Биотический этап эволюции Земли на пути к человечеству. IV. Разумный этап эволюции жизни на Земле.

Предлагаем читателю рецензии и будущему читателю книги небольшую подборку названий ее глав (всего их 48) и разделов (82).

- Аннигиляционная развилка эволюции нашей Вселенной. Около 13,82 миллиарда лет назад.
- Солнечная развилка эволюции галактики. 4,571 миллиарда лет назад.
- Лунная развилка эволюции Земли – важный поворот природы к человечеству. Около 4,47 миллиарда лет назад.
- Океаническая развилка эволюции Земли. Около 4,27 миллиарда лет назад.
- Эукариотическая развилка эволюции жизни. Около 2,5 миллиарда лет назад.
- Билатеральная развилка эволюции многоклеточных организмов. Около 620 миллионов лет назад.
- Поздняя магнитная развилка эволюции Земли. Около 550 миллионов лет назад.
- Девонская катастрофическая развилка эволюции биосферы Земли. 374–359 миллионов лет назад.
- Эволюция собакозубых предков человека после пермского массового вымирания.
- Млекопитающая развилка эволюции животных. 220 миллионов лет назад.
- Человекообразная (гоминоидная) развилка эволюции приматов. Около 25 миллионов лет назад.
- Прямоходящая (эректусная) развилка эволюции человека. Около 1,45 миллиона лет назад.
- Гейдельбергская развилка эволюции человека. Около 800 тысяч лет назад.
- Начало внедрения кроманьонцев в неандертальскую ойкумену. 50 тысяч лет назад.
- Современные цивилизации.

А теперь о том, что подвигло «рецензентов» взяться за перо. Наверное, мы не сильно погрешим против истины, если скажем, что время ученых-энциклопедистов прошло. Сейчас ученые работа-

ют в основном в своих, достаточно узких областях и принимают нужные им факты и сведения из других научных сфер как данность. В случае с «Нашими развилками...» Валерий Николаевич Бескопильный, представитель вполне земной профессии – нефтяной геологии, заинтересовался таким крутом вопросов, мягко говоря, несколько удаленных от поисков и разведки углеводородов, что это интригует, поражает и восхищает. Во введении автор пишет, что посыл к работе над книгой было его удивление суждениям приятеля о происхождении человеческого рода. Но какими качествами нужно обладать, чтобы осмелиться и суметь реализовать этот посыл в форме обсуждаемой монографии? Для того чтобы параллельно с открытием нефтяных месторождений взяться за сбор колоссального сверхразнообраз-

ного материала, его осмысление и преобразование в огромную монографию, а на это, по словам Валерия Николаевича, ушло 20 лет, нужны редкое природное стремление познавать новое, огромное трудолюбие и что-то еще, чего мы не знаем.

В заключение скажем скромными словами автора книги из аннотации: «Общедоступное изложение материала позволяет широкому кругу читателей узнать много интересного из разных областей знания об окружающей природе, понять, что собой представляет человек, каково место человечества во Вселенной». А от себя добавим, что «Наша развилка...» вышли тиражом 1000 экземпляров, имеются электронная и аудиоверсии.

Р. Г. Гарецкий, А. А. Махнач, Я. Г. Грибик

РОЗА АДАМАЎНА ЗІНАВА (ДА 90-ГОДДЗЯ З ДНЯ НАРАДЖЭННЯ)



15 лютага 2025 г. споўнілася 90 гадоў з дня нараджэння **Розы Адамаўны Зінавай**, кандыдата геалага-мінералагічных навук (1972), старшага навуковага супрацоўніка, школьнага настаўніка вышэйшай кваліфікацыйнай катэгорыі.

Р. А. Зінава (Сярмяжка) нарадзілася ў в. Старая Князеўка Бярэзінскага раёна Мінскай вобласці. Скончыўшы з сярэбраным медалём Бярэзінскую сярэднюю школу № 1, у 1953 г. Роза Адамаўна паступае на геаграфічны факультэт Ленінградскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А. А. Жданова. Пасля заканчэння вучобы (1958) атрымлівае дыплом з адзнакай.

Жыццё і працоўная дзейнасць Розы Адамаўны падзяляецца на два перыяды: першы перыяд (1958–1973) звязаны з Казахстанам, другі (з 1973 г. па сённяшні дзень) – з яе радзімай, Беларуссю.

У 1958–1973 гг. Р. А. Зінава працавала ў Карагандзінскай пошукава-здымачнай экспедыцыі, спачатку на пасадзе старшага калектара, затым геолога. У перыяд з 1960 г. па 1973 г. працавала начальнікам тэматычных партый і атрадаў у складзе той жа экспедыцыі.

Сваімі работамі Р. А. Зінава ўнесла важкі ўклад у вывучэнне геалогіі кантынентальных кайназойскіх адкладаў Цэнтральнага Казахстана. Пры ўдзеле Р. А. Зінавай была складзена і апублікавана (1970) геалагічная карта маштабу 1 : 100 000 тэрыторыі Карагандзінскага вугальнага басейна і апублікавана манаграфія «Геология Карагандинского угольного

басейна» (1972). Р. А. Зінава займалася вывучэннем статыграфіі і палеагеаграфіі кайназойскіх адкладаў і вызначэннем мяжы паміж неагенам і атрапагенам у Цэнтральным Казахстане. Яна з’яўляецца аўтарам статыграфічных схем па неагену і атрапагену Цэнтральнага Казахстана, зацверджаных на III Казахстанскай статыграфічнай нарадзе ў 1986 г. і апублікаваных у г. Алматы ў 1996 г. Р. А. Зінава ўдзельнічала ў складанні геалагічнай карты маштабу 1 : 1 000 000 да XX тома «Геология СССР. Казахстан» (1971) і геалагічнай карты тэрыторыі Цэнтральнага Казахстана маштабу 1 : 500 000, у напісанні XXXIV тома «Гидрогеология СССР» (1970). Матэрыялы даследаванняў Розы Адамаўны па Цэнтральным Казахстане з’явіліся асновай кандыдацкай дысертацыі «Эаплейстацэн паўночнай часткі Цэнтральнага Казахстана і ніжня мяжа атрапагену» (1972), якую яна выканалала пад кіраўніцтвам прафесара К. У. Нікіфаравай, паступіўшы ў 1967 г. у завочную аспірантуру Геалагічнага інстытута АН СССР (Масква).

З лістапада 1973 г. пачалася праца Р. А. Зінавай у Беларусі. Яна стала старшым навуковым супрацоўнікам аддзела тэктонікі Інстытута геахіміі і геофізікі АН БССР, а ў 1978 г. была пераведзена ў лабораторыю геалогіі і палеапатамалогіі атрапагену, дзе працавала да ліпеня 2001 г.

Асноўны напрамак даследаванняў Р. А. Зінавай у час работы ў Беларусі – вывучэнне статыграфіі кантынентальных адкладаў і палеаграфіі кайназой як на тэрыторыі Беларусі, так і на тэрыторыі Украіны, Прыбалтыкі, Казахстана, Заходняй Сібіры, Польшчы і Еўрапейскай часткі РСФСР, правядзенне карэляцый і вызначэнне статыграфічных меж і палеагеаграфічных рубяжоў, у тым ліку з аддаленымі рэгіёнамі Тургая, Цэнтральнага Казахстана, Заходняй Сібіры. Р. А. Зінава актыўна ўдзельнічала ў даследаваннях па праекце МПГК № 41 «Мяжа паміж неагенам і чацвярцічнай сістэмай» (1976–1982).

З актыўным удзелам Розы Адамаўны праведзены буйныя міжнародныя навуковыя форумы. Шмат намаганняў яна прыклала для падрыхтоўкі і правядзення геалагічных экскурсій па Беларусі для ўдзельнікаў XI Міжнароднага кангрэса INQUA (1982) і XXVII Міжнароднага геалагічнага кангрэса (1984), VII Усесаюзнай нарады па краявых утварэннях мацерыковых зледзяненняў (1990).

Валікі ўклад быў унесены Р. А. Зінавай у падрыхтоўку і правядзенне Міжнароднай навуковай канферэнцыі, прысвечанай 100-годдзю з дня нараджэння акадэміка Г. І. Гарэцкага (2000). Яна вы-

ступала з дакладамі на канферэнцыі ў Мінску, у Кіеве ў НАН Украіны, у Маскве ў Геалагічным інстытуце РАН. Да 100-годдзя Г. І. Гарэцкага была апублікавана кніга «Акадэмік Гаўрыла Гарэцкі. Успаміны, артыкулы, дакументы», укладальнікамі якой былі Р. Г. Гарэцкі і Р. А. Зінава.

