

Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства «Навукова-вытворчы цэнтр па геалогіі»
Навуковы часопіс, заснаваны ў лістападзе 1994 г. Выходзіць 2 разы ў год. Снежань 2022 года

ЗМЕСТ

■ ГЕАЛОГІЯ

Г.Д. Стальцова, А.Ф. Кузьмянкова, А.Г. Лапцэвіч, С.С. Манкевіч, У.Р. Ашурка, Н.У. Глаз, Л.А. Карымава, С.А. Кручаў, У.І. Талсташэў, В.Ю. Абухоўская ВІНКІ ГЛЫБІННАГА ГЕАЛАГІЧНАГА КАРЦРАВАННЯ МАШТАБУ 1:200 000 НА ТЭРЫТОРЫІ ЛІСТОЎ N-36-XIX (МАГІЛЁЎ), N-36-XXV (ЖЛОБІН), N-36-XXXI (ГОМЕЛЬ) І N-36-XXXII (ДОБРУШ) (ПЛАТФОРМАВЫ ЧАХОЛ)	3
А.А. Піскун, А.А. Талкачыкава, М.П. Гурыновіч АСАБЛІВАСЦІ РЭЧЫЎНАГА СКЛАДУ МЕТАСАМАТЫТАЎ КРЫШТАЛІЧНАГА ФУНДАМЕНТА ЗАХАДУ БЕЛАРУСІ (УЧАСТАК «ШНІПКІ»).....	9
У.І. Талсташэў, П.А. Сахарук СТРАТЫГРАФІЯ І КАРЭЛЯЦЫЯ АДКЛАДАЎ ВІЗЭЙСКАГА ЯРУСА НІЖНЯГА КАРБОНУ ў ПАУДНЁВАЙ ЧАСТЦЫ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ	24
Г.В. Шыдлоўская, Т.Б. Рылова, Т.В. Якубоўская ПАЛЕАБАТАНІЧНАЕ АБГРУНТАВАННЕ БЕЛАВЕЖСКАГА ЎЗРОСТУ СТАРАЖЫТНААЗЕРНЫХ ПЛЕЙСТАЦЭНАВЫХ АДКЛАДАЎ, ВЫЯЎЛЕННЫХ КАЛЯ в. ШЫЛАЎ ВУГАЛ У МАГІЛЁЎСКАЙ ВОБЛАСЦІ	38
Т.Б. Рылова, Г.В. Шыдлоўская РЭГІЯНАЛЬНЯЯ АСАБЛІВАСЦІ ПАЛІНАСТРАЦГРАФІІ МУРАВІНСКІХ АДКЛАДАЎ, МІЖЛЕДАВІКОВАЙ РАСЛІННІСЦІ І КЛІМАТУ НА ТЭРЫТОРЫІ ЦЭНТРАЛЬНай БЕЛАРУСІ	55
I.Р. Захарыя МІГРАЦЫЯ НАФТЫ ў ПУСТОТНАЙ ПРАСТОРЫ ГОРНЫХ ПАРОД: ЛАТЭРАЛЬНАЯ ЦІ ЎЗЫХОДНАЯ	76
М.І. Аўтушка, А.В. Мацвеев, А.І. Жукоўскі, С.А. Ісачэнка ДЫЯГНОСТЫКА ЗОН ТЭКТАНІЧНЫХ ДЫСЛАКАЦІЙ ПА ДАННЫХ ПАЛЯВОЙ ГАМА-СПЕКТРАСКАПІІ ПРЫПАВЕРХНЕВЫХ ДЫСПЕРСНЫХ ГРУНТОЎ НА ТЭРЫТОРЫІ г. ГОМЕЛЯ	88
Я.А. Кухарык АСАБЛІВАСЦІ ПРАЯЎЛЕННЯ СУЧАСНЫХ КАРСТАВЫХ І СУФАЗІЙНЫХ ПРАЦЭСАЎ НА ТЭРЫТОРЫІ ЦЭНТРАЛЬНай БЕЛАРУСІ	94

■ ГЕАХІMІЯ

А.А. Махнach, Б.Г. Пакроўскі, В.В. Мурашка ВАРЯЦЫІ ІЗАТОПІНАГА СКЛАДУ ВУГЛЯРОДУ І КІСЛАРОДУ ў ЭМСКА-ФРАНСКІХ АДКЛАДАХ ПАУНОЧНА-ПРЫПЯЦКАГА ПЛЯЧА (ПАУДНЁВЫ ЎСХОД БЕЛАРУСІ)	101
---	-----

■ КАРЫСНЫЯ ВЫКАПНІ

В.Г. Жогла ГІДРАГЕАЛАГІЧНЫЯ ЎМОВЫ РАСПРАЦОЎКІ НАВАДВОРСКАГА МЕСЦАНАРАДЖЭННЯ БАЗАЛЬТАЎ ..	116
Я.Г. Грыбіk, П.П. Поўжык, А.С. Грудзініn, Я.Г. Парэмскі ПРАМЫСЛОВЫ ПРЫТОК НАФТЫ З ПАРОД КРЫШТАЛІЧНАГА ФУНДАМЕНТА ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ	131
А.А. Шаруноў, В.С. Рудзько ВЫБАР ПЕРШАЧАРГОВЫХ АБ'ЕКТАЎ ДЛЯ ПРАВЯДЗЕННЯ ГЕОЛАГАРАЗВЕДАЧНЫХ РАБОТ НА ВУГЛЕВАДАРОДЫ З УЛІКАМ ІНФАРМАТЫЎНЫХ КРЫТЭРЫЯЛЬНЫХ ПАДЫХОДАЎ (НА ПРЫКЛАДЗЕ ПАУДНЁВАЙ СТРУКТУРНА-ТЭКТАНІЧНАЙ ЗОНЫ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІБУ)	139

Н.С. Пятрова, Н.Ю. Дзянісава, І.Р. Захарыя УЗАЕМААДНОСІНЫ НАФТАГАЗАНОСНЫХ І САЛЯНОСНЫХ СТРУКТУРНА-РЭЧАВЫХ КОМПЛЕКСАЎ НА ПАУНОЧНЫМ ЗАХАДЗЕ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ	151
--	-----

Н.С. Пятрова, Н.Ю. Дзянісава ПАТРАБАВАННІ ДА ТЭХНАЛАГІЧНАЙ ВЫВУЧАНАСЦІ КАЛІЙНЫХ РУД ПАКЛАДАЎ ПРЫПЯЦКАГА КАЛІЕНОСНАГА БАСЕЙНА	159
---	-----

■ ХРОНІКА

■ ЮБІЛЕІ

Т.Б. Рылова	171
-------------------	-----

■ СТРАТЫ НАВУКІ

В.С. Канішчаў	173
П.З. Хоміч	175

■ ПАМЯЦІ ВУЧОНАГА

Р.Я. Айзберг	176
А.К. Карабанаў	182

■ НАВІНКІ ЛІТАРАТУРЫ

ЛІТАСФЕРА

2 (57)

2022

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр по геологии»
Научный журнал, основанный в ноябре 1994 г. Выходит 2 раза в год. Декабрь 2022 года

Republican unitary enterprise «Research and Production Center for Geology»
Scientific Journal set up in November, 1994 is published two times a year. December 2022

СОДЕРЖАНИЕ – CONTENTS

■ ГЕОЛОГИЯ – GEOLOGY

Г.Д. Стрельцова, О.Ф. Кузьменкова, А.Г. Лаптевич, С.С. Манкевич, В.І. Ашурко, Н.В. Глаз, І.А. Каримова, С.А. Кручек, В.І. Толстошев, В.Ю. Обуховская ИТОГИ ГЛУБИННОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ МАСШТАБА 1:200 000 ТЕРРИТОРИИ ЛИСТОВ N-36-XIX (МОГИЛЕВ), N-36-XXV (ЖЛОБИН), N-36-XXXI (ГОМЕЛЬ) И N-36-XXXII (ДОБРУШ) (ПЛАТФОРМЕННЫЙ ЧЕХОЛ) G. Streltsova, O. Kuzmenkova, A. Laptsevich, S. Mankevich, V. Ashurko, N. Glaz, I. Karimova, S. Kruchek, V. Tolstoshev, V. Obukhovskaya RESULTS OF DEEP GEOLOGICAL MAPPING AT A SCALE OF 1:200 000 OF THE TERRITORY OF THE TOPO SHEETS N-36-XIX (MOGLIEV), N-36-XXV (ZHLOBIN), N-36-XXXI (GOMEL) AND N-36-XXXII (DOBROUSH) (PLATFORM COVER)	3
О.А. Писун, А.А. Толкачикова, М.П. Гуринович ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА МЕТАСОМАТИТОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ЗАПАДА БЕЛАРУСИ (УЧАСТОК «ШНИПКИ») O. Piskun, A. Tolkachikova, M. Hurynovich FEATURES OF THE COMPOSITION OF METASOMATITES OF THE CRYSTALLINE BASEMENT OF WESTERN BELARUS (SHNIPIKI SITE) .	9
В.І. Толстошев, П.О. Сахарук СТРАТИГРАФИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ВИЗЕЙСКОГО ЯРУСА НИЖНЕГО КАРБОНА В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА V. Tolstoshev, P. Sakharuk STRATIGRAPHY AND CORRELATION OF THE LOWER CARBONIFEROUS VISEAN DEPOSITS IN THE SOUTHERN PART OF THE PRIPYAT TROUGH	24
А.В. Шидловская, Т.Б. Рылова, Т.В. Якубовская ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БЕЛОВЕЖСКОГО ВОЗРАСТА ДРЕВНЕОЗЕРНЫХ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, ВСКРЫТЫХ У д. ШИЛОВ УГОЛ В МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ A. Shidlovskaya, T. Rylova, T. Yakubovskaya PALEOBOTANICAL SUBSTANTIATION OF THE BELOVEZHIAN AGE OF THE ANCIENT LACUSTRINE PLEISTOCENE DEPOSITS EXPOSED AT SHILOV UGOL SITE IN MOGILEV REGION	38
Т.Б. Рылова, А.В. Шидловская РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПАЛИНОСТРАТИГРАФИИ МУРАВИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ, МЕЖЛЕДНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕЛАРУСИ T. Rylova, A. Shidlovskaya REGIONAL FEATURES OF THE MURAVIAN DEPOSITS, PALYNOSTRATIGRAPHY, INTERGLACIAL VEGETATION AND CLIMATE ON THE TERRITORY OF CENTRAL BELARUS	55
І.Р. Захарія МІГРАЦІЯ НЕФТИ В ПУСТОТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ГОРНІХ ПОРОД: ЛАТЕРАЛЬНАЯ ИЛИ ВОСХОДЯЩАЯ I. Zakharia OIL MIGRATION IN THE PORE SPACE OF ROCKS: LATERAL VS ASCENDING	76
М.І. Автушко, А.В. Матвеев, А.І. Жуковский, С.А. Ісаченко ДІАГНОСТИКА ЗОН ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДІСЛОКАЦІЙ ПО ДАННИМ ПОЛЕВОЇ ГАММА-СПЕКТРОСКОПІИ ПРИПОВЕРХНОСТНИХ ДІСПЕРСНИХ ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРІІ г. ГОМЕЛЯ M. Autushka, A. Matveyev, A. Zhukovsky, S. Isachenko TECTONIC DISLOCATION DETECTION BASED ON FIELD GAMMA-SPECTROSCOPY MEASUREMENTS OF NEAR-SURFACE DISPERSIVE SOILS ON THE TERRITORY OF GOMEL.....	88
Е.А. Кухарік ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КАРСТОВЫХ И СУФФОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕЛАРУСИ	

E. Kukharik

MANIFESTATION OF MODERN KARST AND SUFFOSION
PROCESSES ON THE TERRITORY OF CENTRAL BELARUS 94

■ ГЕОХИМИЯ – GEOCHEMISTRY

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

ВАРИАЦИИ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕРОДА
И КИСЛОРОДА В ЭМССКО-ФРАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ

СЕВЕРО-ПРИПЯТСКОГО ПЛЕЧА (ЮГО-ВОСТОК БЕЛАРУСИ)

A. Makhnach, B. Pokrovsky, O. Murashko

VARIATIONS OF THE CARBON AND OXYGEN ISOTOPIC
COMPOSITION IN THE EMSIAN – FRASIAN DEPOSITS OF THE
NORTH PRIPYAT SHOULDER (SOUTH-EAST OF BELARUS) 101

■ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ – MINERALS

В.Г. Жогло

ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УСЛОВІЯ РАЗРАБОТКИ
НОВОДВОРСЬКОГО МЕСТОРОДЖЕННЯ БАЗАЛЬТОВ

V. Zhoglo

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF DEVELOPMENT
NOVODVORSKOYE BASALT DEPOSIT

116

Я.Г. Грибік, П.П. Повжик, А.С. Грудінін, Е.Г. Паремський

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ПРИТОК НЕФТИ ИЗ ПОРОД
КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Ya. Gribik, P. Povzhik, A. Grudinin, E. Paremsky

INDUSTRIAL INFLOW OF OIL FROM THE ROCKS OF THE

CRYSTALLINE BASEMENT OF THE PRIPYAT TROUGH 131

А.А. Шарунов, В.С. Рудько

ВИБОР ПЕРВОЧЕРЕДНИХ ОБ'ЄКТОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНИХ РАБОТ НА УГЛЕВОДОРОДЫ
С УЧЕТОМ ІНФОРМАТИВНИХ КРИТЕРІАЛЬНИХ ПОДХОДОВ
(НА ПРИМЕРЕ ЙОУННОЇ СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСЬКОЇ
ЗОНИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА)

A. Sharunov, V. Rudko

SELECTION OF PRIORITY OBJECTS FOR GEOLOGICAL
EXPLORATION FOR HYDROCARBONS, TAKING INTO
ACCOUNT INFORMATIVE CRITERIA APPROACHES

139

Н.С. Петрова, Н.Ю. Денисова, И.Р. Захария

ВЗАЙМООТНОШЕНІЕ НЕФЕГАЗОНОСНИХ И СОЛЕНОСНЫХ
СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА СЕВЕРО-
ЗАПАДЕ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

N. Petrova, N. Denisova, I. Zakharia

RELATIONSHIP OF OIL AND GAS BEARING AND SALT-BEARING
STRUCTURAL AND MATERIAL COMPLEXES IN THE NORTH-WEST
OF THE PRIPYAT TROUGH

151

Н.С. Петрова, Н.Ю. Денисова

ТРЕБОВАНІЯ К ТЕХНОЛОГІЧСЬКІЙ ІЗУЧЕННОСТІ
КАЛІЙНИХ РУД ЗАЛЕЖЕЙ ПРИПЯТСКОГО КАЛІЕНОСНОГО
БАССЕЙНА

N. Petrova, N. Denisova

REQUIREMENTS FOR TECHNOLOGICAL EXPLORATION
OF POTASH DEPOSITS OF THE PRITYAT POTASSIUM-BEARING
BASIN

159

■ ХРОНИКА – CHRONICLE

■ ЮБІЛЕІ – ANNIVERSARIES

Т.Б. Рылова / T. Rylova

171

■ ПОТЕРИ НАУКИ – OBITUARIES

В.С. Конищев / V. Konishchev

173

П.З. Хомич / P. Homich

175

■ ПАМЯТЬ УЧЕНОГО – MEMORIES OF A SCIENTIST

Р.Е. Айзберг / R. Aizberg

176

А.К. Карабанов / A. Karabanov

182

■ НОВИНКИ ЛІТЕРАТУРЫ – NEW LITERATURE

184

ГЕАЛОГІЯ

УДК 550.8 : 528(476)

ІТОГИ ГЛУБИННОГО ГЕОЛОГІЧЕСКОГО КАРТИРОВАННЯ МАСШТАБА 1:200 000 ТЕРРИТОРИИ ЛИСТОВ N-36-XIX (МОГІЛЕВ), N-36-XXV (ЖЛОБИН), N-36-XXXI (ГОМЕЛЬ) И N-36-XXXII (ДОБРУШ) (платформенный чехол)

Г.Д. Стрельцова¹, О.Ф. Кузьменкова¹, А.Г. Лапцевич¹, С.С. Манкевич¹,
В.Г. Ашурко², Н.В. Глаз¹, Л.А. Каримова¹, С.А. Кручек¹, В.И. Толстошев¹,
В.Ю. Обуховская¹

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

¹Филиал «Институт геологии»

ул. Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь

²Филиал «Белорусская комплексная геологоразведочная экспедиция»

ул. Геологическая, 117, 220138, Минск, Беларусь

E-mail: geomin_st@geologiya.by, geomin_kz@geologiya.by, geomin_lap@geologiya.by

Кратко изложены новые данные о распространении, строении и вещественном составе разновозрастных отложений платформенного чехла, полученные в 2016–2020 гг. в результате глубинного геологического картирования масштаба 1:200 000 (ГГК 200) территории листов N-36-XIX (Могилев), N-36-XXV (Жлобин), N-36-XXXI (Гомель) и N-36-XXXII (Добруш), включавшего комплекс площадных геофизических работ и бурение картировочных скважин. При анализе особенностей распространения осадочных и вулканогенных образований и составлении геологических карт домезозойской и до-четвертичной поверхности масштаба 1:200 000, пояснительных записок и разрезов к ним использованы актуализированные (для отложений девона, юры и мела) данные базы буровой изученности и геолого-геофизические материалы региональных работ, синхронных ГГК 200, по опорному сейсмическому профилю Лоев – Гомель – Могилев и параметрическим скважинам.