Р. А. Зінава многія гады была пастаянным членам неагенавай і чацвярцічнай камісій МСК СССР і старшынёй неагенавай падсекцыі БелРМСК, адказным кіраўніком па складанні карэляцыйнай стратыграфічнай схемы неагенавых адкладаў Беларусі, прынятай на стратыграфічнай нарадзе ў Гомелі (1981).

У паслужным бібліяграфічным спісе Розы Адамаўны значыцца 120 навуковых прац, у тым ліку 4 манаграфіі (3 у суаўтарстве).

У 1988 г. Р. А. Зінава ўзнагароджана медалём «Ветэран працы».

Яшчэ адзін пласт дзейнасці Р. А. Зінавай – гэта педагогічная работа. З 1992 г. па 2007 г. яна працавала настаўніцай у мінскай гімназіі № 74, затым па 2010 г. у сярэдняй школе № 76. Розу Адамаўну высока цанілі як спецыяліста-педагога і вучні, і кіраўніцтва гэтых устаноў. Былыя вучні і настаўнікі не парываюць сувязь з Розай Адамаўнай па сённяшні дзень. Пішуць ёй, наведваюць яе. За педагогічную

дзейнасць Роза Адамаўна адзначана ганаровымі граматамі Кастрычніцкага РАНА г. Мінска.

Вынікі навуковай, арганізацыйнай, грамадскай і педагогічнай працы Розы Адамаўны грунтуюцца перш за ўсё на яе высокім прафесіяналізме, валоданні шырокай інфармацыяй, вялікай працаздольнасці, а таксама прыцягальнасці яе як чалавека ў дзелавых і жыццёвых сітуацыях, абвостраным пачуцці справядлівасці, добразычлівасці і любові да людзей, жаданні ім дапамагчы, уменні схвапіць сутнасць праблемы і ўбачыць найбольш спрыяльнае яе вырашэнне.

Зараз Р. А. Зінава на заслужаным адпачынку, але многа гадоў працягвала ўдзельнічаць у Гарэцкіх чытаннях, прысвечаных жыццю і творчасці братоў Гаўрылы і Максіма Гарэцкіх.

Былыя супрацоўнікі Інстытута геахіміі і геофізікі НАН Беларусі (зараз Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»), калегі і сябры Розы Адамаўны захавалі добрую памяць аб сумеснай працы і супрацоўніцтве і ў сувязі з юбілеем жадаюць ёй здароўя, шчасця, дабрабыту, аптымізму, светлых зямных радасцей.

*М. П. Аношка, Р. Г. Гарэцкі,
С. У. Дзямідава, рэдкалегія*

НАТАЛЬЯ СЕМЁНОВНА ПЕТРОВА (К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



В этом году исполняется 80 лет **Наталье Семёновне Петровой** – кандидату геолого-минералогических наук, ведущему специалисту Беларуси в области геохимии и геологии соленосных формаций, широко известному в ближнем и дальнем зарубежье. Основные научные направления работы – геология, литология и геохимия месторождений калийных солей, территориально-совмещенные месторождения нефтидов и калийных солей. Н. С. Петрова – известный специалист в области геохимии галогенеза, представительница отечественной соляной геохимической школы профессора М. Г. Валяшко (МГУ, Москва).

Наталья Семёновна родилась в 1945 г. в г. Чимкент в семье горного инженера, вся жизнь которого была связана с созданием и развитием рудной базы цветной металлургии СССР. В 1967 г. Н. С. Петрова с отличием окончила кафедру геохимии геологического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, где ее наставниками были выдающиеся ученые – академик А. П. Виноградов, профессор М. Г. Валяшко. Специальность по образованию – «геолог-геохимик». По распределению приехала на работу в Минск в Институт геологических наук (в настоящее время – Государственное предприятие «НПЦ по геологии»). В 1968 г. поступила в очную аспирантуру МГУ, где под руководством профессора М. Г. Валяшко успешно выполнила и защитила кандидатскую диссертацию «Рубидий как геохимический критерий условий образования отложений калийных солей» (1973). Работа Н. С. Петровой посвяще-

на исследованию геохимии рубидия и значению этого элемента в качестве генетического индикатора процессов, формирующих отложения калийных солей. На основе экспериментального определения коэффициентов распределения рубидия между жидкой фазой и кристаллами сильвина и карналлита в хлоридной системе были построены шкалы нормальных содержаний этого элемента в калийных минералах и показаны методические приемы совместного использования двух индикаторных элементов – брома и рубидия – для решения генетических, корреляционных, структурных, поисковых и других аспектов. Эта работа заложила основы многолетнего сотрудничества Натальи Семёновны с немецкими коллегами – геологами-солевиками, в том числе с профессором Робертом Кюном. С этого же времени у Н. С. Петровой сложились прочные научные связи с коллегами из России, Украины, Польши.

Сфера научных интересов Н. С. Петровой тесно связана с исследованием геохимии галофильных микроэлементов, геохимических закономерностей формирования соленосных толщ и оценкой промышленной калиеносности Припятского прогиба. Н. С. Петрову отличают разносторонность научных исследований, особенно в области изучения структурно-вещественных параметров соленосных отложений, включая исследования изотопии и органического вещества. Она владеет всеми методами исследования вещественного состава соленосных отложений, обработки и интерпретации аналитических исследований, а также методами физико-химического анализа солевых систем.

Наталья Семёновна наделена ярким талантом исследователя, который приумножила активным непрерывным трудом. Круг научных интересов Н. С. Петровой связан с исследованиями фундаментальных геохимических закономерностей формирования соленосных толщ и оценкой промышленной калиеносности Припятского прогиба – тектонотипа палеорифтовых бассейнов. Ее работы показали роль асцендентного и десцендентного возвращения элементов в цикл седиментации при формировании калийных месторождений хлоридного типа, роль вулканического материала при накоплении калиеносной субформации Припятского палеорифта. Н. С. Петровой принадлежат важнейшие для производства методические разработки: «Методика комплексного использования геохимических индикаторов и структурно-текстурных особенностей соляных пород для выяснения генезиса и условий образования калийных залежей», «Методические

рекомендации по исследованию вещественного состава калийных горизонтов и вмещающих отложений калиеносной субформации Припятского калиеносного бассейна», «Рекомендации по идентификации структурно-вещественных параметров каменной соли при проведении геологоразведочных работ». Она охарактеризовала и создала модели формирования красноцветной и пестроцветной гиперсоляной ассоциации.

При ее непосредственном участии совместно с коллегами (В. З. Кислик, Ю. И. Лупинович, Э. А. Высоцкий, Э. В. Седун, Р. К. Шабловская, О. К. Ляхович, Д. М. Ерошина, Б. А. Протасевич и др.) были определены и рекомендованы перспективные на калийные соли участки в пределах Припятского прогиба, изучены минералого-технологические особенности калийных руд Старобинского, Петриковского и Октябрьского месторождений, Краснослободского, Нежинского, Копаткевичского, Смолковского и других перспективных участков, что способствовало расширению сырьевой базы калийной промышленности и совершенствованию технологии производства калийных удобрений.

Наталья Семёновна всегда находится на острие жизни, в непрерывном научном поиске. В мыслях о новом – секрет ее удивительной энергии. В 2003 г. непосредственно Н. С. Петровой и под ее руководством впервые в Беларуси стали проводиться исследования в области прогнозно-технологической оценки калийных руд на всех стадиях геологоразведочных работ и освоения месторождений калийных солей. Она активно развивает направление технологической минералогии для оценки обогатимости калийных руд, успешно сотрудничала с технологами ОАО «Беларуськалий» и ОАО «Белгорхимпром». Сегодня ее деятельность связана с прогнозно-технологической оценкой калийных руд Петриковского месторождения, изучением новых перспективных участков, богатых на калийные соли.

Наряду с глубокой и высокоэффективной научной работой Наталья Семёновна на протяжении 22 лет (с 1986 по 2008 г.) вела большую научно-организационную работу в должности ученого секретаря Белорусского научно-исследовательского геологоразведочного института (БелНИГРИ). В непростое время непрерывных реорганизаций и бесконечной смены первых руководителей, БелНИГРИ оставался самостоятельной и эффективной научной организацией, в чем большая личная заслуга Н. С. Петровой.

Н. С. Петрова – участник многих международных научных мероприятий и совещаний, в течение многих лет принимала участие в работе ежегодных международных симпозиумов в Польше (International Symposium on Salt “QUO VADIS SAL”), Германии (Saltmech, Hannover) и Италии.

Все, кто знает Наталью Семёновну, испытывают к ней симпатию и восхищаются ею. Научная требовательность, глубина суждений сочетаются в ней с мудростью, обаянием незаурядной личности, человечностью и теплотой, умением радоваться успехам других. О признании заслуг Натальи Семёновны говорят ее награды: почетный знак Министерства геологии СССР «Отличник разведки недр», Почетная грамота Международного объединения профсоюзов работников геологии, геодезии, картографии Российской Федерации и Республики Беларусь, грамоты Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

На протяжении многих лет, с 1980 по 1995 г., Н. С. Петрова была членом специализированного ученого совета по защите кандидатских диссертаций при Институте геологических наук НАН Беларуси. В 2011–2022 гг. сочетала научную работу с преподавательской деятельностью: работала на кафедре динамической геологии и региональной геологии географического факультета (в настоящее время – факультет географии и геоинформатики) Белорусского государственного университета в должности доцента, отдавая много времени и сил воспитанию нового поколения геологов, от которых будет зависеть будущее геологической отрасли Беларуси. Читала лекции по дисциплинам «Геохимия и геология нефти и газа», «Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», «Гидрогеохимия», «Современные проблемы региональной геологии», «Геология соленосных формаций». Активно способствовала пропаганде геологических знаний и развитию геологических исследований. Под ее руководством подготовлено и защищено более 70 дипломных и курсовых работ. Выполняла экспертную деятельность различного рода.

Наталья Семёновна – автор (соавтор) более 160 опубликованных научных работ, в том числе монографий и методических пособий. Она обладает широкой научной эрудицией, пользуется искренним уважением коллег. С ее профессиональным мнением считаются геологи-солевики стран ближнего и дальнего зарубежья. Коллеги и друзья сердечно поздравляют Наталью Семёновну с юбилеем и желают крепкого здоровья, непреходящего научного вдохновения, успехов во всех видах ее многогранной деятельности, обязательной реализации всех планов и идей. Пусть каждый день работы будет продуктивен, а каждый миг жизни – радостным и добрым.

*В. З. Кислик, Н. Ю. Денисова, Я. Г. Грибик,
А. А. Махнач, В. И. Пашкевич*

ВЛАДИМИР ГЕОРГИЕВИЧ ЛЕВАШКЕВИЧ (К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

1 января 2025 г. исполнилось 70 лет со дня рождения **Владимира Георгиевича Левашкевича**, известного ученого геотермика, доктора геолого-минералогических наук, заместителя академика-секретаря отделения химии и наук о Земле НАН Беларуси.

Коллеги от всей души поздравляют юбиляра и желают ему здоровья и успехов в работе!



МОЙ ПУТЬ В НАУКЕ

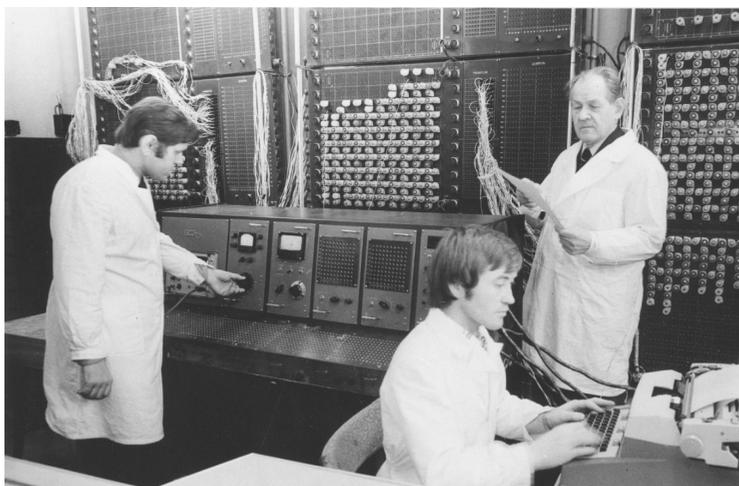
Я геотермик. Большое влияние на выбор профессии оказали работники геофизических партий, которые в 1960–1970-е гг. проводили сейсмические исследования в моем Лепельском районе. От них я узнал многое о Земле. Мне, школьнику, было интересно узнать, что горные породы в недрах залегают в виде пластов с близкими свойствами, что эти пла-

сты образуют поднятия и опускания (структуры), что одни пласты насыщены водой и образуют водоносные горизонты (коллекторы), другие непроницаемы для воды (покрышки). И, самое важное, что в таких породах может находиться нефть и другие полезные ископаемые, и все это можно прогнозировать по данным геофизических исследований, проводимых с поверхности.

К науке я начал приобщаться еще на 3-м курсе механико-математического факультета БГУ, когда был определен в производственный поток, на занятиях которого предполагалось чтение специальных курсов с научным уклоном. На 4-м курсе я был распределен на практику в академический Институт геохимии и геофизики в лабораторию теплопереноса в земных недрах к академику Герасиму Васильевичу Богомолу.

Геотермия как раздел геофизики в Республике Беларусь начала формироваться в 60-х – начале 70-х гг. XX в. по инициативе и под руководством Г. В. Богомолу, которым в 1964 г. был создан сектор геотермии глубинных зон. В это время геотермические исследования набирали силу в России и Украине.

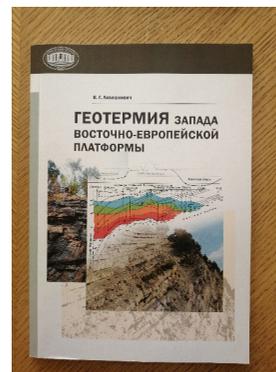
Герасим Васильевич поставил перед практикантом задачу оценить влияние свободной конвекции воды на геотермические параметры, измеряемые в стволе скважины. Эта задача была решена в рамках дипломной работы путем математического моделирования и применения программных средств. Для этого в институте имелся программный комплекс «Промень», а вычислительная программа набиралась специальными штекерами на панели.



Академик Г. В. Богомолу с учениками: В. И. Зуй (слева) и В. Г. Левашкевич, 1975 г.

В 1980 г., отмечая важность геотермических исследований для познания условий образования и размещения месторождений углеводородов, руководство Института геохимии и геофизики, куда я был распределен, направило меня в целевую очную аспирантуру Московского института нефтехимической и газовой промышленности имени И. М. Губкина. После трех лет учебы в аспирантуре под руководством одного из самых известных специалистов

в области разработки месторождений углеводородов, профессора Владимира Николаевича Щелкачева, здесь же, в нефтяном институте, состоялась защита диссертации «Закономерности фильтрации неньютоновских жидкостей в пористых средах (с приложениями к разработке нефтяных месторождений)», которая легла в основу моей первой монографии «Нелинейные эффекты при фильтрации жидкости в пористой среде» (1987).



Основные печатные работы В. Г. Левашкевича

А незадолго до защиты основные результаты диссертационных исследований были доложены на научно-техническом заседании объединения «Белоруснефть». Их актуальность, связь научных выводов с практическими исследованиями нефти месторождений Беларуси (Золотухинское, Каменское и др.) получили высокую оценку у специалистов-практиков объединения. Результаты исследований впоследствии позволили ставить и решать новые неклассические задачи разработки месторождений углеводородов в части увеличения коэффициента нефтеотдачи пластов путем более полного учета структурно-механических свойств пластовой жидкости (нефти, воды) при ее фильтрации в пористой среде.

После окончания аспирантуры новоиспеченный кандидат технических наук вернулся в Институт геохимии и геофизики. В институте царил доброжелательное отношение к нам, молодым ученым. Особенно нас поддерживал директор, академик Радим Гаврилович Гарецкий. Он создавал все условия для дальнейшего научного развития. Огромный вклад в становлении меня как научного работника внес также заведующий нашей лабораторией Владимир Игнатьевич Зуй, впоследствии доктор геолого-минералогических наук, профессор. В нашей геотермической лаборатории сформировался творческий коллектив, и у каждого была своя область исследований.



Коллектив лаборатории тепломассопереноса в земных недрах Института геохимии и геофизики АН БССР, 1977 г. Сидят (слева направо): академик Г. В. Богомолов, Ю. Г. Богомолов, третий слева П. П. Агрошенко; стоят: И. Л. Кошмарева, М. С. Жук, В. Г. Левашкевич, А. В. Веселко, О. Н. Шпаков, М. Д. Пархомов, В. И. Зуй

В 1986 г. мы с моим непосредственным руководителем Львом Артемьевичем Цыбулей приняли приглашение руководства Геологического института КНЦ АН СССР заняться геотермическими исследованиями на европейском севере России. Это был важный момент в моей научной карьере. Предстояло создать новую лабораторию в Апатитах организовать термометрическое изучение территории, охватывающей Кольский полуостров, часть Архангельской области и Баренцево море. Необходимость таких исследований была обусловлена, во-первых, широким развитием геофизических и нефтегазоразведочных работ на акватории Баренцева моря и его островах с целью определения перспектив нефтегазоносности территории, во-вторых, открытием Архангельской кимберлитовой провинции и, в-третьих, практическим интересом к магматизму южной части Кольского полуострова. Эти регионы были слабо изучены с геотермической точки зрения.