В 2016–2020 гг. в юго-восточной части территории Беларуси (восточные районы Гомельской и юго-восточные Могилевской областей) в рамках двух мероприятий 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 «Проведение глубинного геологического картирования масштаба 1:200 000 (ГГК 200) на территории сочленения Припятского прогиба, Брагинско-Лоевской седловины и Воронежской антеклизы» и «Создание сети опорных геолого-геофизических профилей и параметрических скважин для прогнозирования возможности выявления месторождений полезных ископаемых в пределах недостаточно изученных участков недр, а также для корреляции

геологической информации о глубинном строении недр с информацией соседних государств». 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 картировочные скважины ГГК 1, ГГК 2, ГГК 3 и ГГК 4. В пределах этой территории пройден опорный геофизический профиль Лоев – Гомель – Могилев с двумя субширотными рассечками «Жлобин» и «Добруш». Профиль отработан сейсмическим методом общей глубинной точки (СОГТ), а также гравиметрическим, магнитометрическим и атмогеохимическим методами.

Вдоль профиля пробурены три параметрические скважины – Прибор, Кормянская и Быховская и еще две скважины – Приволье и Добруш – на расечке «Добруш» (рис.). Целью бурения этих скважин было получение новых данных о глубинном строении платформенного чехла и верхней части кристаллического фундамента слабоизученных участков недр Беларуси и определение их минерагенического потенциала. Авторские литобиостратиграфические исследования дочетвертичных отложений платформенного чехла выполнялись в качестве методического сопровождения и научного обеспечения региональных геологоразведочных работ.

МЕТОДИКА, МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Методика исследований включала интерпретацию первичных геолого-геофизических данных текущих работ и актуализацию геолого-геофизических материалов прошлых лет, выполнение комплексных литолого-минералого-geoхимических, стратиграфических и палеонтологических исследований, корреляцию геологических разрезов и картостроительные работы.

Объектом исследований являлись горные породы (керн), слагающие дочетвертичные отложения платформенного чехла. Работы включали описание геологического разреза скважины, фотодокументацию керна, отбор образцов и проб на аналитические исследования, изучение веще-

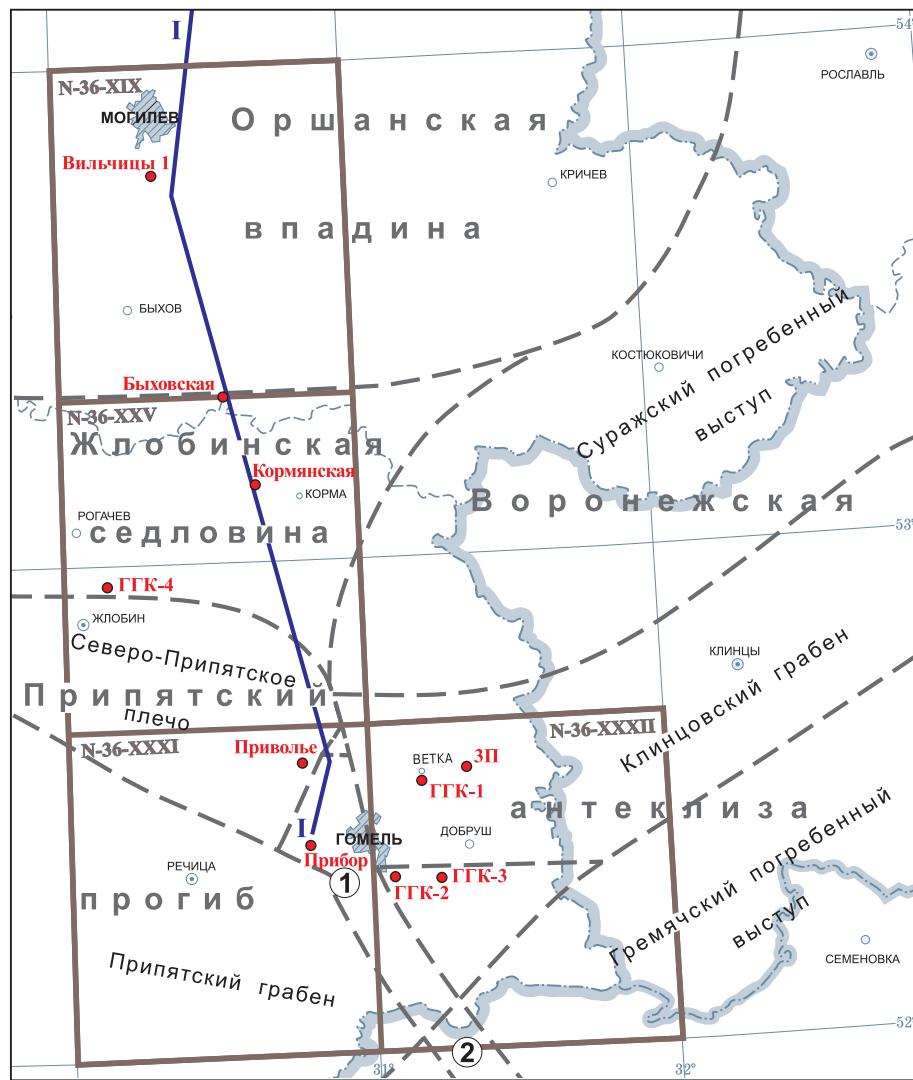


Рисунок – Схема расположения картировочных и параметрических скважин на территории глубинного геологического картирования масштаба 1:200 000 (ГГК 200) листов N-36-XIX (Могилев), N-36-XXV (Жлобин), N-36-XXXI (Гомель) и N-36-XXXII (Добруш – в пределах Беларуси).

Сплошной линией показаны границы картировочных листов, пунктирной – границы тектонических структур; N-36-XXXII – номера листов. Цифрами обозначены: 1 – Гомельская структурная перемычка, 2 – северный борт Днепровского грабена; I-I – сейсмический профиль (фрагмент)

ственного состава и структурно-текстурных особенностей пород, заключенных в них фаунистических (брахиоподы, рыбы и фораминиферы) и флористических (акритархи, миоспоры и пыльца) остатков, интерпретацию полученных данных и 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.

Для изучения вещественного (минерального и химического) состава и структурно-текстурных особенностей пород были использованы оптический петрографический, рентгенодифрактометрический (рентгеноструктурный), рентгенофлюоресцентный, минералогический, спектральный эмиссионный, электроннозондовый, масс-спектрометрический с индуктивно связанный плазмой методы, а также газометрический метод определения общей карбонатности пород и оксидометрический метод определения органического углерода. Завершились работы корреляцией геологических разрезов картировочных и параметрических скважин с разрезами скважин из актуализированной базы данных буровой изученности и картосоставительскими работами. По вновь пробуренным скважинам литологическое расчленение отложений платформенного чехла осуществлялось по керну скважин и контролировалось данными картотажных диаграмм: положение литологических и литостратиграфических границ и перерывов определялось по смене литологических разностей пород и кривым гамма-каротажа с учетом кривых кажущегося сопротивления и других измерений. Выделение литологических типов осадочных пород базировалось на визуальной оценке структурно-текстурных особенностей и соотношении главным образом карбонатной и терригенной компонент и корректировалось с учетом результатов оптического петрографического, рентгенофлуоресцентного, рентгенофазового и газометрического анализов. Литобиостратиграфическое расчленение осуществлялось после выполнения микрофаунистических и палинологических определений.

Для двух пар картировочных листов N-36-XIX (Могилев) + N-36-XXV (Жлобин) и N-36-XXXI (Гомель) + N-36-XXXII (Добруш) построены карты фактического материала (буровой изученности)

масштаба 1:200 000. Для каждого из картировочных листов построены геологические карты до четвертичных отложений, совмещенные с картами полезных ископаемых, а к листам N-36-XXV (Жлобин), N-36-XXXI (Гомель) – и карты домезозойских отложений масштаба 1:200 000. Каждая из геологических карт сопровождается стратиграфической колонкой, двумя геологическими разрезами и условными обозначениями. Текст отчетных материалов составлен в виде объяснительной записки, содержащей традиционные разделы «Стратиграфия»*, «Магматические образования», «Тектоника» и «Полезные ископаемые». Внутри разделов информация представлена и проанализирована по каждому из четырех картировочных листов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Основным результатом выполненных исследований стало получение новой, более детальной картины распространения, строения и состава осадочных и магматических структурно-вещественных комплексов платформенного чехла юго-восточного региона страны, и особенно самой малоизученной его части – территории листа N-36-XXXII (Добруш). Вместе с тем нельзя не отметить, что для таких значимых региональных работ, как глубинное геологическое картирование среднего масштаба (1:200 000) для территории, где сочленяются несколько крупных тектонических структур, представление о строении которых является во многом гипотетическим, три-четыре вновь пробуренные скважины – это крайне мало, особенно для решения проблем строения глубокозалегающих горизонтов платформенного чехла, а также локализации субвуликанических и гипабиссальных тел магматических образований позднедевонского времени. По сути такая степень буровой изученности не позволяет обеспечить кондиционность геологических карт масштаба 1:200 000, и особенно это касается пространственного размещения и морфологии магматических тел. Тем не менее в результате выполненных работ на обновленной, актуализированной основе построены геологические карты масштаба 1:200 000 до четвертичной и домезозойской поверхности для всех четырех картировочных листов.

Особого, на наш взгляд, внимания заслуживают несколько совершенно новых, меняющих наши прежние представления, результатов проведенно-

* Стратиграфическое расчленение всех отложений платформенного чехла дано в соответствии с действующими в Беларуси Стратиграфическими схемами (2010, 2017).

го изучения. Обладая разной значимостью для геологической науки и производства, они, во-первых, расширяют наш геологический кругозор и, во-вторых, можно надеяться, способствуют наращиванию минерагенического потенциала недр юго-востока Беларуси.

1. На территории картировочного листа N-36-XXXII (Добруш) близ его западной границы с листом N-36-XXXI (Гомель) в геологическом разрезе скважины ГГК 2 непосредственно на сильно измененных в зоне разлома и трещиноватых гранитоидах кристаллического фундамента под отложениями кореневской свиты нижнего триаса обнаружена толща лиловоцветных терригенных пород, в которой отчетливо выделяются три пачки: нижняя (песчаники и гравелиты с обломками пелитоморфных доломитов и овручских кварцитов); средняя (преимущественно глинистая пачка с прослоями алевролитов и окатанными обломками пелитоморфных доломитов, подобных нижележащим); верхняя (песчаники и алевролиты с прослоями гравелитов, глин и обломками пелитоморфных доломитов). По заключенным в глинах споро-пыльцевым остаткам установлен их раннетриасовый возраст. Палинологические данные и положение этих отложений в ненарушенном стратифицированном разрезе убедительно, на наш взгляд, доказывают принадлежность этих отложений к базальной, выступовичской свите нижнего триаса, описанной в восточной части Припятского прогиба и выделенной в качестве пограничной между верхнепермскими (дудичская свита) и нижнетриасовыми (кореневская свита) образованиями, но более в разрезах нижнетриасовых отложений нигде не отмеченной.

Судя по тому, что в разрезах других близлежащих картировочных скважин (ГГК 3 и ГГК 1) такие отложения не обнаружены, а в разрезе скважины ГГК 2 они залегают на сильно выветрелых гранитоидах кристаллического фундамента, можно предполагать, что отложения выступовичской свиты распространены на рассматриваемой территории ограниченно и их формирование после длительного предтриасового перерыва связано здесь с вовлечением в область раннетриасового осадконакопления тектонически ограниченных участков, произошедшим в заключительную фазу герцинского этапа развития ВЕП.

2. Подтверждено отсутствие среднедевонских отложений на юго-западном склоне Воронежской антеклизы, а именно на Гремячском погребенном выступе – в центральной части территории листа N-36-XXXII (Добруш) (скважины ГГК 2 и ГГК 3).

Эта площадь долгое время считалась областью развития нижне-среднедевонских терригенно-карбонатных отложений. Отсутствие девонских отложений (и их следов) в разрезе скважин ГГК 2 и ГГК 3 убедительно доказывает существование здесь на герцинском этапе развития высокоподнятой суши, являвшейся областью сноса и источником обломочного материала.

3. Наиболее значимым результатом проведенных исследований является установление генетической связи между позднедевонскими магматическими дифференциатами разной глубинности, выделение четырех структурно-вещественных магматических комплексов и определение стадийности их формирования с учетом их локализации в толще осадочных отложений.

По результатам петролого-геохимических и литологических исследований с применением принципов структурно-вещественного анализа выделен латерально-временной ряд генетически родственных магматических комплексов, составлена карта Припятско-Днепровской области магматизма с элементами петролого-геохимической зональности.

Латерально-временной ряд позднефранско-раннефаменской Припятско-Днепровской области магматизма состоит из четырех магматических комплексов, сформировавшихся в течение четырех этапов магматической активности, разделенных временными промежутками, во время которых происходило ее затухание. Формирование вулканогенных толщ происходило преимущественно в аквальных условиях, одновременно с терригенно-карбонатным осадконакоплением в пределах существовавших на данной территории морских бассейнов. Каждый магматический комплекс локализован в пределах магматических полей, которые либо разобщены в пространстве, либо налегают друг на друга (пространственно совпадают) вверх по разрезу.

Выделены четыре магматических комплекса, сформированных в ходе дискретных этапов магматической активности: **жлобинский комплекс** пород щелочно-ультрамафитовой (карбонатит-кимберлит-нефелинитовой) формации (I этап магматизма, речицкое время, начало позднефранского века позднего девона), **уваровичский комплекс** пород щелочно-мафитовой формации (базальтоидов и фонолитов) (II этап магматизма, поздневоронежское время, середина позднефранского века позднего девона), **припятский комплекс** пород щелочно-мафическо-салической формации (трахиандезитов) (III этап магматизма, сколодин-

ское (сколодинско-чернинское?) время, конец позднефранского века позднего девона) и лоевский комплекс пород (IV этап магматизма, елецкое (елецко-петриковское?) время, раннефаменский век позднего девона).

В пределах магматических полей выявлена геохимическая зональность, отражающая глубинное строение региона, положение и состав магматических очагов. Магматические источники расплавов ПДОМ имеют мантийную природу: магматизм жлобинского и уваровичского комплексов, вероятно, имеет плюмовую природу с участием обогащенной литосферной мантии EM1 типа; лоевского комплекса – плюмовую природу при значительном фракционировании расплавов и возможного вклада метасоматизированной литосферной мантии; магматическим источником притяжского комплекса являются выплавки нижней и средней коры при участии источника плюмовой природы. Процессы коровой контаминации играли значи-

мую роль в формировании расплавов жлобинского и уваровичского комплексов, в то время как для лоевского комплекса вклад контаминации коровыми материалами несущественен.