Наши исследования на акватории и островах Баренцева моря проводились параллельно с бурением глубоких нефтегазоразведочных скважин ПО «Арктикморнефтегазразведка» в пределах предполагаемых геологических структур (Штокмановская, Арктическая, Мурманская и др.). Результаты специального термозондирования донных отложений и изучения керна глубокозалегающих горных пород явились основой для построения карт теплового потока и разработки соответствующих рекомендаций. С целью оценки теплового потока на море мне удалось адаптировать разработанный украинскими геотермистами бесскважинный метод измерения теплового потока через морское дно. Эта методика была впервые в мировой практике осуществлена для условий шельфовых зон. Для повышения точности измерения теплового потока в донных отложениях путем термозондирования с борта судна был предложен и реализован комплексный метод введения поправок путем оценки влияния рельефа дна, скорости позднекайнозойского осадконакопления и, главное, температурного режима придонных вод. В пределах Баренцева моря ранее проводились специальные мониторинговые измерения температуры придонных вод на станциях стандартных гидрологических разрезов. Нами использованы температурные данные Мурманского территориального гидрометеорологического управления за 30 лет наблюдений по более 160 станциям, что предопределило успех в оценке глубинного теплового потока.

Дирекцией Геологического института и руководством ПО «Архангельскгеология» широко поддерживались геотермические исследования скважин в Архангельской кимберлитовой провинции и на

трубках взрыва Кольского полуострова. Ранее нами с Л. А. Цыбулей было дано научное обоснование характера изменения параметров теплового поля в областях развития кимберлитов. Мы были убеждены, что эти области отличаются пониженной плотностью теплового потока, что связано с особенностями строения земной коры в их пределах. Это положение было подтверждено нашими исследованиями на европейском севере и определило направление дальнейших буровых работ в регионе.

К концу 1980-х гг. поддержка научных исследований севера России резко уменьшилась. Наука практически полностью лишилась возможности проводить исследования на морской акватории, сократился объем полевых работ на суше. Пришло время обобщения и опубликования полученных данных. Основания для этого имелись. Результаты геотермических исследований, направленных на поиски и разведку нефтегазовых месторождений на шельфе Баренцева моря и алмазоносных структур Архангельской кимберлитовой провинции вместе с работами коллег по изучению геохимии этих объектов были признаны в числе важнейших достижений Российской академии наук за 1991 г. Основные итоги нашей работы на севере освящены в монографии «Тепловое поле Баренцевоморского региона» (Л. А. Цыбуля, В. Г. Левашкевич, 1992).

В 1993 г. я вернулся в Беларусь, имея уже солидный запас знаний в области наук о Земле и значимый задел для дальнейшей научной работы в области геотермометрии Восточно-Европейской платформы. Продолжая научную деятельность в должностях старшего, ведущего научного сотрудника Института геохимии и геофизики НАН Беларуси, а затем главного научного сотрудника и заместителя директора по научной работе Белорусского научно-исследовательского геологоразведочного института, работал над подготовкой докторской диссертации по геотермии окраин Восточно-Европейской платформы на примере Белорусско-Прибалтийского и Баренцевоморского регионов. Тематику я неоднократно обсуждал с академиком Р. Г. Гарецким, который поддержал направление работы и способствовал ее подготовке.

Начав работать над диссертацией в 1995 г., я намеревался к 2003–2004 гг. ее закончить. Так и получилось. В Минске не было условий для защиты докторской диссертации по геотермии, и мне было предложено защищаться в Москве. Коллеги посоветовали обратиться на кафедру геофизики МГУ, где членом диссертационного совета был известный ученый в области геотермии, профессор Геологического института РАН М. Д. Хуторской. Меня доброжелательно встретили на кафедре. Осенью 2005 г.

я представил доклад на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых». Зимой 2006 г. мне решением ВАК России была присуждена степень доктора наук.

Работая над диссертацией, я обратил внимание на недостаточное научное обоснование контроля за подземным хранением газа в Беларуси. В то время предприятием «Белтрансгаз» эксплуатировалось Осиповичское хранилище в Могилевской области и готовилось к вводу Прибугское – в Брестской. Наличие в пределах газовых хранилищ большого количества глубоких скважин различного назначения позволило нам предложить специальный термометрический метод их исследования с целью контроля состояния искусственной газовой залежи. Предложение было принято, а опытные исследования показали эффективность получаемых данных. Сотрудничество с «Газпром трансгаз Беларусь» (ранее «Белтрансгаз») продолжается и по настоящее время.

Оно приобрело лишь более широкую направленность в части выполнения геоэкологических исследований (включая термометрию скважин) на подземных хранилищах газа.

Особенностью деятельности человека, увлеченного наукой, является то, что эта деятельность никогда не прекращается. По дороге на работу планируешь ее этапы, после работы анализируешь полученные результаты, на отдыхе ищешь пути подхода к решению задач, а на работе получаешь новые экспериментальные данные и оформляешь все обдуманное в необходимую форму (научный отчет, статью, монографию...). Я в науке почти 48 лет и никогда не пожалел об этом!

Мои научные планы связаны с продолжением работ в области геоэкологии подземных хранилищ газа в Республике Беларусь. Это весьма важное направление связано с экологической и энергетической безопасностью страны.

В. Г. Левашкевич

АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ ГАЛКИН (К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



12 января 2025 г. исполнилось 60 лет **Александру Николаевичу Галкину** – известному в Беларуси и за рубежом специалисту в области региональной, инженерной и экологической геологии, доктору геолого-минералогических наук, профессору, профессору кафедры экологии и географии Витебского государственного университета имени П. М. Машерова.

А. Н. Галкин родился в п. Шубарши Кандагачского района Актюбинской области Республики Казахстан. После окончания средней школы № 1 в г. Калинковичи Гомельской области в 1982–1983 гг. был учащимся Мозырского профессионально-технического училища № 84 геологии, а в 1983 г. поступил на геологический факультет Гомельского государственного университета (специальность «Гидрогеология и инженерная геология»). В 1989–1990 гг. он обучался на кафедре инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. С 1990 г. после окончания Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины работал на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии этого университета. В 1992–1996 гг. А. Н. Галкин прошел обучение в аспирантуре МГУ по специальности «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение», где в 1999 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Диффузионно-осмотические свойства глинистых грунтов

Гомельского промышленного района», подготовленную под научным руководством профессора В. А. Королева.

С 2001 г. творческий путь А. Н. Галкина неразрывно связан с Витебским государственным университетом имени П. М. Машерова, где он в разные годы работал доцентом кафедры географии и начальником научно-исследовательского сектора. Здесь им была подготовлена и в 2014 г. в МГУ защищена диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук на тему «Литотехнические системы Беларуси: закономерности функционирования, мониторинг и инженерно-геологическое обоснование управления». Тесные творческие контакты с представителями геологических научных школ МГУ А. Н. Галкин сохраняет и в настоящее время.

Как ученого-геолога Александра Николаевича характеризует чрезвычайно высокая творческая активность. Он является автором более 250 научных и учебно-методических публикаций, в том числе 10 монографий, более 90 статей в научных журналах и сборниках, 25 учебных и учебно-методических пособий. В 2016 г. ему было присвоено ученое звание профессора по специальности «Геология».

Важнейшим научным достижением А. Н. Галкина, несомненно, является подготовленная и изданная совместно с коллегами (А. В. Матвеев, А. Ф. Санько, А. И. Павловский) фундаментальная монография «Инженерная геология Беларуси» в 3-х частях (2016–2018) под редакцией профессора В. А. Королева, обобщившая результаты многолетних инженерно-геологических исследований в нашей стране.

Огромное внимание А. Н. Галкин уделяет педагогической работе. Как профессор кафедры экологии и географии Витебского государственного университета имени П. М. Машерова он преподает дисциплины геологического и экологического направления для студентов, магистрантов и аспирантов. Здесь его важнейшими достижениями являются подготовленные в соавторстве с коллегами учебники «Палеогеография» (2019), «Техногенные грунты» (2020), «Грунтоведение» (2020), «Физическая география Витебской области» (2021), «Инженерная геоморфология» (2022). Являясь членом экспертного совета по наукам о Земле Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь, Александр Николаевич участвует и в подготовке кадров высшей научной квалификации.

А. Н. Галкин проводит активную научно-организационную работу. Он является председателем Национальной группы Международной ассоциации по инженерной геологии и окружающей среде (IAEG), входит в состав Национального комитета Международного союза по изучению четвертичного периода (INQUA). Является членом редколлегий научных журналов «Літасфера», «Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта», «Геоэкологія. Інженерная геологія. Гідрогеологія. Геокрыялогія» (Россия), «Ученые записки Ширакского государственного университета имени М. Налбандяна» (Армения), ежегодно участвует в организации научных и научно-практических конференций республиканского и международного уровней.

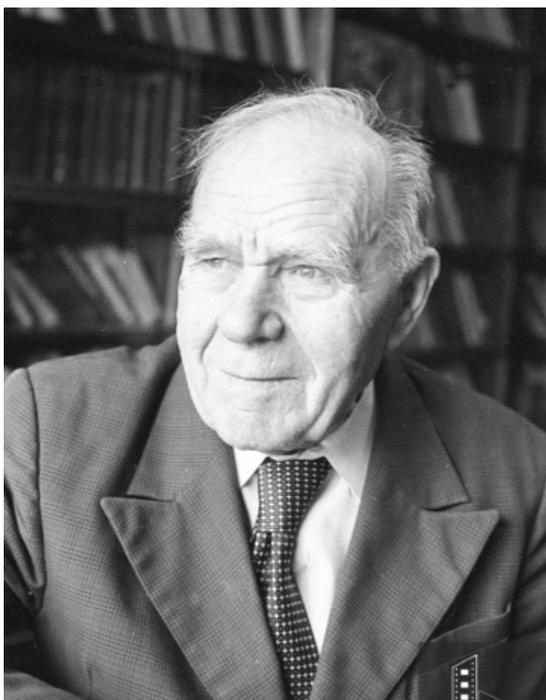
За активную и плодотворную научно-педагогическую деятельность Александр Николаевич награжден грамотой Министерства образования Республики Беларусь (2010), Почетной грамотой Министерства образования Республики Беларусь (2015), Почетной грамотой Национальной академии наук Беларуси (2017), Почетной грамотой Витебского государственного университета имени П. М. Ма-

шерава (2020, 2024), Грамотой Государственного комитета по науке и технологиям (2020). Он является лауреатом (2-е место в номинации «Химия и природопользование – для созидания и устойчивого развития государства») Республиканского конкурса творческих работ, посвященных Году мира и созидания (2023). Отмечен нагрудным знаком «Отличник образования» Министерства образования Республики Беларусь (2018) и нагрудным знаком отличия «За адзнаку» Витебского государственного университета имени П. М. Машерова (2021). В марте 2025 г. на годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии А. Н. Галкин был награжден медалью Е. М. Сергеева за вклад в развитие инженерной геологии.

Коллеги и друзья сердечно поздравляют Александра Николаевича с юбилеем и желают ему долгого здоровья, счастья, исполнения творческих замыслов в изучении геологии Беларуси и успехов в научно-педагогической деятельности.

Редколлегия, друзья, коллеги

ГАВРИЛА ИВАНОВИЧ ГОРЕЦКИЙ (К 125-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



10 апреля 2025 г. исполняется 125 лет со дня рождения выдающегося ученого в области четвертичной геологии и палеогеографии, доктора геолого-минералогических наук, академика **Гаврилы Ивановича Горецкого**.

Г. И. Горецкий родился в д. Малая Богатьковка Мстиславского района Могилевской области в семье крестьян. В 1906–1914 гг. учился в начальных учебных заведениях. После окончания школы поступил в Горецкое землемерно-агрономическое училище в г. Горки, где проучился до 1919 г. Позднее – студент Уфимского института народного образования, г. Уфа (1919–1920), Петровской (Тимирязевской) сельскохозяйственной академии, г. Москва (1920–1924). В период с 1923 по 1925 г. работал преподавателем в Коммунистическом университете национальных меньшинств Запада (г. Москва), в 1925–1927 гг. – доцент, заведующий кафедрой Белорусской государственной академии сельского хозяйства (г. Горки), в 1927–1930 гг. – директор Белорусского научно-исследовательского института сельского и лесного хозяйства имени В. И. Ленина (г. Минск). В 1928 г. постановлением СНК БССР утвержден действительным членом (академиком) Белорусской академии наук.

Первый опыт геологических исследований получил в 1931 г. при выполнении инженерно-геологических изысканий на Беломорстрое, будучи научным сотрудником Геологической базы Ленинградского

геологоразведочного треста (пос. Медвежья Гора, Карельская АССР). В 1932–1940 гг. работал на должностях старшего инженера-геолога и главного геолога на ответственных участках строительства таких крупных сооружений, как Беломорско-Балтийский канал, Нижне-Тулумская ГЭС, Верхне-Тулумская ГЭС. В первые годы Великой Отечественной войны проводил инженерно-геологические изыскания под строительство оборонных сооружений, выполнял оценку проходимости территории разными видами войсковых подразделений, поиски и разведку месторождений строительных материалов, питьевой воды в пределах Ленинградской, Калининской, Вологодской областей. В 1942–1969 гг. работал в различных структурах Гидропроекта, принимал участие в строительстве каскада гидроэлектростанций и других гидротехнических сооружений на р. Волга, Кама и др. Гавриле Ивановичу благодаря имеющемуся таланту исследователя параллельно с выполнением инженерно-геологических изысканий под различные крупные строительные объекты удалось накопить и обобщить обширный фактический материал по четвертичной геологии, геоморфологии и палеогеографии северных и центральных районов Европейской части СССР. Это позволило ему 16 февраля 1945 г. в Институте геологических наук АН СССР защитить кандидатскую диссертацию на тему «О роли местных географических условий в четвертичной истории (на примере изучения Кольской и Туломской долин на Кольском полуострове)». Менее чем через год, 13 мая 1946 г., Г. И. Горецкий в этом же институте защищает диссертацию на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук на тему «Неогеновые и четвертичные отложения района Средней Камы между устьем Вишеры и городом Боровском». Совокупность научных результатов, полученных им в период с 1931 по 1946 г., легла в основу нового научного направления – палеопотамологии – части палеогидрологии, изучающей древние (ископаемые) реки, или палеореки.

В 1968 г. Гаврила Иванович переезжает в г. Минск. До 1971 г. он старший научный сотрудник, заведующий сектором палеогеографии антропогенного периода лаборатории геохимических проблем АН БССР, в 1971–1985 гг. – заведующий отделом палеогеографии антропогена (с 1973 г. – отдел, с 1978 г. – лаборатория геологии и палеопотамологии антропогена Института геохимии и геофизики АН БССР). Начиная с середины 1960-х гг. геологические научные исследования Г. И. Горецкого приобрели широкий размах. Полученные резуль-

таты опублікованы в серіі монографій («Аллювій великих антропогенових прарек Русської рівнини. Прареки Камського басейна» (1964), «Формування долини р. Волги в ранньому і середньому антропогені. Аллювій Пра-Волги» (1966), «Аллювіальна летопись великого Пра-Днепра» (1970), «Особенности палеопотамологии ледниковых областей (на примере Белорусского Понеманья)» (1980), «Палеопотамологические эскизы Палео-Дона и Пра-Дона» (1982)) і ряду наукових статей в ведучих виданнях Союзного Союзу, ближнього і дальнього зарубіжжя. В стінах Інституту геохімії і геофізики АН БССР академіком Г. І. Горіцким була створена велика наукова школа геологів-четвертинників, які займаються комплексним вивченням кватерна Белорусії. В лабораторії, очолюваної їм, були підготовлені визнані спеціалісти в області регіональної і четвертинної геології, геоморфології, мінералогії, палинології, палеокарпології і др. Багато учнів Гаврилы Івановича в подальшому захистили кандидатські і докторські дисертації.

Всього Г. І. Горіцким опубліковано більше 160 наукових праць. Він нагороджений орденами Тру-

дового Червоного Знамени БССР (1930), Трудового Червоного Знамени (1952, 1971), Октябрьської Революції (1979), медалі «За перемогу над Німеччиною в Великій Вітчизняній війні 1941–1945 рр.» (1946), «За доблесний труд в Великій Вітчизняній війні 1941–1945 рр.» (1947), «За оборону Москви» (1948), «За трудове відміння» (1948). Відзначений звання «Заслужений діяч науки БССР» (1972), є лауреатом Державної премії СРСР «За роботи по палеопотамологии, будівництву аллювія і історії великих прарек Русської рівнини в антропогені» (1971) і Державної премії БССР «За розробку і впровадження наукових основ геології антропогена і геоморфології в практику геологорозвідочних робіт в республіці» (1986).