Новые данные получены и по другим стратиграфическим горизонтам и объектам, и этот вновь полученный геологический материал достаточно объемен. Он обеспечивает основу для дальнейших исследований и позволяет сделать акценты и дать некоторые рекомендации для производственной геологической отрасли. Более детально результаты глубинного геологического картирования будут изложены в серии статей, касающихся особенностей распространения и строения разновозрастных отложений платформенного чехла в пределах исследованного региона. Кроме того, вся информация будет подготовлена к изданию в виде объяснительных записок к каждому из закартированных листов.

Статья поступила в редакцию 10.10.2022

Рецензент М.П. Гуринович

ВЫНІКІ ГЛЫБІННАГА ГЕАЛАГІЧНАГА КАРЦІРАВАННЯ МАШТАБУ 1:200 000 НА ТЭРЫТОРЫІ ЛІСТОЎ N-36-XIX (МАГІЛЁЎ), N-36-XXV (ЖЛОБІН), N-36-XXXI (ГОМЕЛЬ) І N-36-XXXII (ДОБРУШ) (платформавы чахол)

Г.Д. Стрельцова¹, А.Ф. Кузьмянкова¹, А.Г. Лапшэвіч¹, С.С. Манкевіч¹, У.Р. Ашурка², Н.У. Глаз¹,
Л.А. Карымава¹, С.А. Кручак¹, У.І. Талсташэеў¹, В.Ю. Абухоўская¹

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»

¹Філіял «Інстытут геалогіі»

вул. Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь

²Філіял «Беларуская комплексная геолагаразведачная экспедыцыя»

вул. Геалагічная, 117, 220138, Мінск, Беларусь

E-mail: geomin_st@geologiya.by, geomin_kz@geologiya.by, geomin_lap@geologiya.by

Прадстаўлены новыя даныя аб распаўсяджанні, будове і складзе дачацвярцёвых адкладаў платформавага чахла, атрыманыя ў 2016–2020 гг. у выніку глыбіннага геалагічнага карціравання маштабу 1:200 000 (ГГК 200) на тэрыторыі лістоў N-36-XIX (Магілёў), N-36-XXV (Жлобін), N-36-XXXI (Гомель) і N-36-XXXII (Добруш). Да следаванне ГГК 200 уключала комплекс плошчавых геофізічных работ і бурэнне карціровачных свідравін. Аналіз распаўсяджання асадкавых і магматычных горных парод і складанне геалагічных карт дамезазойскіх і дачацвярцёвых адкладаў, а таксама разрэзаў да іх праводзіліся на падставе абоноўленых даных буравой даследаванасці і геолага-геофізічных матэрыялаў рэгіянальных работ, сінхранізаваных з ГГК 200, па сейсмічным профілі Лоеў – Гомель – Магілёў і параметрычных свідравінах. Найбольш значныя вынікі былі атрыманы па асадкавых утварэннях ніжняга трыясу і магматычных комплексах верхняга дэвону.

**RESULTS OF DEEP GEOLOGICAL MAPPING AT A SCALE OF 1:200 000 OF THE TERRITORY
OF THE TOPO SHEETS N-36-XIX (MOGILEV), N-36-XXV (ZHLOBIN),
N-36-XXXI (GOMEL) AND N-36-XXXII (DOBRUSH) (platform cover)**

G. Streltsova¹, O. Kuzmenkova¹, A. Laptsevich¹, S. Mankevich¹, V. Ashurko², N. Glaz¹, L. Karimova¹,
S. Kruchek¹, V. Tolstosheev¹, V. Obukhovskaya¹

State Enterprise "Research and Production Center for Geology"

¹Branch "Institute of Geology"

7 Kuprevich St, 220084, Minsk, Belarus

²Branch "Belarusian complex geological survey expedition"

117 Geologicheskaya St, 220138, Minsk, Belarus

E-mail: geomin_st@geologiya.by, geomin_kz@geologiya.by, geomin_lap@geologiya.by

The article presents new data on the distribution, structure and composition of the platform cover deposits, obtained in 2016–2020 as a result of deep geological mapping at a scale of 1:200,000 (DGM 200) of the territory of the topo sheets N-36-XIX (Mogilev), N-36-XXV (Zhlobin), N-36-XXXI (Gomel) and N-36-XXXII (Dobrush). DGM 200 included a complex of areal geophysical survey and drilling of wells. The analysis of the distribution of sedimentary and igneous rock formations and geological mapping of the pre-Mezozoic and pre-Quaternary surfaces and cross-sections were also based on updated data from the drilling database and geological and geophysical data of regional survey along the seismic profile Loev – Gomel – Mogilev and parametric wells, conducted synchronously with DGM 200. The most significant results seem to be obtained for the Lower Triassic sedimentary formations and Upper Devonian igneous rocks complexes.

ГЕАЛОГІЯ

УДК 552.161/23 (476)

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА МЕТАСОМАТИТОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ЗАПАДА БЕЛАРУСИ (УЧАСТОК «ШНИПКИ»)

О.А. Пискун, А.А. Толкачикова, М.П. Гуринович

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

Филиал «Институт геологии»

ул. Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь

E-mail: piskun_oleg@mail.ru, fundament@geologiya.by

Приведены результаты исследования малоизученных метасоматических пород участка «Шнипки», расположенного на западе кристаллического фундамента Беларуси. Выделены группы карбонатно-силикатных и карбонатных скарнов, скарнированных пород, олигоклазитов и альбититов. Выявлены особенности их химизма и закономерности распределения петрогенных и малых элементов. Определены условия их формирования и последовательность этапов минералообразования метасоматического преобразования исходных пород. Сделан вывод о принадлежности выделенных скарнов к автореакционным известковым скарнам инфильтрационного типа.

ВВЕДЕНИЕ

Метасоматические образования с рудной минерализацией были вскрыты рядом с буровыми скважинами на некоторых участках западного региона докембрийского кристаллического фундамента Беларуси, где, с точки зрения перспективности обнаружения полиметаллического и редкоземельного оруденения, наибольший интерес представляютрудопроявления «Шнипки», «Ельня», «Озера», «Ляцкое» и «Скидельское». Рудные участки приурочены к зонам динамического влияния Щучинского и Скидельского региональных разломов субмеридионального и север-северо-восточного простирации в пределах Белорусско-Прибалтийского гранулитового пояса. Кристаллический фундамент данного региона сложен разнообразными породами, как стратифицированными метаморфическими (щучинская серия) и магматическими интрузивными (песковский, голеновский, осмоловский и мостовский комплексы), так и ультраметаморфическими (эндербит-чарнокитовый комплекс) и образованиями комплекса бластомилонитов (рис. 1).

В 1963–1964 гг. Щучинской поисково-разведывательной партией проводились работы, целью которых было установление природы наи-

более интенсивной магнитной аномалии (рис. 2) и выяснение перспектив одноименного участка «Шнипки» на полезные ископаемые. В результате было установлено, что магнитная аномалия связана с повышенным содержанием минералов железа (магнетита), который местами слагал прослои мощностью в 3–5 см. Также была выявлена мощная зона тектонического дробления, подвергшаяся интенсивному метасоматическому изменению с сульфидной и магнетитовой минерализацией.

К настоящему времени на участке «Шнипки» пробурено 14 скв.: М 164, 162, 163; ІІІ 48, 405; ІІІ 1п, 3п, 4п, 5п, 6п, 8п; ОП-7, 8, 9. Породы кристаллического фундамента здесь вскрыты на глубинах от 194,4 до 600,0 м и представлены стратифицированными образованиями щучинской серии и рядом интрузивных тел березовского комплекса, среди которых встречаются метасоматически измененные породы, приуроченные к зоне тектонических нарушений Щучинского разлома. На отдельных участках породы настолько изменены, что невозможно установить их первоначальный состав и облик. По отношению к зоне дробления метасоматические породы располагаются зонально – от менее измененных вдали разломной зоны

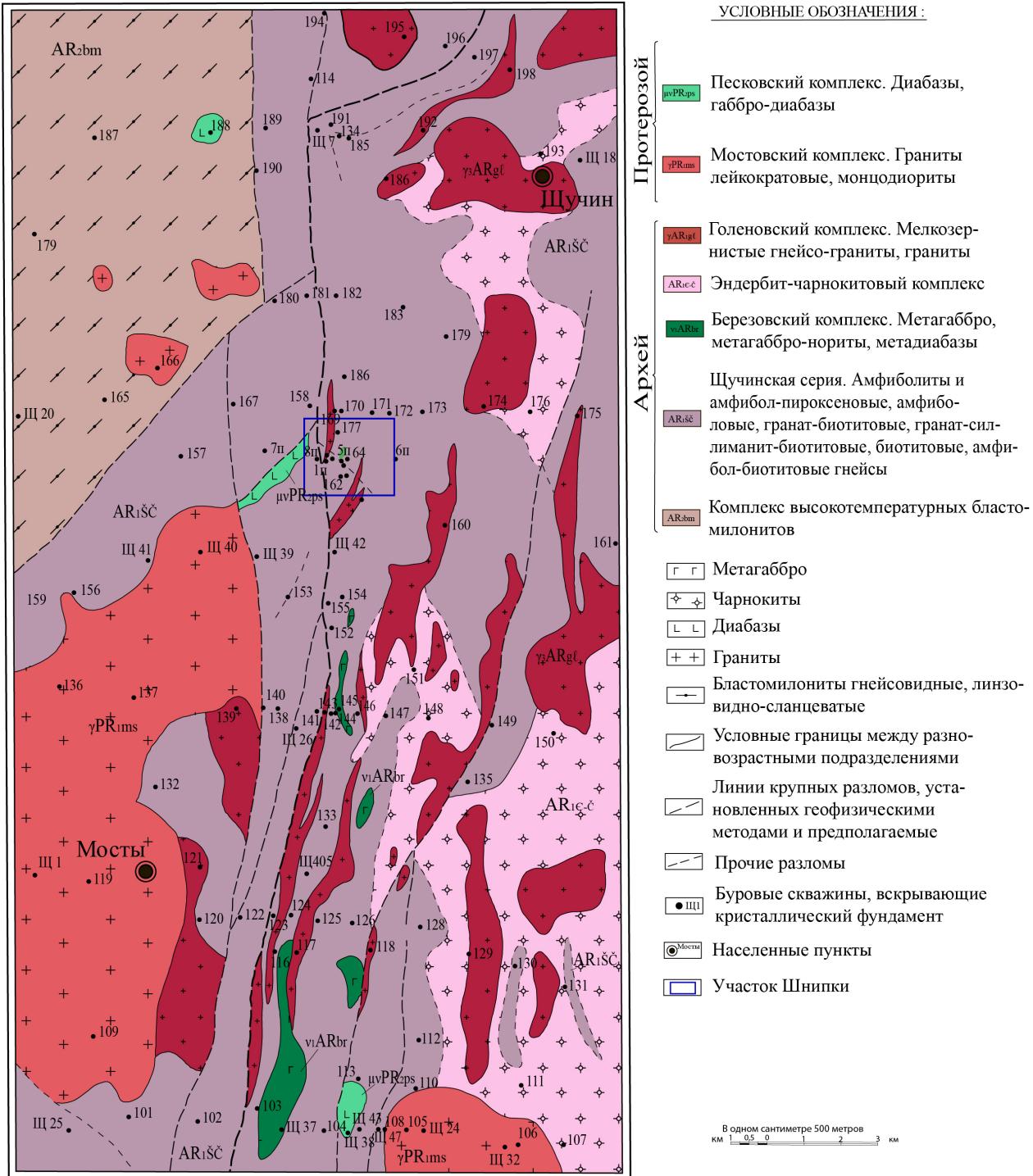


Рисунок 1 – Схематическая геологическая карта кристаллического фундамента в районе расположения участка «Шнипки»

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для изучения послужили образцы пород из керна 14 скважин, пробуренных в разные годы Щучинской геологосъемочной партией и Белорусской геолого-гидрологической экспедицией Республиканского унитарного предприятия «Белгеология». Оптическим микроскопическим методом с использованием поляризационных

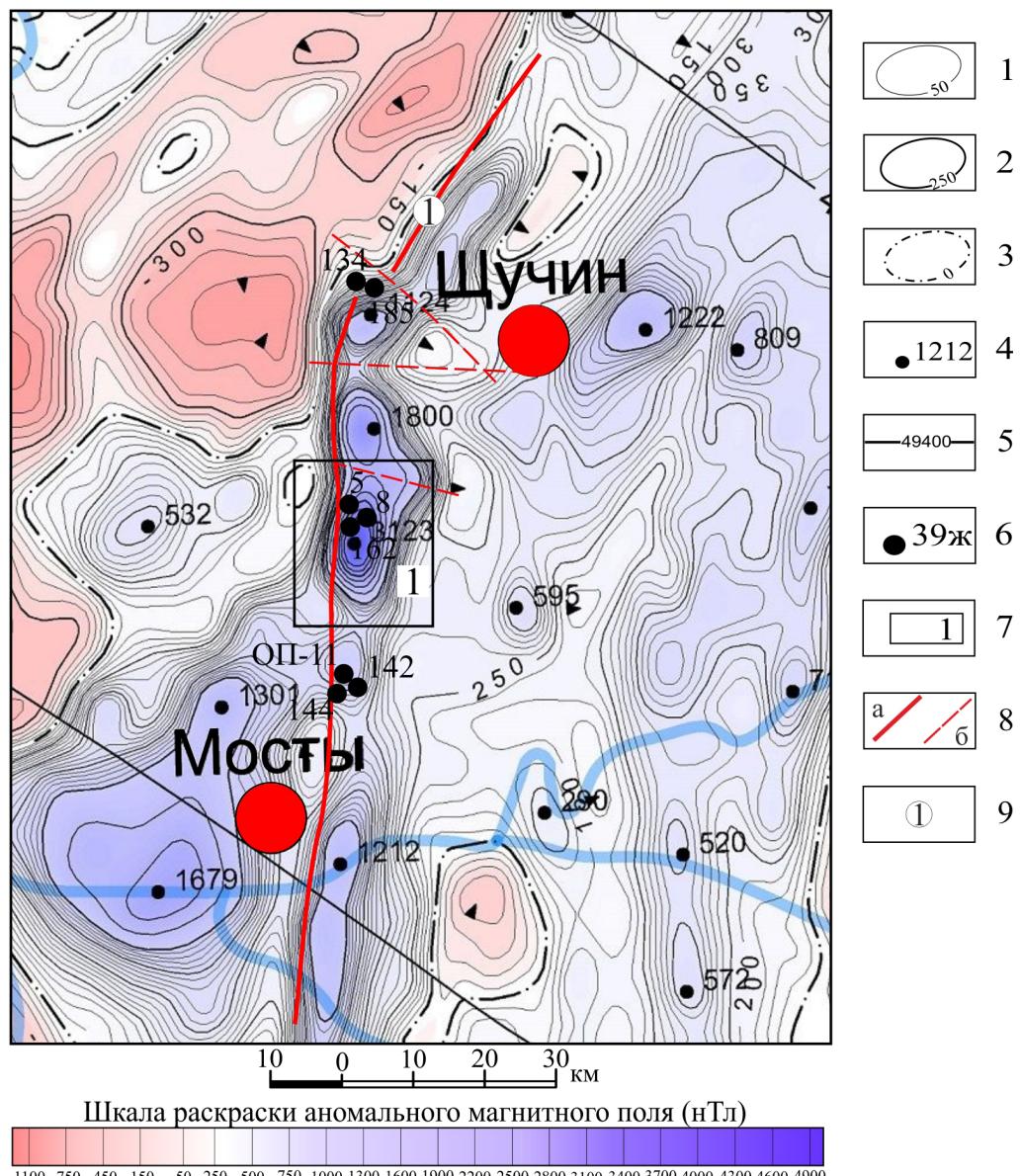


Рисунок 2 – Карта аномального магнитного поля изучаемого региона с элементами тектоники: 1 – изолинии, кратные 50 нТл; 2 – изолинии, кратные 250 нТл; 3 – нулевые изолинии; 4 – экстремальные значения нТл; 5 – изолинии нормального магнитного поля эпохи 1965 г. нТл (модель ВСЕГЕИ); 6 – буровые скважины; 7 – контуры участка «Шнипки»; 8 – разрывные нарушения: а – главные, б – второстепенные; 9 – Щучинская зона разломов

микроскопов Альтами ПОЛАР 312, Carl Zeiss Axioskop 40 A Roi изучено более 340 шлифов разных типов метасоматических пород данного участка. Обработано 19 полных силикатных анализов пород, выполненных методом «мокрой химии» в лаборатории физико-химических методов исследования БелНИГРИ, Центральной лаборатории РУП «Белгеология» и других химических лабораториях [10]. Исследовано около 32 спектральных анализа пород, которые выполнялись эмиссионным приближенно-количественным методом в Производственном объединении «Центрказгеология» (г. Караганда), а также в Центральной лаборатории РУП «Белгеология». Для петро- и геохимического

изучения использовались анализы из более представительной части разреза для определения всех разновидностей пород, участвовавших в строении участка «Шнипки». Определение редкоземельных элементов проводилось в лаборатории Института минералогии и геохимии редких элементов (Москва, Россия) (4 пробы). Для обработки аналитических данных использовалось программное обеспечение Microsoft Office Word и Excel. Процесс исследований заключался в системном комплексном анализе структурно-геологических, петрографических, минералогических и геохимических данных. Подобранные материалы позволили определить формационную принадлежность пород,

петро- и геохимические особенности, характер распределения в них петрогенных и малых элементов, осуществить реконструкцию условий и последовательность их формирования.

ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ

Скарны вскрыты скв. Шн 5п, Щ 48, М 164 и ОП-9 на глубинах соответственно 214,4–239,3 м, 238,0–244,9 м, 366,7–390,5 м и 332,0–349,0 м, где они образуют круто падающую на восток залежь мощностью 20–30 м среди гнейсов и кристаллосланцев (рис. 3).

Породы имеют довольно сложный минеральный состав. Помимо первичных породообразу-

ющих минералов, к которым относится гранат, пироксен, амфибол, плагиоклаз, кварц, в них почти всегда присутствует в разном количественном соотношении – скаполит, карбонаты, эпидот, биотит, мусковит, актинолит. Аксессорные и рудные минералы представлены обычно сфером, калиевым полевым шпатом, монацитом, апатитом, ортитом, цирконом, магнетитом, сульфидами. Макроскопически это плотные, пятнистые светло-бежевого, серого, розового цветов породы с хорошо различимыми вкраплениями темноцветных минералов (рис. 4, 5). Для пород характерны неяснополосчатые, линзовидно-полосчатые, пятнистые и массивные текстуры, гранобластовые, пойкилобластовые структуры, а также резкая изменчивость количественных соотношений минералов.

Среди скарнов выделяются карбонатно-силикатные и карбонатные породы.

В зависимости от комбинации основных породообразующих минералов среди карбонатно-силикатных скарнов (рис. 6–8) выделены следующие разновидности: гранат-кварц-карбонатные, кварц-гранат-карбонатные, кварц-скаполит-карбонатные, гранат-кварц-эпидот-карбонатные, эпидот-кварц-карбонат-гранатовые, кварц-карбонат-гранатовые, кварц-эпидот-карбонат-гранатовые, гранат-эпидот-кварцевые, скаполит-гранат-эпидот-кварцевые, скаполит-эпидот-кварцевые, карбонат-эпидот-кварцевые, карбонат-гранат-эпидот-кварцевые, амфибол-эпидот-гранат-кварцевые, амфибол-эпидот-плагиоклазовые, плагиоклаз-кварц-гранат-скаполит-эпидот-амфибол-карбонат-пироксеновые. Содержание породообразующих минералов в этих породах варьируется (%): гранат – 0–45, кварц – 15–50, карбонат – 0–40, эпидот – 0–35, скаполит – 0–20, амфибол – 0–10, пироксены – 0–15.

Для карбонатных скарнов характерно значительное присутствие карбонатных минералов – до 80–95%. В их составе могут присутствовать в незначительном количестве пироксены (клинопироксен), амфибол, кварц, гранат, скаполит, эпидот (рис. 9–11). Среди акцессорных минералов встречаются сфером, магнетит, сульфиды.

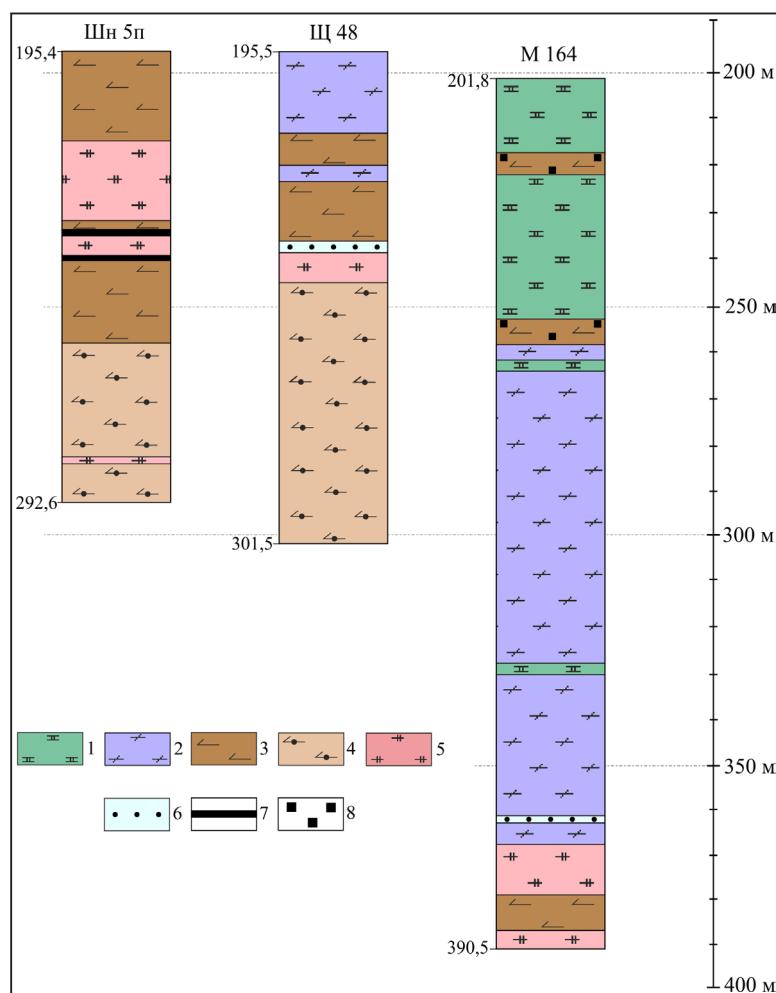


Рисунок 3 – Литолого-петрографические колонки буровых скважин, вскрывших скарны участка «Шнипки»:

- 1 – гиперстеновые и амфибол-гиперстеновые кристаллические сланцы;
- 2 – флогопитизированные кристаллические сланцы;
- 3 – биотитовые гнейсы и сланцы;
- 4 – гранат-биотитовые гнейсы;
- 5 – скарны;
- 6 – кордиерит-кварцевые и биотит-кордиерит-кварцевые породы;
- 7 – сульфидная минерализация;
- 8 – магнетитовая минерализация



Рисунок 4 – Скарн, скв. М 164 – 374,5 м



Рисунок 5 – Скарн, скв. М 164 – 377,5 м

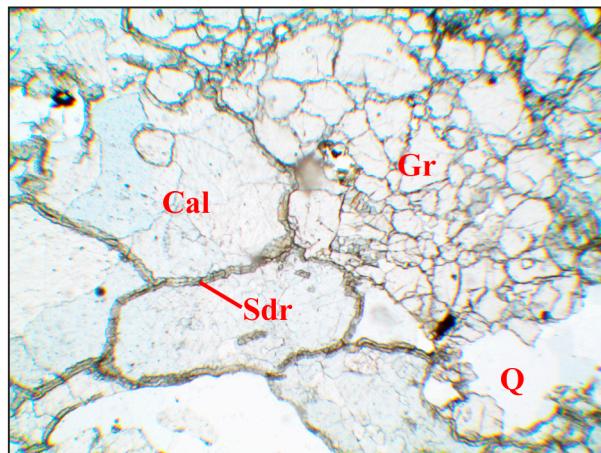
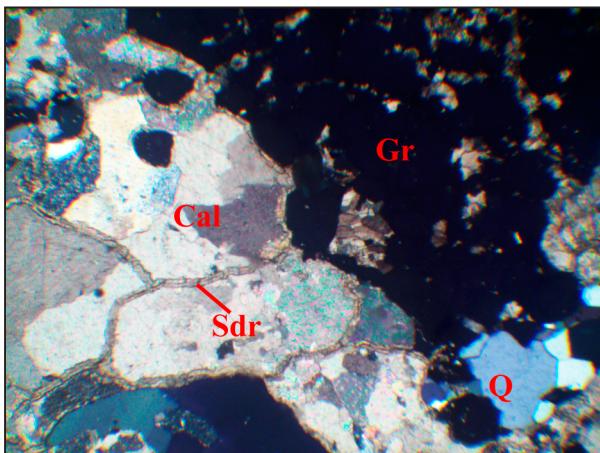


Рисунок 6 – Гранат-кварц-карбонатный скарн, скв. ШН 5п – 226,0 м.
Здесь и далее – фото шлифа: слева – с анализатором; справа – без анализатора; видимое поле шлифа 3,0×2,5 мм

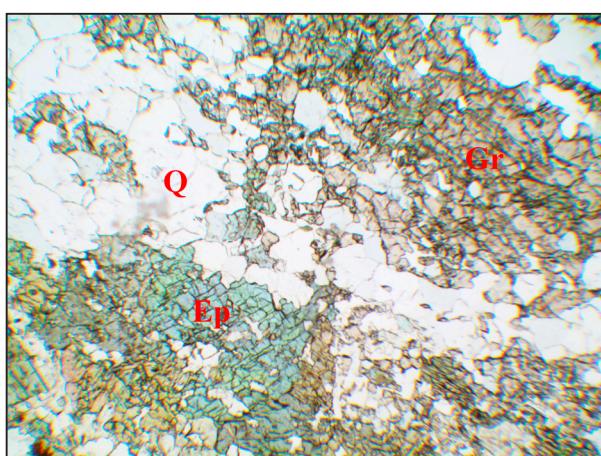
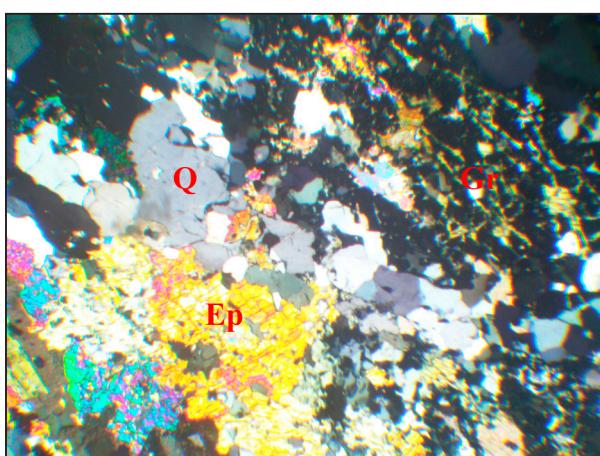


Рисунок 7 – Карбонат-гранат-эпидот-кварцевый скарн, скв. М 164 – 390,0 м

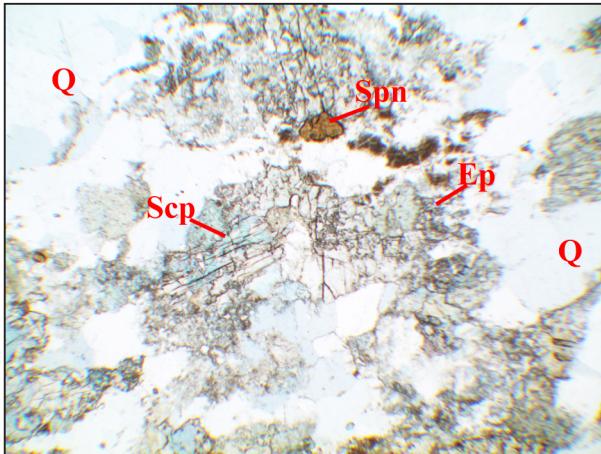
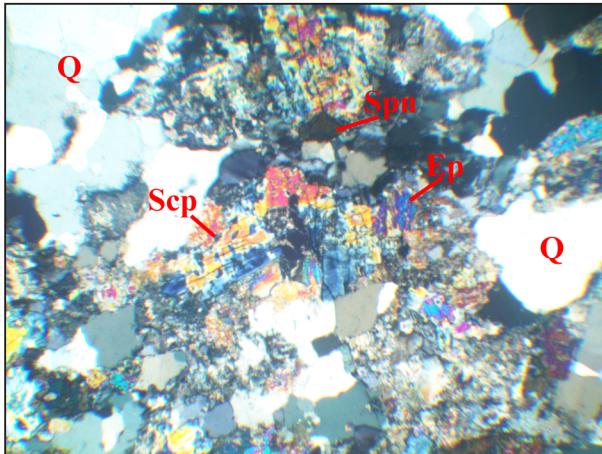


Рисунок 8 – Скалолит-эпидот-кварцевый скарн, скв. М 164 – 376,0 м

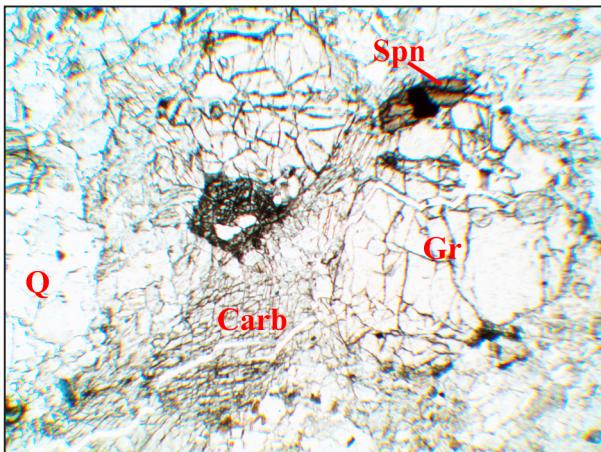
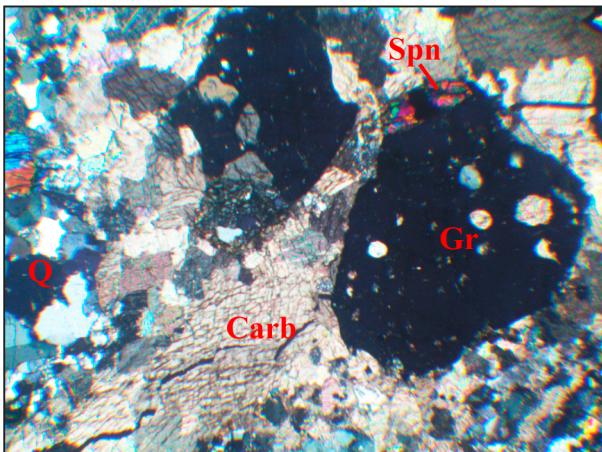


Рисунок 9 – Карбонатный скарн с кварцем и гранатом, скв. ОП-9 – 557,0 м

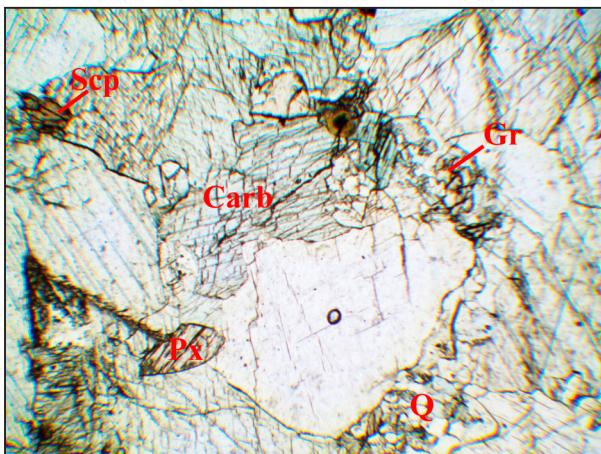


Рисунок 10 – Карбонатный скарн с кварцем, гранатом и пироксеном, скв. ОП-9 – 561,0 м