Не стало Гаврилы Івановича 20 листопада 1988 р. Похований на Північному кладовищі в м. Мінську.

В пам'ять численних вдячних учнів і колег по Гавриле Івановиче Горіцком завжди залишаться світлі спогади як про великого вченого і громадського діяча, дорогого вчителя і друга.

Редколегія

НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ КОРНИЛОВ (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



22 мая 2025 г. исполнилось 100 лет со дня рождения доктора геолога-минералогических наук, советского и белорусского геолога **Николая Александровича Корнилова**.

Николай Александрович родился в д. Косоурка Ивановской, ныне Нижегородской, области России. Начал трудовую деятельность в г. Мончегорске Мурманской области помощником электрика. Участник Великой Отечественной войны, в 1941 г. в возрасте 16 лет пошел добровольцем в истребительный батальон. После возвращения с войны закончил в 1947 г. учебу в Кировском горно-химическом техникуме и поступил в Ленинградский горный институт. Вице-президент РАН академик Николай Павлович Лавров, с которым Николай Александрович дружил долгие годы, впоследствии вспоминал, как для них, учащихся младших курсов техникума, было важным событием поступление одного из старшекурсников в сам Ленинградский горный. Это побудило младшекурсников, несмотря на тяжелое послевоенное время, всерьез взяться за учебу, выбрать нелегкий труд геолога. В 1952 г. Николай Александрович окончил геологоразведочный факультет института. Ленинградский горный институт уже со старших курсов привлекал студентов к серьезной производственной практике. Поэтому первое крещение

геолога студент Корнилов получил, участвуя в геологоразведке на Приполярном Урале. Приходилось переплывать верхом на лошадях горные реки, проходить в самые труднодоступные места, устраивать ночевки в глухой тайге. Опыт такой практики пригодился на всю дальнейшую жизнь геолога.

После окончания института Николай Александрович был направлен в Кольский филиал АН СССР, где работал в 1952–1961 гг. младшим научным сотрудником. Занимался изучением геологии и минералогии Печенгских медно-никелевых месторождений. Молодой ученый-геолог стал участником составления сводной геологической карты Печенгского рудного поля и выявления роли железистых серпентинитов для поисков медно-никелевых месторождений. В 1960 г. Н. А. Корнилов на основе своих научных работ и публикаций защитил кандидатскую диссертацию.

В 1961 г. в связи с состоянием здоровья семьи Николай Александрович переводится с заполярного севера страны на юг, в г. Симферополь, в Институт минеральных ресурсов АН УССР, где работает в 1961–1972 гг. старшим научным сотрудником. В эти годы он часто ездит в экспедиции, выступает на научных конференциях, знакомится с ведущими геологами страны, работающими в сходном направлении. В 1971 г. становится доктором геолого-минералогических наук. Тема его докторской диссертации «Происхождение богатых железных руд железисто-кремнистых формаций докембрия и некоторые общие закономерности их размещения». Разработанная научная методология поиска закономерностей происхождения богатых железных руд сохраняет свою актуальность и в наши дни.

В 1972 г. Н. А. Корнилов, уже известный специалист в области разведки железных руд, был приглашен в Минск для работы в качестве заведующего отделом БелНИГРИ (сейчас НПЦ по геологии). Научные интересы Николая Александровича состояли в составлении прогнозов месторождений железных руд, редких и благородных металлов в докембрийском кристаллическом фундаменте Беларуси, Прибалтики и Польши. Ему удалось построить крепкие научные связи с прибалтийскими и польскими геологами. Николая Александровича часто приглашали для участия в научных конференциях и оказания консультативной помощи в поисках железорудных месторождений в этих регионах. Н. А. Корнилов выделил новую Белорусско-Прибалтийскую железорудную провинцию и оценил ее промышленное значение.



Н. А. Корнилов на полевых работах

Он обладал свойством сочетать глубокий фундаментальный подход к решению научных проблем с получением практических результатов в экспедициях. Умел обосновывать экономическую эффективность геологических прогнозов, хорошо понимал связь науки с производством, результатом чего была подготовка предложений в Совет Министров Республики Беларусь по проблематике, которой занимался.

Н. А. Корнилов является автором более 100 научных работ, в том числе нескольких монографий по геологии железорудных месторождений и рудопроявлений Белорусско-Прибалтийского региона. Был членом редколлегии нескольких научных изданий, подготовил за время работы в БелНИГРИ квалифицированные научные кадры по направлению, которым руководил.

Николай Александрович был завзятым «полевиком», где бы ему ни доводилось работать – на Приполярном Урале, в Хибинах за полярным кругом, на украинских месторождениях, в белорусском озерном крае. Его любимой песней была «Держись, геолог, крепись, геолог...», а трудовой

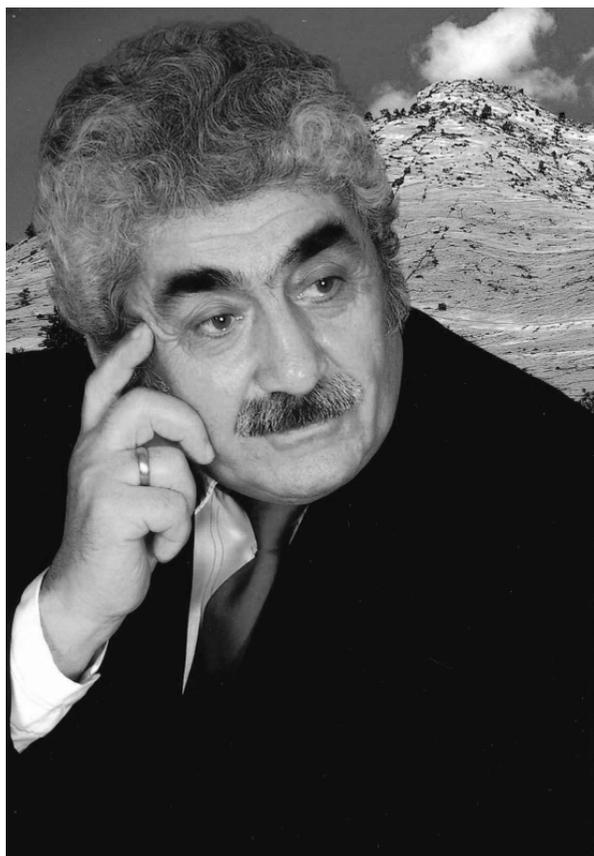
наградой, которую он ценил больше других, – медаль «За заслуги в разведке недр» Министерства геологии СССР.

Н. А. Корнилов активно участвовал в общественной жизни БелНИГРИ, в ветеранском движении, был отмечен дипломом «Ветеран БелНИГРИ» за многолетнюю плодотворную работу в институте, направленную на решение задач по развитию минерально-сырьевой базы Беларуси, принимал участие во многих мероприятиях как участник Великой Отечественной войны.

Николая Александровича не стало 11 апреля 2002 г. Он похоронен в Минске на Восточном кладбище. Его профессиональный путь отмечен в Белорусской энциклопедии и других изданиях, а полученные им научные результаты в области прогнозирования месторождений железных руд, редких и благородных металлов в кристаллическом фундаменте Беларуси сохраняют свою актуальность. Светлая память о Николае Александровиче Корнилове остается в наших сердцах.

Редколлегия, С. Н. Корнилов

АЛЬБЕРТ АЛЕКСАНДРОВИЧ БОГДАСАРОВ (К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



13 мая 2025 г. исполняется 90 лет со дня рождения известного ученого в области региональной геологии, минералогии и кристаллографии, деятеля высшей школы, популяризатора научных знаний, кандидата геолого-минералогических наук, профессора **Альберта Александровича Богдасарова**.

А. А. Богдасаров родился в г. Ташкент (Узбекистан). После окончания школы поступил на геолого-разведочный факультет Среднеазиатского политехнического института, который окончил в 1958 г. по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». Трудовую деятельность начал в Алмалыкской геологоразведочной экспедиции Узбекского геологического управления, а в 1963 г. перешел в Среднеазиатский научно-исследовательский и проектный институт цветной металлургии на должность старшего научного сотрудника, руководил работами по технологической минералогии сульфидно-флюоритовых руд различных месторождений Среднеазиатского региона.

При выполнении своих профессиональных обязанностей Альберт Александрович проявил способности к научной работе, интерес к широким обобщениям, наблюдательность и целеустремленность. Это позволило ему в 1965 г. поступить в оч-

ную аспирантуру Ташкентского политехнического института имени А. Р. Беруни, которую А. А. Богдасаров окончил досрочно в 1967 г. защитой диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук на тему «Вещественный состав и технологические особенности руд сульфидно-флюоритовых месторождений Средней Азии». Исследования выполнялись под научным руководством академика АН УзССР Х. Н. Баймухамедова.

С сентября 1967 г. Альберт Александрович занимает должность старшего преподавателя кафедры полезных ископаемых геологоразведочного факультета Ташкентского политехнического института имени А. Р. Беруни, а с сентября 1969 г. – должность доцента этой же кафедры. В 1971 г. А. А. Богдасарову присвоено ученое звание доцента. В этот период он читал такие учебные дисциплины, как «Геология полезных ископаемых», «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых», «Методы исследования руд», «Специальные методы обогащения руд», «Минераграфия и шлиховой анализ», руководил курсовыми и дипломными работами, полевыми практиками. Преподавательскую деятельность Альберт Александрович успешно сочетал с научными исследованиями, которые лежали в области технологической минералогии, поисков и разведки полезных ископаемых. А. А. Богдасаровым была обоснована минералого-технологическая классификация ртутных руд, позволяющая выявлять закономерности и прогнозировать технологические свойства руд новых участков и месторождений.

В январе 1979 г. Альберт Александрович избран по конкурсу на должность доцента кафедры географии Брестского государственного педагогического института имени А. С. Пушкина (ныне – Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина). Здесь он читал полный цикл геологических дисциплин для студентов факультета естествознания очной и заочной форм обучения, разработал ряд оригинальных спецкурсов. Усилиями А. А. Богдасарова была создана обширная экспозиция минералов, горных пород и окаменелостей, фактически превратившая учебный кабинет геологии в минералого-петрографический музей. В 1984–1991 гг. руководил и принимал непосредственное участие в работах по изучению закономерностей размещения и условий образования янтарепроявлений на территории Брестской области, которые выполнялись совместно с сотрудниками Института геохимии и геофизики АН БССР. В апреле 1991 г. Альберт Александрович

вич избран по конкурсу на должность профессора кафедры географии Брестского государственного педагогического института имени А. С. Пушкина, а в декабре 1992 г. ему присвоено ученое звание профессора. Впоследствии, кроме выполнения научной и преподавательской работы, А. А. Богдасаров занимался распространением и популяризацией геологических научных знаний, выступая в качестве эксперта при обсуждении различных вопросов наук о Земле и публикуя научно-популярные статьи и заметки в средствах массовой информации. Широко известны его публикации в газетах «Аргументы и факты», «Брестский курьер», «Веды», «Заря», «Советская Белоруссия» и других подобных изданиях.

А. А. Богдасаров – автор и соавтор более 300 научных работ, в том числе свыше 10 монографий,

230 статей и материалов конференций, около 70 отчетов о НИР. С 1969 г. являлся членом Всесоюзного минералогического общества, с 1983 г. – Географического общества БССР, с 1994 г. – Белорусского геологического общества, а с 1998 г. – членом-корреспондентом Петровской академии наук и искусств. Награжден медалями «За доблестный труд» (1970), «Ветеран труда» (1984) и нагрудным знаком «Выдающийся адукацыі Рэспублікі Беларусь» (1995).

В памяти многочисленных коллег и учеников Альберт Александрович навсегда останется примером талантливого исследователя и выдающегося преподавателя, всецело преданного своему делу.

Редколлегия

МИХАИЛ АНДРЕЕВИЧ ВАЛЬЧИК – ТАЛАНТЛИВЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ГЕОЛОГИИ КВАРТЕРА БЕЛАРУСИ



21 февраля 2025 г. исполнилось бы 80 лет со дня рождения известного белорусского геолога, исследователя четвертичных отложений, кандидата геолого-минералогических наук, доцента **Михаила Андреевича Вальчика** (1945–1994). Михаил Андреевич в раннем возрасте потерял родителей, они были зверски убиты бандитами, орудовавшими в лесах после Второй мировой войны. Поэтому он вместе с сестрой вырос в детском доме. После окончания средней школы поступил на географический факультет Белорусского государственного университета, где увлекся геологией. Для прохождения производственной и преддипломной практики М. А. Вальчик был направлен в Институт геохимии и геофизики АН БССР в отдел палеогеографии антропогена, где в то время заведующим был известный геолог академик Г. И. Горещкий. Гаврила Иванович сразу заметил способного и трудолюбивого студента, предложил ему поступить в аспирантуру и заняться изучением истории развития речных долин.

После окончания вуза с красным дипломом Михаил Андреевич поступил в очную аспирантуру Института геохимии и геофизики АН БССР в отдел палеогеографии антропогена и приступил к исследованию долины Немана под руководством Л. Н. Вознячука. В 1978 г. защитил кандидатскую

диссертацию по специальности «Общая и региональная геология», а позже опубликовал монографию, посвященную геологическому строению и развитию долины Немана в неоплейстоцене и голоцене, которая вызвала значительный интерес у отечественных и зарубежных специалистов. Впоследствии Михаил Андреевич исследовал краевые ледниковые образования области Центрально-белорусских возвышенностей и гряд, а также проявлял интерес к изучению геологического строения остальной территории Беларуси. Он участвовал в исследовании долины Западной Двины и важных в стратиграфическом отношении геологических разрезов на территории соседних регионов, проводил подготовку объектов к XI Конгрессу INQUA (1980). Одна из полевых экскурсий проходила по Белорусскому Поднепровью и Подвинью, где Михаил Андреевич руководил процессом подготовки одного из важнейших геологических объектов в овраге Нижинский Ров. Его перу принадлежит более 70 научных работ в сборниках и журналах, изданных Академией наук и Белгосуниверситетом.

В 1990 г. М. А. Вальчик перешел на преподавательскую работу в БГУ, где преподавал различные геологические дисциплины и проводил геологические практики для студентов. Он очень любил общаться с молодежью, передавать свои знания и делиться богатым опытом изучения разрезов. К сожалению, болезнь сердца не позволила ему дальше заниматься любимым делом. 25 января 1994 г. в возрасте 49 лет он ушел из жизни.

Михаил Андреевич был эрудированным геологом и географом, и это было залогом его успеха в разгадке неоплейстоценовой и голоценовой истории развития долины Немана и других рек бассейна Балтийского моря, в деле изучения строения и условий формирования в среднем плейстоцене Минской возвышенности – самой крупной ледниково-аккумулятивной формы Европы.

Михаил Андреевич стал основателем палеолимнологического метода определения возраста моренных горизонтов. В конце 80-х гг. прошлого века вокруг этой проблемы велась острая дискуссия. Предыдущие исследователи полагали, что традиционные биостратиграфические методы расчленения четвертичных отложений позволяют достоверно установить количество ледниковых эпох в области материковых оледенений и возраст моренных горизонтов. Как оказалось, при традиционном подходе к оценке возраста морен однозначный ответ получить не всегда возможно, особенно

в краевой зоне и в районах развития гляциодислокаций древнематериковой области. М. А. Вальчик смог установить, что водораздельные озера обязаны своим происхождением гляциокарсту, который проявлялся в финальную фазу оледенения вплоть до начала межледниковья в области того оледенения, после которого они получили морфологическую выраженность в рельефе. В течение ряда лет М. А. Вальчику приходилось убеждать коллег, что предложенный палеолимнологический метод вносит ясность в вопрос о стратиграфическом положении и геохронологическом месте отложенной морены в пределах распространения того или иного покровного ледника.

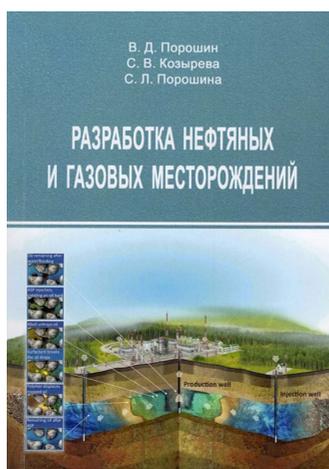
Одним из его сильных желаний было убедить скептически настроенных стратиграфов и геоморфологов в том, что сожский (варта, московский) ледниковый комплекс отложений относится не к образованиям ледниковой эпохи (оледенения), а к стадии днепровского оледенения среднего плейстоцена. Используя данные по палеоозерам при палеогеографических реконструкциях среднеплейстоцено-

вого оледенения, М. А. Вальчик первым обнаружил, что в области днепровского ледника и в пределах его сожской стадии муравинские межледниковые отложения приурочены к ледниковым котловинам, образованным в результате гляциокарста в конце позднеледниковья среднего плейстоцена – начале муравинского межледниковья.

Исследования М. А. Вальчика имели важное значение для стратиграфии и палеогеографии среднего плейстоцена Беларуси. В большой степени благодаря его работам были внесены изменения в стратиграфическую схему четвертичных отложений Беларуси (2010), и мы теперь знаем, что последний ледниковый горизонт среднего плейстоцена включает два стратиграфических подгоризонта (днепровский и сожский), которые соответствуют крупным стадиям.