Вторая группа выделенных метасоматитов участка «Шнипки» представлена *альбититами* и *олигоклазитами*, вскрытыми скв. Шн 7п. Они образуют небольшие прожилки и прослои светло-серого, беловатого цвета и сахаровидного облика и залегают согласно среди амфиболитов и гнейсов щучинской серии. Породы представляют

собой мелкозернистые плотные образования с массивной текстурой и аплитовой, с элементами гранобластовой, структурой и отличаются лишь составом плагиоклаза, содержание которого может достигать 85–90% (рис. 12, 13). Помимо самого плагиоклаза (альбита или олигоклаза) в породе присутствуют кварц, калиевый полевой шпат и не-

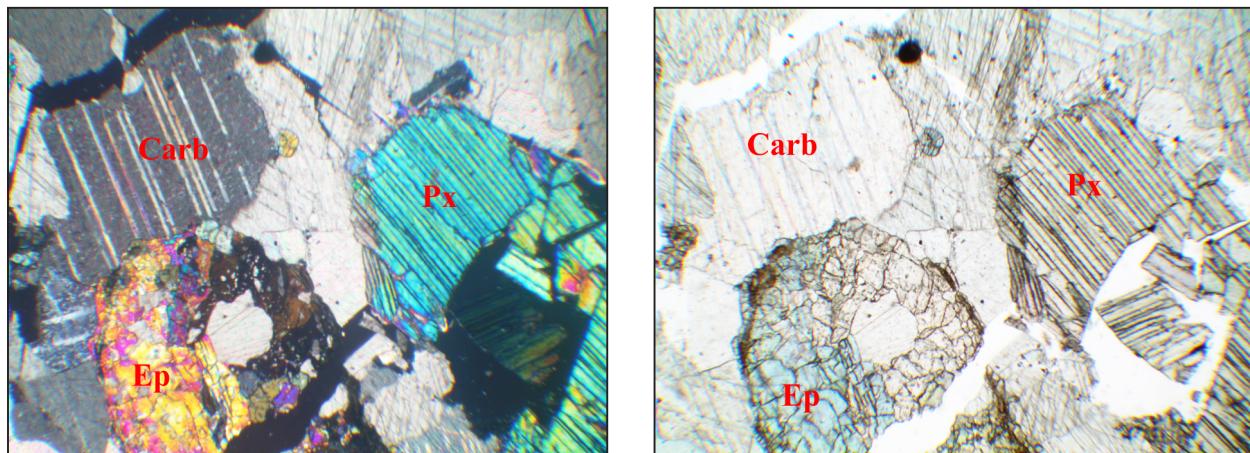


Рисунок 11 – Карбонатный скарн с пироксеном и эпидотом, скв. М 164 – 378,0 м

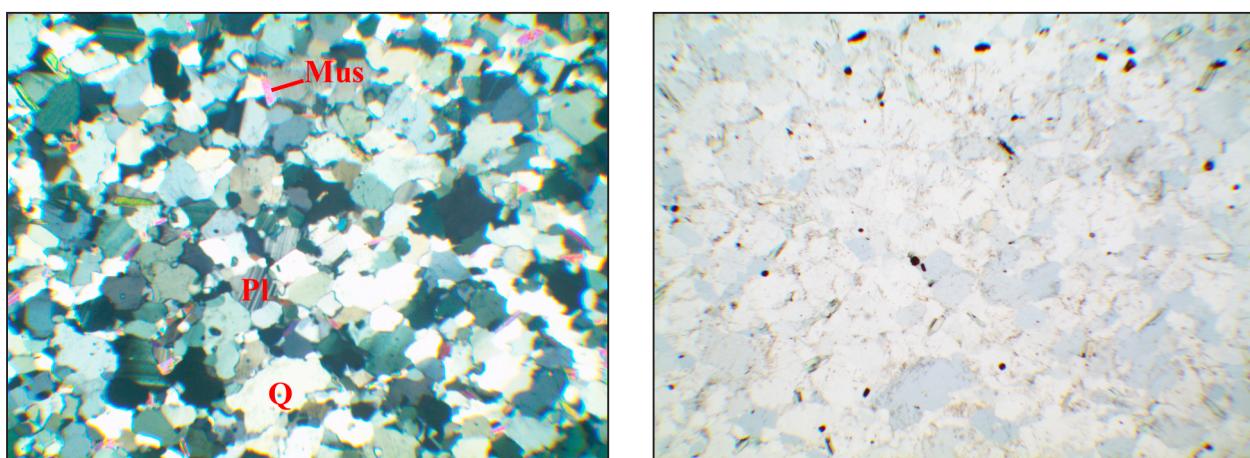


Рисунок 12 – Альбитит, скв. Шн 7п – 217,6 м

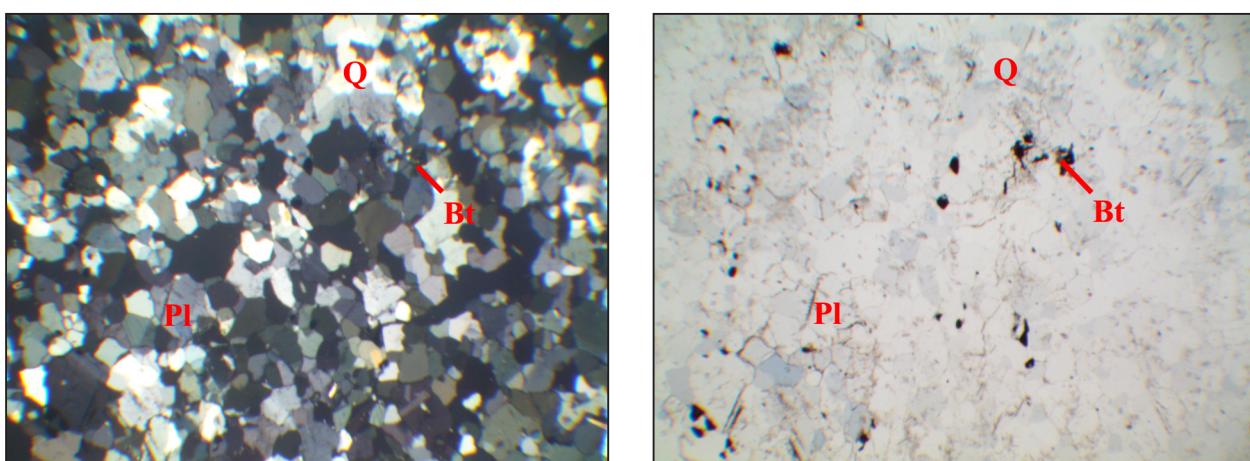


Рисунок 13 – Олигоклазит, скв. Шн 7п – 236,2 м

значительное количество слюды. Из акцессорных минералов в породах встречаются циркон, монацит, апатит, карбонаты.

На удалении от зоны тектонического дробления во вмещающих породах, представленных различными по составу гнейсами, отмечаются следы метасоматических изменений в виде скаполити-

зации, карбонатизации, мусковитизации, окварцевания и калишпатизации. Такие *скарнированные породы* (рис. 14, 15) широко представлены в скв. Шн 1п, 2п, 4п, 8п, ОП-7 и ОП-9. Текстура пород гнейсовидная, полосчатая, сланцеватая, структура – чаще порфиробластовая, лепидогранобластовая с участками замещения. Минераль-

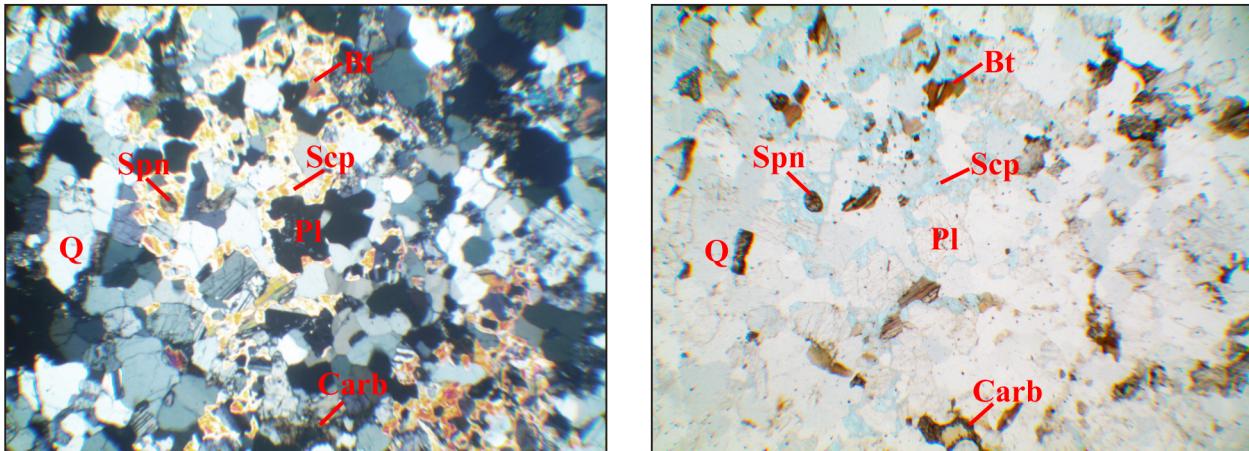


Рисунок 14 – Биотитовый гнейс скаполитизированный, скв. Шн 5п – 212,0 м

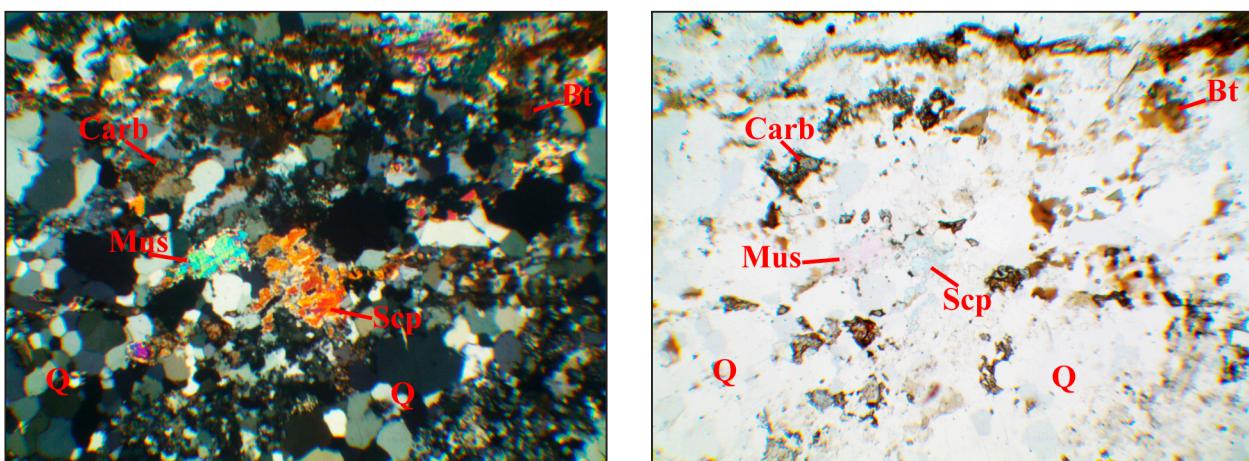


Рисунок 15 – Биотитовый гнейс окварцованный, мусковитизированный, скаполитизированный и карбонатизированный, скв. Шн 5п – 231,6 м

ный состав пород (%): плагиоклаз – 20–25, кварц – 30–35, гранат – 15–20, биотит – 7–10, мусковит – 3–5, скаполит – 3–5, калиевый полевой шпат, карбонаты. Из акцессорных минералов встречаются циркон, магнетит, апатит, иногда сфен.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД

Все рассматриваемые скарны (карбонатно-силикатные и карбонатные) обеднены кремнеземом, алюминием, магнием, щелочами и содержат значительное количество кальция, что отличает их от вмещающих гнейсов.

Карбонатно-силикатные скарны по содержанию кремнезема относятся к породам основного состава ($\text{SiO}_2 = 40\text{--}55\%$) (табл. 1, № 1–8) нормальнощелочного ряда. Для них характерно повышенное содержание CaO (13–27%). Несмотря на вариабельность содержания некоторых петрогенных элементов ($\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{FeO}, \text{MgO}, \text{CaO}, \text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}$) среди карбонатно-силикатных скарнов по химическому составу выделяются породы с высокой желези-

стостью ($F_{\text{общ}} = 0,82\text{--}1,00\%$), повышенной титанистостью ($t' = 2\text{--}4\%$), умеренной глиноземистостью ($\text{al}' = 0,6\text{--}1,0\%$) и низкой магнезиальностью ($\text{mg}\# = 0,01\text{--}0,18\%$) (см. табл. 1, № 1–6), и образования с умеренной железистостью ($F_{\text{общ}} = 0,62\text{--}0,66\%$), более высокой титанистостью ($t' = 4\text{--}6\%$), глиноземистостью ($\text{al}' = 1,1\text{--}1,6\%$) и магнезиальностью ($\text{mg}\# = 0,34\text{--}0,38\%$), большим содержанием щелочей ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ до 2,4%) (см. табл. 1, № 7–8).

Карбонатные скарны петрохимически представляют собой относительно однородную группу пород с высоким содержанием CaO от 46 до 53% (см. табл. 1, № 9–12). Содержание оксидов кремния ($\text{SiO}_2 = 2\text{--}12\%$) и титана ($\text{TiO}_2 = 0,2\%$) в них крайне низкое. Породы характеризуются умеренной железистостью ($F_{\text{общ}} = 0,53\text{--}0,76\%$), низкой глиноземистостью ($\text{al}' = 0,14\text{--}0,50\%$) и щелочностью ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 0,2\text{--}1,2\%$), повышенной магнезиальностью ($\text{mg}\# = 0,24\text{--}0,47\%$); калий преобладает над натрием.

Среди скарнированных пород различаются образование основного ($\text{SiO}_2 = 50\text{--}53\%$) и средне-кис-

Таблица 1 – Химический состав (мас. %) метасоматических образований участка «Шнипки»

Компоненты	Карбонатно-силикатные скарны								Карбонатные скарны				Скарнированные породы						Oлигоклазит	Альбитит
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
SiO ₂	40,03	40,88	43,45	45,91	46,59	54,80	50,43	50,89	10,80	12,14	3,19	2,01	49,80	53,12	62,30	69,07	73,03	57,89	62,18	
TiO ₂	0,30	0,22	0,31	0,29	0,39	0,35	0,15	0,29	–	–	0,23	–	0,25	0,25	0,48	0,17	0,16	0,90	0,74	
Al ₂ O ₃	9,50	8,83	9,92	8,76	10,75	11,03	9,59	8,71	1,91	1,35	0,43	0,43	7,43	6,12	8,33	11,68	10,64	21,48	17,59	
Fe ₂ O ₃	3,27	10,11	3,52	6,95	3,92	3,33	0,58	1,83	0,88	1,19	1,88	0,92	15,53	16,18	1,54	2,13	0,22	0,78	0,05	
FeO	5,24	3,23	8,76	1,77	12,07	5,53	3,12	3,16	1,06	0,92	–	0,31	4,53	4,38	4,74	2,73	3,59	1,08	3,77	
MnO	0,07	0,44	0,88	0,36	0,70	0,53	0,21	0,22	0,25	0,39	0,24	0,22	0,16	0,13	0,18	0,18	0,10	0,05	0,05	
MgO	1,49	2,37	1,01	1,82	2,68	2,08	2,38	2,68	1,91	0,79	1,15	1,26	2,23	1,84	2,68	1,59	2,28	4,52	2,72	
CaO	26,31	19,61	20,72	27,28	13,30	17,44	17,58	16,58	46,13	47,40	52,76	52,76	4,21	2,28	8,00	6,57	3,71	3,22	2,10	
Na ₂ O	0,09	0,10	0,01	1,39	0,14	0,16	1,29	1,06	0,06	0,61	0,15	0,09	0,94	0,62	0,65	1,06	0,39	6,68	6,90	
K ₂ O	1,47	0,05	0,38	0,16	0,63	0,20	1,13	1,21	0,14	0,61	0,28	0,27	0,66	0,59	2,24	1,48	1,13	1,41	2,04	
P ₂ O ₅	0,13	0,06	0,01	0,10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,02	0,08	0,11	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,12	0,20	
SO ₃	–	0,10	–	0,17	0,16	0,17	0,76	2,05	–	0,03	–	0,44	–	–	2,37	0,07	0,29	–	0,06	
П.п.п	10,89	4,29	11,02	5,60	8,61	3,86	11,88	10,83	36,99	35,02	39,48	40,86	12,15	11,99	6,12	2,75	4,60	1,19	1,53	
Сумма	98,79	100,20	99,99	100,60	99,95	99,49	99,11	99,52	100,19	100,47	99,87	99,68	97,90	97,51	99,64	99,49	100,15	99,32	99,93	
F _{общ}	0,85	0,85	1,00	0,83	0,86	0,82	0,62	0,66	0,53	0,76	0,65	0,54	0,90	0,92	0,71	0,76	0,63	0,30	0,59	
t'	3,53	1,65	2,52	3,33	2,44	3,95	4,05	5,81	–	–	12,23	–	1,25	1,22	7,64	3,50	4,20	48,39	19,37	
al'	0,95	0,56	0,81	0,83	0,58	1,01	1,58	1,14	0,50	0,47	0,14	0,17	0,33	0,27	0,93	1,81	1,75	3,37	2,69	
mg#	0,15	0,15	0,01	0,17	0,14	0,18	0,38	0,34	0,47	0,24	0,35	0,46	0,10	0,08	0,29	0,24	0,37	0,70	0,41	
FeO*/MgO	5,49	5,20	–	4,41	5,82	4,10	1,53	1,79	0,97	2,52	1,47	0,90	8,30	10,29	2,29	2,92	1,66	0,39	1,40	
Na ₂ O+K ₂ O	1,56	0,15	0,39	1,55	0,77	0,36	2,42	2,27	0,20	1,22	0,43	0,36	1,60	1,21	2,89	2,54	1,52	8,09	8,94	
Na ₂ O/K ₂ O	0,06	2,00	0,03	8,69	0,22	0,80	1,14	0,88	0,43	1,00	0,54	0,33	1,42	1,05	0,29	0,72	0,35	4,74	3,38	
n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

Примечание: 1–6 – карбонатно-силикатные скарны высокожелезистые: 1 – кварц-гранат-карбонатный, скв. Шн 5п – 226,0 м; 2 – амфибол-эпидот-скаполит-гранат-кварцевый, скв. М 164 – 388,5 м; 3 – карбонат-кварц-гранатовый, скв. Шн 5п – 214,4 м; 4 – плагиоклаз-кварц-гранат-скаполит-эпидот-амфибол-карбонат-пироксеновый, скв. Щ 48 – 239,0 м; 5 – кварц-эпидот-карбонат-гранатовый, скв. Шн 5п – 232,5 м; 6 – скаполит-гранат-эпидот-кварцевый, скв. Шн 5п – 233,3 м; 7–8 – карбонатно-силикатные скарны умеренно железистые: 7 – кварц-скаполит-карбонатный с сульфидами, скв. Шн 5п – 238,5 м; 8 – кварц-скаполит-карбонатный с сульфидами, скв. Шн 5п – 238,0 м; 9–12 – карбонатные скарны: 9 – с амфиболом, скв. М 164 – 368,0 м; 10 – с пироксеном и эпидотом, скв. М 164 – 378,0 м; 11 – с пироксеном, скв. Щ 48 – 241,0 м; 12 – с пироксеном, скв. Щ 48 – 242,0 м; 13–14 – скарнированные породы основного состава: 13 – гнейс гранат-кварцевый скаполитизированный с эпидотом, скв. Шн 5п – 235,0 м; 14 – гнейс окварцованный с эпидотом, скв. Шн 5п – 235,1 м; 15–17 – скарнированные породы средне-кислого состава: 15 – гнейс биотит-кварцевый скаполитизированный с кордиеритом, скв. Шн 5п – 240,0 м; 16 – гнейс биотитовый окварцованный, мусковитизированный, скаполитизированный и карбонатизированный, скв. Шн 5п – 231,0 м; 17 – гнейс биотитовый скаполитизированный, скв. Шн 5п – 212,0 м; 18 – олигоклазит, скв. Шн 7п – 239,1 м; 19 – альбитит, скв. Шн 7п – 234,0 м.

лого ($\text{SiO}_2 = 62\text{--}73\%$) состава (см. табл. 1, № 13–17) нормальнощелочного ряда, тип щелочности – натриевый. Породы основного состава характеризуются высокой железистостью ($F_{общ} = 0,90\text{--}0,92\%$), умеренной титанистостью ($t' = 1,2\text{--}1,3\%$), низкой глиноземистостью ($al' = 0,27\text{--}0,33\%$) и магнезиальностью ($mg\# = 0,08\text{--}0,10\%$); содержание оксида кальция варьирует в пределах 2,3–4,2% (см. табл. 1, № 13, 14). Для пород средне-кислого состава характерна умеренная железистость ($F_{общ} = 0,63\text{--}0,76\%$), высокая титанистость ($t' = 3,5\text{--}7,6\%$), выше в них глиноземистость ($al' = 0,9\text{--}1,8\%$) и магнезиальность ($mg\# = 0,24\text{--}0,37\%$), а также отмечается увеличение концентрации оксида кальция ($\text{CaO} = 3,7\text{--}8,0\%$) (см. табл. 1, № 15–17).

Альбититы и олигоклазиты по содержанию кремнезема относятся к породам среднего состава ($\text{SiO}_2 = 58\text{--}62\%$, см. табл. 1, № 18, 19). Они характеризуются от низкой до умеренной железистостью ($F_{общ} = 0,3\text{--}0,6\%$), весьма высокой титанистостью ($t' = 19,4\text{--}48,4\%$), высокой глиноземистостью ($al' = 2,7\text{--}3,4\%$) и магнезиальностью ($mg\# = 0,4\text{--}0,7\%$); содержание оксида кальция низкое ($\text{CaO} = 2,1\text{--}3,2\%$). Породы относятся к образованиям умереннощелочного ряда с натриевой щелочностью ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 3,4\text{--}4,7$).

Четкого тренда распределения петрогенных элементов в зависимости от содержания кремнезема (SiO_2) в рассматриваемых метасоматических образованиях не наблюдается за исключением рас-

пределения кальция (CaO) и железа ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$), концентрация которых уменьшается с ростом содержания кремнезема (рис. 16), то есть при окварцевании, кислотном выщелачивании, эти компоненты выносятся.

Для общего микроэлементного состава скарнов и скарнированных пород за исключением оруденелых горизонтов характерна обедненность сидерофильных элементов (Ti , V , Cr , Ni , Co , Sc), Sr и Nb (рис. 17), содержание которых в 4–12 раз

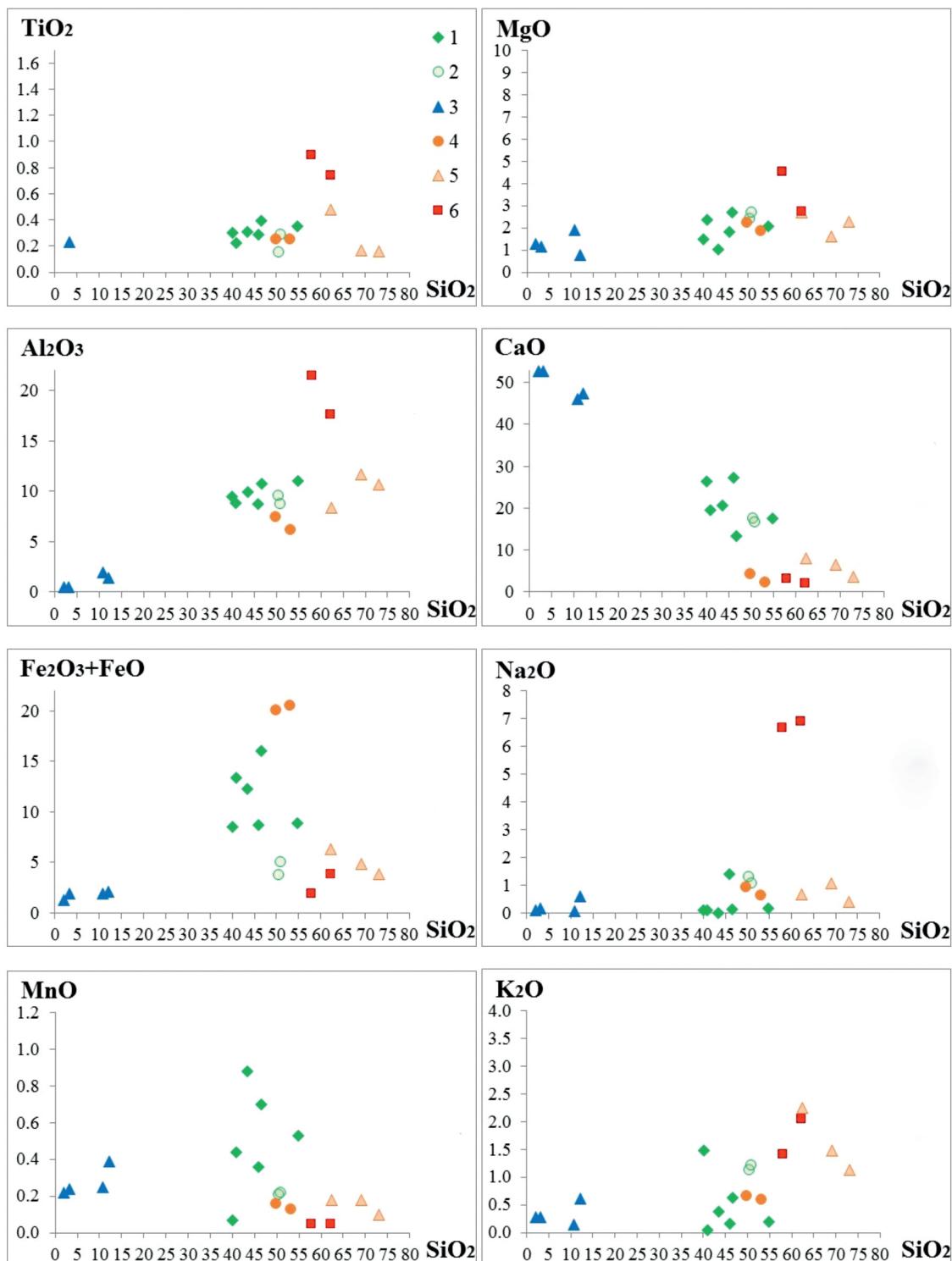


Рисунок 16 – Распределение оксидов относительно SiO_2 в метасоматических породах участка «Шнипки»:

- 1 – карбонатно-силикатные скарны высокожелезистые;
- 2 – карбонатно-силикатные скарны умеренно-железистые;
- 3 – карбонатные скарны;
- 4 – скарнированные породы основного состава;
- 5 – скарнированные породы средне-кислого состава;
- 6 – альбититы и олигоклазиты

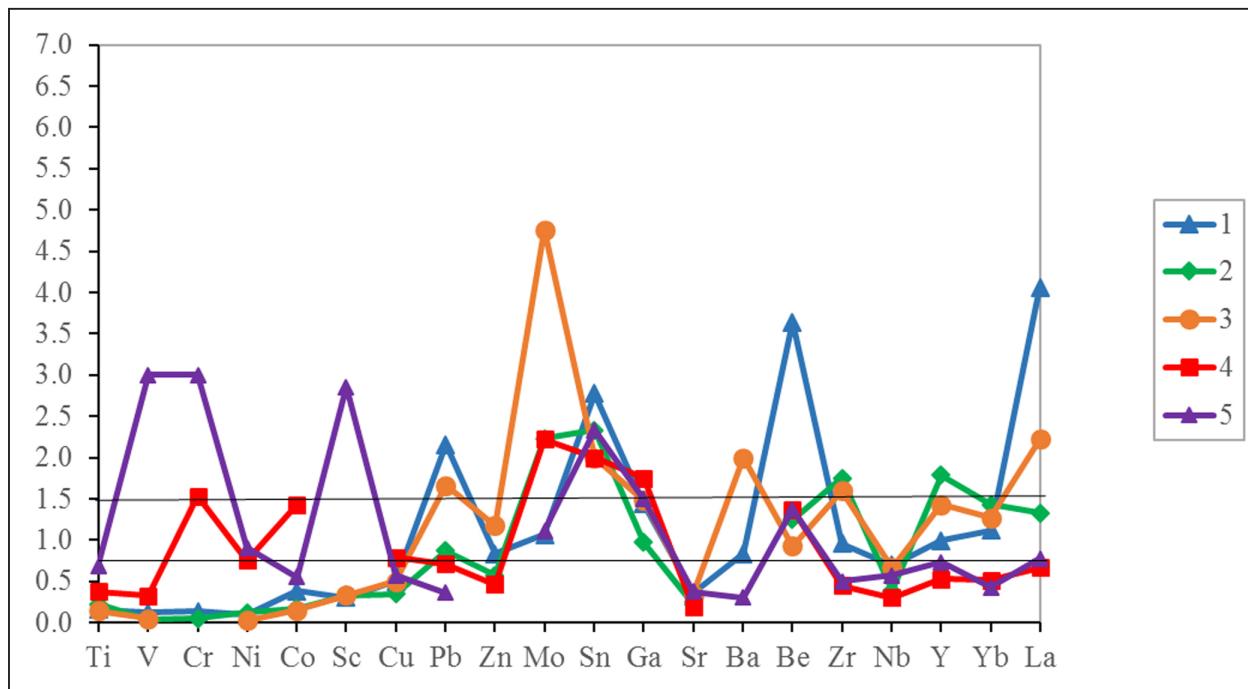


Рисунок 17 – Тренды относительного распределения микроэлементов в метасоматических породах участка «Шнипки»: 1 – карбонатно-силикатные скарны; 2 – карбонатные скарны; 3 – скарнированные породы; 4 – альбититы; 5 – олигоклазиты. Кк – отношение содержаний элементов в породах к значениям кларков пород соответствующего состава по А.П. Виноградову [3]. Область значений Кк, близких к кларковым ($\text{Kk} = 0,5\text{--}1,5$), выделена двумя линиями

ниже кларка пород соответствующего состава по А.П. Виноградову [3]. Только для олигоклазитов отмечается повышенное содержание V, Cr и Sc, превышающее величину кларка 2–3 раза. Во всех метасоматитах наблюдается концентрация Sn (превышает кларк в 2–3 раза), а в карбонатно-силикатных скарнах, скарнированных породах и альбититах отмечается обогащенность Mo, в карбонатных скарнах – Be и La.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПРИРОДА МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ

Особенности минерального и химического состава рассматриваемых метасоматитов участка «Шнипки» свидетельствуют о принадлежности их к образованиям скарнового типа [1; 2]. Существовали разные представления об их происхождении – терригенное [6], эндогенное (карбонатиты) [8], контактово-инфилтратационное [1].

Наличие «окатанных» зерен породообразующих минералов в метасоматических образованиях, которое рассматривалось в качестве основного критерия образования скарнов терригенным путем [6], по существу свидетельствует о тектонических подвижках и неоднократном дроблении рассланцеванных пород в районе Щучинского раз-

лома, к которому приурочен участок «Шнипки».

Установление магматической природы карбонатных пород В.Ф. Красовским [8] на основании только минералогического состава неправомочно, в дальнейшем эта точка зрения не была поддержана. Для разграничения сходных по минеральному составу эндогенных карбонатных образований решающее значение имеет комплекс типоморфных элементов-примесей, позволяющий практически однозначно определять генезис данных пород. На эталонных карбонатитовых объектах магматического происхождения установлены постоянно высокие содержания редких и редкоземельных элементов [4; 9]. Причем для них весьма характерен спектр редкоземельных элементов с резкой степенью фракционирования легких РЗЭ и слабо выраженной или отсутствующей отрицательной аномалией содержания европия [12].