Коллеги и ученики Михаила Андреевича Вальчика чтут память о нем и используют его научное наследие в своей работе.

М. Е. Комаровский, Г. И. Литвинюк



Разработка нефтяных и газовых месторождений : учеб. пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина : М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 399 с.

Рассмотрены геологическое строение месторождений нефти и газа, подготовка их к разработке, способы эксплуатации нагнетательных и добывающих скважин, основы эксплуатации месторождений углеводородов на различных режимах дренирования, основы проектирования, контроля, моделирования и регулирования процесса разработки нефтяных и газовых залежей, методы повышения нефте- и газоотдачи продуктивных пластов, основные положения охраны недр и окружающей среды.



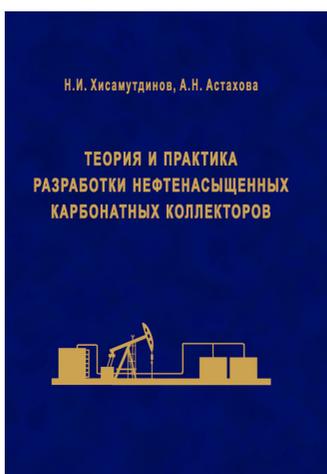
Бескопыльный, В. Н. Наши развилки: эволюция природы на пути к человечеству / В. Н. Бескопыльный. – Гомель : Вечерний Гомель-Медиа, 2024. – 547 с.

В научно-популярной форме прослеживается удивительный маршрут эволюции природы от хаоса элементарных частиц Большого взрыва до человека разумного современного. Увлекательный и непредсказуемый путь природы к человеку в нашей Вселенной оказался невероятно протяженным, очень извилистым и продолжительным. Этот человеческий маршрут пробивался в будущее через клубок неисчислимого количества разных направлений эволюции природы.



Копп, М. Л. Кинематическое взаимодействие динамических стресс-режимов и его геологические следствия / М. Л. Копп ; отв. ред. К. Е. Дегтярев. – М. : ГЕОС, 2024. – 196 с.

Монография посвящена проблеме мобильности литосферы и закономерностям появления пластифицированных тектонических потоков. Раскрываются вопросы реконструкций латеральных потоков разного динамического типа и анализа взаимодействия разных стресс-режимов в новейшей вертикальной динамической стратификации Русской плиты, приемы компьютеризованной реконструкции поля новейших напряжений, генерализующие мезоструктурные данные для платформы, а также авторские способы интерпретации линеаментов гидросети, содержащие некоторую информацию о характере новейшего поля напряжений на Восточно-Европейской платформе.



Хисамутдинов, Н. И. Теория и практика разработки нефтенасыщенных карбонатных коллекторов / Н. И. Хисамутдинов, А. Н. Астахова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. ; Ижевск : Ин-т компьютерных исследований, 2024. – 376 с.

Рассмотрены вопросы разработки нефтенасыщенных карбонатных коллекторов трещиновато-порового строения. Подробно описаны характеристики карбонатных коллекторов путем деления их по типам формирования и строения матрицы и зерен по данным лабораторных, геофизических и гидродинамических исследований. Показаны методы изучения интенсификации притока нефти гидродинамическими способами, физико-химическим воздействием на призабойную зону и пласт, в частности, газовыми, водогазовыми технологиями и растворами химреагентов. Особое внимание уделено формированию сетки скважин и управлению коэффициентом нефтеотдачи пластов путем создания различных схем и вариантов размещения добывающих и нагнетательных вертикальных, горизонтальных скважин, боковых стволов с конструкцией скважин однотипного и смешанного вариантов. Рассмотрено влияние плотности сетки скважин на коэффициент нефтеизвлечения по залежи, в том числе для случая малопродуктивных и разрозненных запасов в продуктивном пласте.



Чудинов, Ю. В. Моя геология. Эдукция и расширение Земли / Ю. В. Чудинов. – М. : ГЕОС, 2024. – 311 с.

В книге развивается идея эдукции как глобального тектонического процесса, ведущего к расширению Земли. Согласно модели эдукции мантийный материал, поступающий из недр к активным границам континентов и океанов, переносит несравнимо больше энергии, чем допускалось ранее. Вывод о распространении газовых форм переноса вещества по сейсмофокальным зонам проясняет многие теоретические и практические проблемы рудной и нефтегазовой геологии.

ПРАВИЛЫ ДЛЯ АЎТАРАЎ

I. У часопісе «Літасфера» публікуюцца арыгінальныя (раней не апублікаваныя) артыкулы, якія адпавядаюць тэматыцы часопіса. Да артыкула, які 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 прадстаўляецца 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 прадстаўляецца 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 адраса, паштовага індэкса, горада, краіны для кожнага аўтара, адрас электроннай пошты аўтара, з якім можна весці перапіску (звычайны шрыфт, выраўноўванне па цэнтры, у канцы радка знакі прыпынку не ставяцца);

анатацыя на мове артыкула (100–200 слоў курсівам без абзацнага водступу, выраўноўванне па шырыні); ключавыя словы 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 словы (5–10 слоў) на дзвюх іншых афіцыйных мовах часопіса.

Анатацыя (аўтарскае рэзюмэ) павінна каратка прадстаўляць вынікі працы і быць інфарматыўнай, структураванай, зразумелай у адрыве ад асноўнага тэксту артыкула.

Ключавыя словы – 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 аб'ём артыкула таксама ўваходзяць табліцы і малюнкi, 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 Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь (ДАСТ 7.1-2003). Цытаваная літаратура прыводзіцца агульным спісам у алфавітным парадку, спасылкі ў тэксце даюцца парадковым нумарам у квадратных дужках (напр., [1]), раздзяляльнік – кропка з коскай; спасылкі на неапублікаваныя працы не дапускаюцца. У выпадку пералічэння некалькіх крыніц у адной спасылцы яны падзяляюцца кропкай з коскай (напр., [1; 2; 3; 4 і г. д.]).

У канцы артыкула прыводзяцца дзве анатацыі ў наступным парадку: у рускамоўных артыкулах – спачатку на беларускай мове, затым на англійскай; у англамоўных – спачатку на беларускай, потым на рускай; у беларускамоўных – спачатку на рускай, потым на англійскай. Пасля тэксту анатацыі прыводзяцца ключавыя словы на адпаведнай мове (5–10 слоў, звычайнае напісанне, без абзацнага водступу, выраўноўванне па шырыні).

IV. Электронны варыянт артыкула прадстаўляецца на электронным носьбіце 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 індэксy (C2, C4) – праз меню «Шрыфт / Верхні індэкс», «Шрыфт / Ніжні індэкс». Для вылучэння тэкставых фрагментаў выкарыстоўваецца паўтлусты шрыфт ці курсіў. Для раздзялення дзесятковых дробаў выкарыстоўваецца коска (у артыкулах на англійскай мове – кропка).

V. Чорна-белыя і каляровыя малюнкi 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 сімвалаў (грэчаскае, 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 адрас: вул. Акадэміка Купрэвіча, 7, к. 228, рэдакцыя навуковага часопіса «Літасфера», 220084, г. Мінск, Рэспубліка Беларусь, тэл. для давадак: +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 кругладова.

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 Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь (ГОСТ 7.1-2003). Цитируемая 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 присылается 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 (C2, C4) – 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 предоставляются 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 редакцией не принимаются.

Материалы для публикации следует направлять по адресу: ул. Академика Купревича, 7, к. 228, редакция научного журнала «Літасфера», 220084, г. Минск, Республика Беларусь, тел. для справок: +375 17 395 99 78; либо по электронной почте: litasfera@geologiya.by.

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 Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus (ГОСТ 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 (C2, C4) – 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 228, editorial office of the scientific journal "Litasfera", 220084, Minsk, Republic of Belarus, tel. for inquiries: +375 17 395 99 78; or by e-mail: litasfera@geologiya.by.

The journal is published twice a year, one issue per six months, articles are accepted for publication year-round.

Навуковае выданне

ЛІТАСФЕРА

1 (62)

2025

Камп'ютарная вёрстка *В. М. Вароб'ёва*
Карэктар *Т. В. Малеева*

Падпісана ў друк 04.06.2025. Фармат 60×90/8.
Папера каландраваная. Друк лічбавы.
Ум. друк. арк. 30,75. Ул.-выд. арк. 18,47.
Наклад 100 экз. Заказ 25551.

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. Веласіпеды, 5-904, 220033, Мінск.

+375 17 361 91 40
post@segment.by
segment.by