Хондрит-нормализованные спектры РЗЭ метасоматических пород участка «Шнипки» (рис. 18) демонстрируют умеренное обогащение легкими редкими землями относительно тяжелых ($\text{La/Yb}_n = 5,1\text{--}11,6$) (табл. 2).

Рассматриваемые скарны в зависимости от типа распределения РЗЭ подразделяются на две группы с близким (практически идентичным) видом графика распределения РЗЭ (рис. 18). Кар-

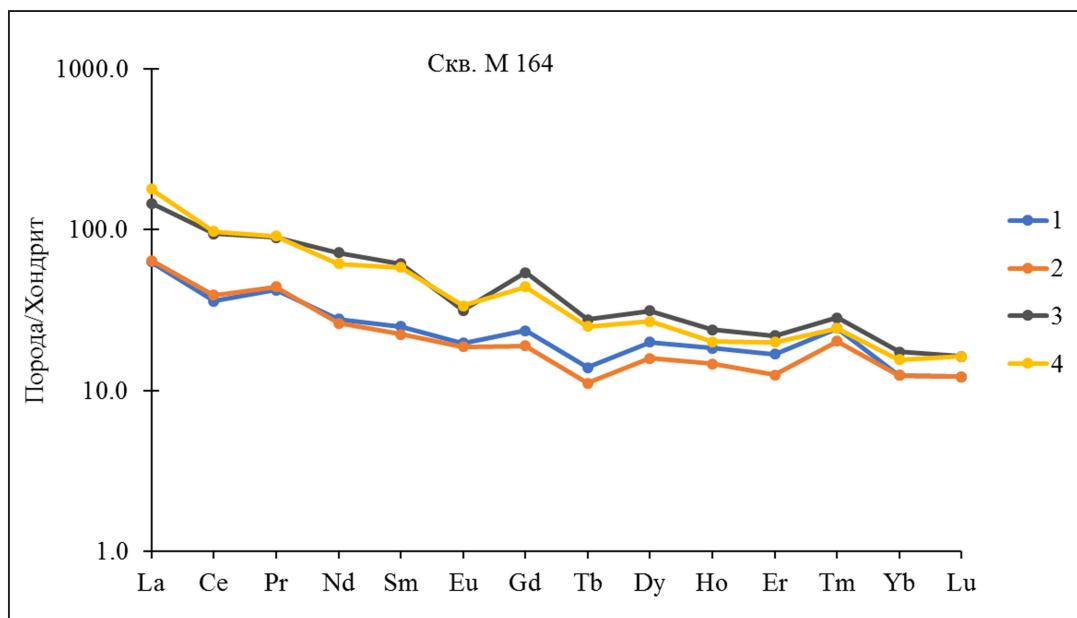


Рисунок 18 – Хондрит-нормализованное распределение редких земель [11] в метасоматических породах участка «Шнипки»: 1–2 – карбонатные скарны: 1 – с пироксеном, гл. 367,3–368,4 м; 2 – с пироксеном, амфиболом и скаполитом, гл. 372,6–378,0 м; 3–4 – карбонатно-силикатные скарны: 3 – карбонат-амфибол-пироксен-эпидот-скаполит-кварцевый, гл. 368,4–372,6 м; 4 – карбонат-афибол-пироксен-эпидот-скаполит-кварцевый, гл. 370,0 м

Таблица 2 – Содержание редкоземельных элементов (г/т) в скарнах участка «Шнипки»

Компоненты	1	2	3	4
La	15,0	15,3	34,7	42,5
Ce	22	24	58	60
Pr	3,9	4,1	8,3	8,5
Nd	12,7	12,0	33,0	28,0
Sm	3,7	3,3	9,1	8,6
Eu	1,11	1,05	1,77	1,90
Gd	4,70	3,76	10,77	8,80
Tb	0,5	0,4	1,0	0,9
Dy	4,9	3,9	7,7	6,6
Ho	1,0	0,8	1,3	1,1
Er	2,7	2,0	3,5	3,2
Tm	0,6	0,5	0,7	0,6
Yb	2,0	2,0	2,8	2,5
Lu	0,3	0,3	0,4	0,4
La/Nd	1,18	1,28	1,05	1,52
Eu/Sm	0,30	0,32	0,19	0,22
Eu/Eu*	0,81	0,91	0,54	0,67
La/Yb _n	5,09	5,20	8,42	11,55
La/Sm _n	2,53	2,90	2,38	3,09
Gd/Lu _n	1,94	1,55	3,33	2,72

Примечание: 1 – карбонатная порода пироксенсодержащая, гл. 367,3–368,4 м; 2 – карбонатная порода со скаполитом, гл. 273,6–278,0 м; 3 – скарн эпидот-кварц-скаполит-пироксеновый с амфиболом и карбонатом, гл. 368,4–372,6 м; 4 – скарн эпидот-кварц-скаполит-пироксеновый с амфиболом и карбонатом, гл. 370,0 м.

бонатные пироксенсодержащие скарны характеризуются невысокой концентрацией РЗЭ, весьма пологим графиком нормированных содержаний и умеренной европиевой аномалией. Отношение $La/Yb_n = 5,1\text{--}5,2$ в них отвечает широко распространенному соотношению этих элементов в породах основного состава нормальной щелочности. Силикатно-карбонатные скарны несколько обогащены РЗЭ по сравнению с карбонатными породами. Для них характерен умеренный наклон кривой нормированных содержаний ($La/Yb_n = 8,4\text{--}11,6$) и четкий европиевый минимум, что соответствует типу распределения РЗЭ в породах средне-кислого состава. Низкие содержания РЗЭ в карбонатных и силикатно-карбонатных породах участка «Шнипки» в сочетании с пологим характером кривых на графиках нормирования, поведение европия и отношение La/Yb являются надежными критериями для отличия их от магматических (эндогенных) карбонатитов. Об этом же свидетельствуют и низкие содержания в породах и минералах таких элементов, как Sr, Ba, Nb, Ta.

Тесная пространственная связь карбонатных скарнов с карбонатно-силикатными породами изучаемого участка, сходство их минеральных ассоциаций и геохимических особенностей свидетельствуют о генетическом родстве этих образований.

Как уже отмечалось, скарны участка «Шнипки» были отнесены к образованиям контактно-инфилтратационного типа [1] в соответствии с представлениями Е.Д. Карповой и А.Г. Иващенцева [5]. С учетом мирового опыта изучения метасоматических пород и сложившихся современных представлений об их условиях образования [7; 9 и др.] нам представляется, что изучаемые скарны участка «Шнипки» следует отнести к *автореакционным известковым скарнам*, по механизму образования относящимся к инфильтратационному типу. Такие скарны формируются в зоне регионального Ca – Fe – Mg метасоматоза без контакта с первичными карбонатными породами (как это происходит в случае образования метасоматитов контактно-инфилтратационного типа), которые отсутствуют в стратифицированном разрезе изучаемого региона. Участки развития автореакционных скарнов обычно связаны с зонами гранитизации (в нашем случае воздействие гранитов мостовского комплекса), кислотного и кальциевого метасоматоза, при этом протолитом служат различные метаморфические породы. Скарны участка «Шнипки» относятся к эндоскарнам, а скарнированные образования – околоскарнированным породам, которые образовались по исходным алюмосиликатным отложениям, представленным в данном регионе кристаллическими сланцами и гнейсами щучинской серии.

Минерало-геохимические исследования метасоматитов участка «Шнипки» свидетельствуют о принадлежности их к сложным по составу автореакционным скарнам, возникшим в ходе нескольких этапов минералообразования: начальный безрудный (ассоциация диопсид-геденбергита, граната андродит-гроссулярового состава и скаполита); последующий более низкотемпературный (появление эпидота, амфибола и кварца); наиболее поздний (карбонатизация с сопутствующей сульфидной минерализацией до образования мономинеральных карбонатных жил и прожилков и альбитизация с образованием олигоклазитов и альбититов), предположительно отвечающий поздней кварц-карбонатно-сульфидной (кварцево-сульфидной стадии минералообразования в скарнах [9]). Присутствие иногда в карбонатных породах ксенолитов скарнированных образований указывает на то, что отложению карбонатов предшествовали тектонические нарушения и дробление ранее возникших скарнированных и карбонатно-силикатных пород. В отличие от скарнов олигоклазиты и альбититы являются продуктом постмагматического натрового метасоматоза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Участок «Шнипки» характеризуется наличием разнообразных метасоматически измененных пород, приуроченных к мощной зоне тектонических нарушений Щучинского разлома. Детальное исследование малоизученных метасоматических образований данного участка на основе минерало-петрографических, геохимических и петрологических методов позволило провести их расчленение, выделить разные типы и разновидности пород, определить их минеральный состав и структурно-текстурные особенности, выявить закономерности распределения петрогенных и малых элементов, установить условия формирования и последовательность этапов минералообразования метасоматического преобразования исходных пород.

Метасоматические породы по отношению к тектонической зоне располагаются зонально – от менее измененных вдали разломной зоны (частично скарнированные породы) до чисто метасоматических, среди которых выделяется группа скарнов (карбонатно-силикатные и карбонатные) и группа альбититов и олигоклазитов. Карбонатно-силикатные и карбонатные разновидности скарнов отличаются количественным содержанием силикатной и карбонатной компоненты. Основными породообразующими минералами карбонатно-силикатных скарнов являются гранат, кварц, карбонаты (кальцит, сидерит), эпидот, скаполит, амфибол, пироксен. Для карбонатных скарнов характерно присутствие до 80–95% карбонатных минералов и подчиненное количество пироксена (клинопироксена), амфиболя, кварца, граната, скаполита, эпидота. К скарнированным породам были отнесены умеренно метасоматически измененные образования со следами скаполитизации, карбонатитизации, мусковитизации, окварцевания и калишпатизации. Отдельную группу пород составляют альбититы и олигоклазиты – мелкозернистые породы, на 85–90% состоящие из плагиоклаза (альбита или олигоклаза) с незначительным присутствием кварца, калиевого полевого шпата и слюды.

Все карбонатные и силикатно-карбонатные скарны обеднены SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , щелочами и содержат значительное количество кальция, наличие которого в карбонатных скарнах достигает 46–53%. Во всех выделенных группах метасоматитов с учетом выявленных в них петрохимических особенностей выделяются разновидности пород, различающиеся железистостью, титанистостью, глиноземистостью и магнезиальностью.

Микроэлементный состав пород характеризуется обедненностью сидерофильных элементов за исключением олигоклазитов, обогащенных V, Cr и Sc. Также во всех метасоматитах наблюдается повышенная концентрация Sn, а в карбонатно-силикатных скарнах, скарнированных породах и альбититах – Mo, в карбонатных скарнах – Be и La.

Скарны отнесены нами к автореакционным известковым скарнам инфильтрационного типа, образование которых связано с гидротермально-метасоматическим воздействием гранитов мостовского комплекса в зоне тектонических нарушений Щучинского разлома, где были проявлены процессы кислотного и кальциевого метасоматоза. Протолитом служили метаморфические образо-

вания щучинской серии и магматические породы березовского комплекса. Альбититы и олигоклазиты, по нашему мнению, являются продуктом постмагматического натрового метасоматоза.

Скарны и скарнированные породы являются достаточно редкими образованиями кристаллического фундамента Беларуси. Их изучение носит как чисто научный интерес, так и имеет прикладное значение, так как с этими породами часто связаны месторождения железа, вольфрама, меди, молибдена, свинца, цинка, бора и др. Доля автореакционных скарнов в мире мала, но и с ними связаны определенные перспективы. Как пример, месторождение шеелита Чорух-Дайрон в Таджикистане.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксаментова, Н. В. О генетической природе карбонатно-силикатных пород Щучинской тектонической зоны Белорусского массива / Н. В. Аксаментова, Л. В. Ганзеева // Поисковые критерии твердых полезных ископаемых БССР. – Минск : БелНИГРИ, 1985. – С. 54–70.
2. Архипова, А. А. Генезис метасоматитов зоны щучинского разлома (Центрально-Белорусский массив) и связанного с ним оруденения / А. А. Архипова, И. В. Найденков // Літасфера. – 2002. – № 2 (17). – С. 61–78.
3. Виноградов, А. П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А. П. Виноградов // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–571.
4. Капустин, Ю. Л. Геохимия стронция и бария в карбонатитах / Ю. Л. Капустин // Геохимия. – 1982. – № 3. – С. 369–390.
5. Карпова, Е. Д. Скарны / Е. Д. Карпова, А. Г. Иващенцев // Измененные околоврудные породы и их поисковое значение. – Москва : Госгеолтехиздат, 1954. – С. 10–52.
6. Корешкова, Л. А. О терригенной природе породообразующих минералов докембрийских толщ северо-запада Белоруссии / Л. А. Корешкова // Геология и география. – Минск : БГУ, 1981. – Вып. 3. – С. 3–11.
7. Коржинский, Д. С. Основы метасоматизма и метамагматизма / Д. С. Коржинский // Избранные труды. – Москва : Наука, 1993. – 239 с.
8. Красовский, В. Ф. Карбонатитовый комплекс пород докембра в кристаллическом фундаменте Белоруссии / В. Ф. Красовский // Геология, петрография и металлогения кристаллического фундамента Белоруссии. – Минск : Наука и техника, 1983. – С. 35–49.
9. Метасоматизм и метасоматические породы / кол. авторов ; ред.: В. А. Жариков, В. Л. Русинов. – Москва : Научный мир, 1998. – 492 с.
10. Химические анализы горных пород кристаллического фундамента Белоруссии : справочник / А. М. Пап [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1988. – 243 с.
11. Sun, S. S. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts : implications for mantle composition and processes / S. S. Sun, W. F. McDonough // Magmatism in ocean basins. – Geol. Soc. London. Spec. – 1989. – Pub. 42. – P. 313–345.
12. Wass, S. Y. Mantle metasomatism – precursor to continental volcanism / S. Y. Wass, N. W. Rogers // Geoch. Cosm. Acta. – 1980. – № 44. – P. 1811–1823.

Статья поступила в редакцию 06.09.2022

Рецензент А.Г. Лапцевич

АСАБЛІВАСЦІ РЭЧЫЎНАГА СКЛАДУ МЕТАСАМАТЫАЎ КРЫШТАЛІЧНАГА ФУНДАМЕНТА ЗАХАДУ БЕЛАРУСІ (УЧАСТАК «ШНІПКІ»)

А.А. Піскун, А.А. Талкачыкова, М.П. Гурыновіч

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»

Філіял «Інстытут геалогіі»

вул. Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь

E-mail: piskun_oleg@mail.ru, fundament@geologiya.by

Прыведзены вынікі даследавання малавывучаных метасаматычных парод участка «Шніпкі», размешчанага на заходзе крышталічнага фундамента Беларусі. Выдзелены групы карбанатна-сілікатных і карбанатных скарнаў, скарніраваных парод, алігаклазітаў і альбітытаў. Выяўлены асаблівасці іх хімізму і заканамернасці размеркавання петрагеных і малых элементаў. Вызначаны ўмовы іх фарміравання і паслядоўнасць этапаў мінералаўтварэння метасаматычнага пераўтварэння зыходных парод. Зроблены вывод аб прыналежнасці выдзеленых скарнаў да аўтараакцыйных вапнавых скарнаў інфільтрацыйнага тыпу.

FEATURES OF THE COMPOSITION OF METASOMATITES OF THE CRYSTALLINE BASEMENT OF WESTERN BELARUS (SHNIPKI SITE)

O. Piskun, A. Tolkachikova, M. Hurynovich

State Enterprise “Research and Production Center for Geology”

Branch “Institute for Geology”

7 Kuprevich St, 220084, Minsk, Belarus

E-mail: piskun_oleg@mail.ru, fundament@geologiya.by

The article presents the results of the study insufficiently explored metasomatic rocks of the Shnipki site, located in the west part of the crystalline basement of Belarus. Groups of carbonate-silicate and carbonate skarns, skarn rocks, oligoclasites and albitites have been identified. Peculiarities of their chemistry and patterns of distribution of petrogenic and minor elements have been revealed. The conditions for their formation and the sequence of stages of mineral formation and metasomatic transformation of the original rocks have been determined. It has been concluded that the selected skarns belong to autoreactive calcareous skarns of the infiltration type.

ГЕАЛОГІЯ

УДК 551.735.1(476-12)

СТРАТИГРАФІЯ И КОРРЕЛЯЦІЯ ОТЛОЖЕНИЙ ВІЗЕЙСКОГО ЯРУСА НИЖНЕГО КАРБОНА В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

В.І. Толстошев, П.О. Сахарук

Государственное предприятие «НПЩ по геологии»

Филиал «Институт геологии»

ул. Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь

E-mail: polina.sakharuk@gmail.com

Рассмотрено детальное расчленение и корреляция визейских отложений в семи скважинах, расположенных на двух профилях в центральной и восточной частях Южно-Ельской синклинальной зоны южной части Припятского прогиба. Визейский ярус расчленен на нижне- и верхневизейский подъярусы. Нижневизейский подъярус представлен каолиновой толщей пород, в которой выделены и прослежены три пачки-цикла (I, II, III) гостовского и одна пачка-цикл (IV) бобриковского горизонтов. В верхневизейском подъярусе выделены и прослежены отложения тульского, алексинского, михайловского и венёвского горизонтов. Для некоторых пачек-циклов и горизонтов приведены комплексы спор и микрофауны, имеющиеся в опубликованной литературе и научно-исследовательских отчетах.

ВВЕДЕНИЕ

В статье представлены материалы по детальному расчленению и корреляции визейских отложений нижнего карбона в семи скважинах, пробуренных в 1950-е гг. в южной части Припятского прогиба (в основном, на поиски углей карбона) с хорошим выходом керна и наиболее изученных с применением палеонтологического и палинологического методов: Словечно 2-с, Новая Рудня 23-у, Богутичи 70-у и 76-у, Дроньки 108-у, 87-у и 106-у. В работе широко использованы опубликованные и фондовые материалы прежних лет по изучению рассматриваемых образований в отмеченных скважинах, особенно материалы В.К. Голубцова и Г.И. Кедо [2; 3; 4; 5; 6; 7 и др.] по описанию литологии изучаемых отложений и их палеонтологической характеристики.

В процессе исследований авторы уточнили объемы ранее выделенных стратиграфических подразделений визейского яруса с привлечением материалов ГИС. Стратиграфическое расчленение и корреляция отложений визейского яруса в изучаемых разрезах скважин представлены в соответствии с новыми стратиграфическими схемами докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси 2010 г. [16].

Изучение визейских отложений Припятского прогиба осуществляется в рамках выполнения НИР 4 «Геологическое строение отложений визейского яруса нижнего карбона Припятского прогиба и сопредельных территорий и оценка их перспектив на полезные ископаемые» задания 4.01 «Исследование вещественного состава горных пород, строения и эволюции недостаточно изученных частей платформенного чехла и кристаллического фундамента Беларуси как основа проведения геологосъемочных работ нового поколения и минерагенического прогноза» подпрограммы 10.4 «Белорусские недра» Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг.

ГЕОЛОГІЧНА ІЗУЧЕННІСТЬ ВІЗЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОЇ ЧАСТИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Отложения визейского яруса нижнего карбона широко распространены в южной части Припятского прогиба: в Южно-Ельской и на западном окончании Северо-Ельской синклинальных зон, которые сформировались в результате течения соли верхнефаменской соленосной толщи (рис. 1).

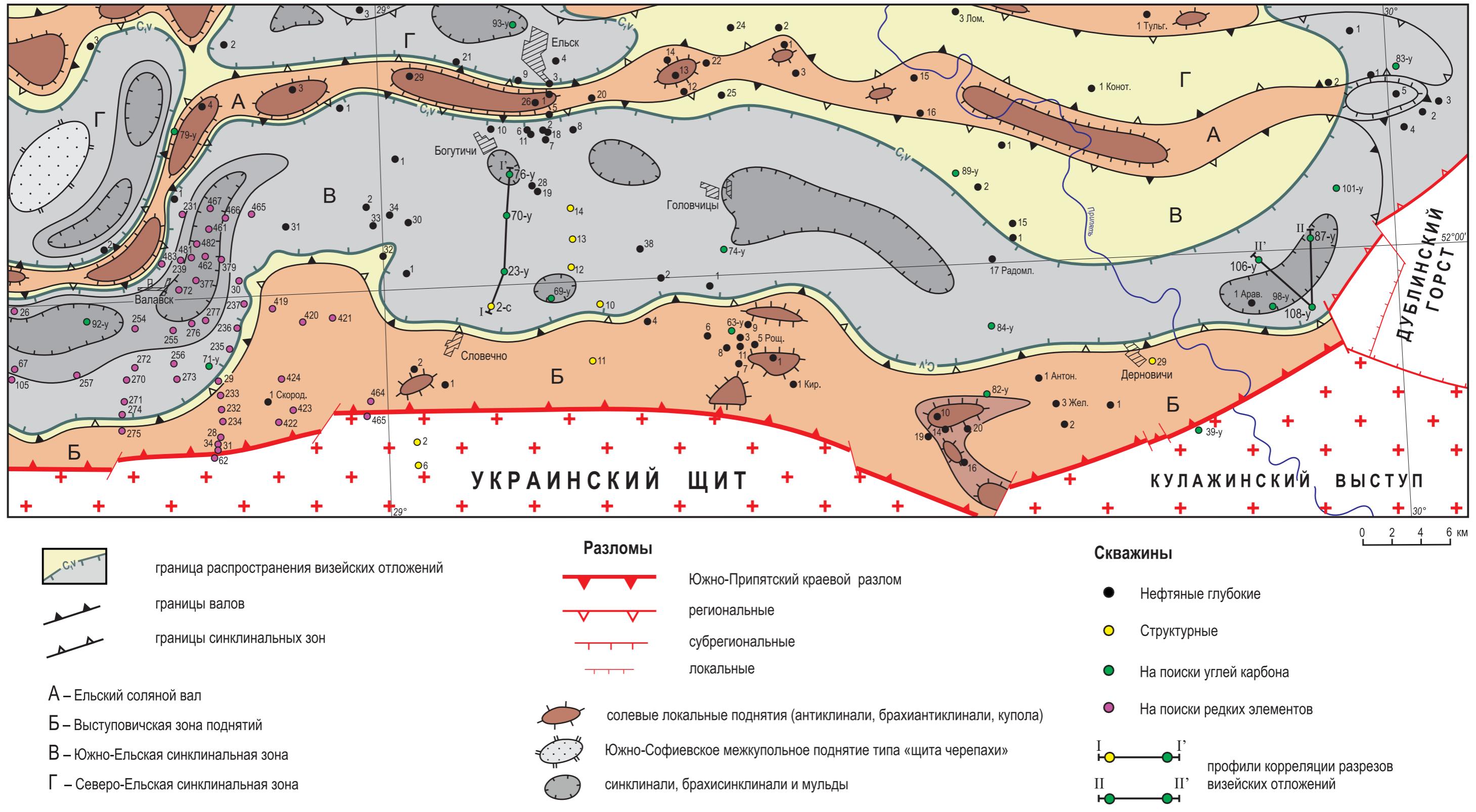


Рисунок 1 – Карта распространения отложений визейского яруса нижнего карбона в южной части Припятского прогиба.

Составили В.И. Толстошев и П.О. Сахарук с использованием материалов Р.Е. Айзберга, Р.Г. Гарецкого, В.К. Голубцова, В.С. Конищева, РУП «Белгеология», РУП «ПО «Белоруснефть»»

Вышеназванные синклинальные зоны разграничивает Ельский соляной вал, а на юге Южно-Ельская синклинальная зона ограничена Выступовичской зоной поднятий. Южно-Припятский краевой разлом отделяет эту зону от Украинского щита и Кулажинского выступа фундамента. В пределах соляного вала и зоны поднятий выделяется несколько локальных соляных поднятий (антеклинали, брахиантиклинали, купола), визейские образования здесь отсутствуют. В Южно-Ельской синклинальной зоне визейские отложения широкой полосой протягиваются в широтном направлении с запада на восток и ограничиваются Дублинским горстом Брагинского мегавыступа. В контуре визейских отложений выделяются локальные отрицательные структуры (синклинали, брахисинклинали, мульды), образовавшиеся под действием соляной тектоники.

В 1952 г. М.С. Закашанский составил Структурную схему южной части БССР. По данным гравиметрии были выделены Шатилковская, Ельская и Житковичская депрессии, Лунинецко-Микашевичский выступ фундамента, Червонослободское валообразное поднятие и некоторые локальные структуры [18]. Термин «Ельская депрессия» использовался геологами в отчетах и статьях до 1974 г. [13]. В 1975 г. Р.Е. Айзберг, Р.Г. Гарецкий, В.С. Конищев [10] составили схему структурного районирования Припятского прогиба по поверхности верхненеманских соленосных отложений, на которой, помимо других синклинальных зон, авторы детально показали Южно-Ельскую синклинальную зону и ее границы. С этого времени данный термин вошел в практику научных и производственных работ.

В 1953 г. в средней части Южно-Ельской синклинальной зоны (деревня Словечно Ельского района Гомельской области) Украинским геологическим управлением была пробурена скважина Словечно 2-с, вскрывшая образования с прослоями углей и известняков. В известняках В.К. Голубцов обнаружил и определил фораминиферы и остракоды верхневизейского подъяруса [2] и дал первое стратиграфическое расчленение визейских образований в Ельской депрессии: здесь были выделены сталиногорский, тульский, алексинский и михайловский горизонты визейского яруса. По литологическим и фаунистическим особенностям автор расчленил тульский горизонт на две пачки: глинистую и глинисто-известняковую.

В 1954–1959 гг. приобрели широкий размах поисковые работы на угли в юго-восточных районах Беларуси, которые проводила Полесская геолого-

разведочная партия [3]. В Южно-Ельской синклинальной зоне (преимущественно в ее средней и восточной частях) в этот период проводились буровые работы на поиски углей и нефти. Бурение нефтяных глубоких скважин осуществляла Белорусская контора разведочного бурения треста «Союзнефтегазведка», а затем – ПО «Белорусгеология». В угольных скважинах поднимался высокий процент керна, что дало возможность с помощью палеонтологического и палинологического методов детально изучить визейские образования и сделать эти разрезы опорными для всех скважин синклинальной зоны, особенно для нефтяных глубоких скважин, которые проходили надсолевую часть платформенного чехла (включая визейские образования) с небольшим отбором керна.

В 1954 г. в средней части синклинальной зоны были пробурены угольная скважина Новая Рудня 23-у (с хорошим выходом керна) и нефтепоисковая скв. Ельская 2-р (см. рис. 1). Обе скважины вскрыли полный разрез нижневизейских образований. В целом нижнекаменноугольные отложения в этих скважинах были детально изучены В.К. Голубцовым [4] и Г.И. Кедо [6].

С 1955 г. началось планомерное изучение каменноугольных отложений Припятского прогиба и сопредельных территорий в связи с поисками бурых углей карбона, а также нефти. На северном участке средней части синклинальной зоны были пробурены две нефтепоисковые скважины с поднятым керном из визейской толщи пород: Ельские 7-р (1955) и 8-р (1957). Обе скважины вскрыли полный разрез нижневизейских образований, а скв. Ельская 8-р прошла, по-видимому, и полный разрез отложений верхневизейского подъяруса. В верхневизейских отложениях названных скважин В.К. Голубцов изучил фораминиферы [4].

В 1956 г. в средней части зоны были пробурены скважины на уголь: Скородное 71-у, Валавск 72-у, Богутичи 76-у. В отложениях тульского горизонта данных скважин Г.И. Кедо [8] выделила один спорово-пыльцевой комплекс, который сопоставляется с аналогичным комплексом из тульских отложений Московской синеклизы (Подмосковья по Г.И. Кедо).

В 1957–1958 гг. Г.И. Кедо [6; 7] на основании спорово-пыльцевых комплексов выполнила стратиграфическое расчленение турнейских и нижневизейских отложений в скв. Новая Рудня 23-у и нескольких скважинах, пробуренных к северу от Ельского соляного вала. По данным спорово-пыльцевого анализа железистая толща соответствовала верхней части чернышинского подъяруса, а в као-

линовой толще выявлено два спорово-пыльцевых комплекса: нижний и верхний. Нижний комплекс характерен для низов сталиногорского (бобриковского) горизонта Южно-Ельской синклинальной зоны, а верхний является аналогом для отложений сталиногорского горизонта Подмосковья.

В 1957 г. в восточной части Южно-Ельской синклинальной зоны визейские отложения были полностью пройдены скв. Дроньки 87-у, а затем, в 1959 г., скв. Дроньки 106-у, 108-у и частично 98-у (см. рис. 1). Визейские образования изучили В.К. Голубцов и Г.И. Кедо с привлечением палеонтологических методов. Полученные палеонтологические материалы авторы использовали при составлении стратиграфической схемы каменноугольных отложений Белоруссии 1981 г. [14] в ее корреляционной части при выделении южной структурно-фациональной зоны (Ельская депрессия).

В 1963 г. Г.И. Кедо [9] опубликовала статью по изучению спор в большом количестве образцов, отобранных из отложений турнейского и нижней части визейского ярусов в 24 скважинах (включая Новую Рудню 23-у) Припятского прогиба. В данной публикации Г.И. Кедо более детально изучила видовой состав спор из ранее выделенных двух споровых комплексов в каолиновой толще [6]. Она отметила, что совершенно своеобразным является споровый комплекс, выделенный из основания каолиновой толщи. Кроме того, Г.И. Кедо установила, что в самой верхней части кизеловского горизонта (kis_2) виды спор близки споровым комплексам малиновской (нижневизейской) толщи Волго-Уральской области. Эти материалы подробнее были изучены в последующее время.

В 1966 г. Г.И. Кедо в статье [8] привела детальные разрезы яспополянского (бобриковский и тульский горизонты) подъяруса в 13 скважинах (включая Новую Рудню 23-у и Словечно 2-с). По спорам в каолиновой толще ею были выделены три отличающихся друг от друга споровых комплекса: нижний (br_1), средний (br_2) и верхний (br_3), характеризующие различные фитостратиграфические зоны каолиновой толщи. Для тульских отложений был установлен один спорово-пыльцевой комплекс (tl), характеризующий горизонт в целом. В нескольких таблицах Г.И. Кедо показала распространение спор в разрезах каждой из трех частей каолиновой толщи и образований тульского горизонта, а также разместила в статье 11 таблиц с рисунками спор. В сводной XII таблице ею были показаны руководящие спорово-пыльцевые комплексы (br_1 , br_2 , br_3 , tl) яспополянских отложений визе Припятского прогиба. Для полноты

палеонтологической характеристики яспополянских отложений Г.И. Кедо привела описание спорово-пыльцевого комплекса самой верхней части турнейских отложений, соответствующих верхней фитозоне (kis_2) кизеловского горизонта.

В 1971 г. была опубликована монография «Геология СССР. Белорусская ССР» [1]. В этой работе приведены материалы по изучению осадочного чехла в период с 1949 по 1969 г., в том числе и по визейским отложениям, которые были представлены В.К. Голубцовым на схеме корреляции 14 разрезами скважин Припятской впадины (включая Новую Рудню 23-у, Словечно 2-с, Ельские 7-р и 8-р). В визейском ярусе был выделен яспополянский надгоризонт (вместо подъяруса), представленный бобриковским и тульским горизонтами, для которых были приведены краткие сведения по стратиграфии, литологии, палеонтологии, палеогеографии и тектонике. В работе отмечено, что в бобриковском горизонте по спорам выделены две фитостратиграфические зоны, охарактеризованные комплексами спор [7]. Нижний из них представлен видами спор, переходными от турнейских к визейским. В верхнем комплексе содержатся споры, типичные для бобриковского горизонта Московской синеклизы. Для каолиновой толщи в целом приведены наиболее характерные виды спор. Отложения тульского горизонта расчленены на две части: нижнюю – глинистую и верхнюю – глинисто-известняковую, для которых дана литологическая характеристика и приведены палеонтологические определения по остаткам фауны (фораминиферы, остракоды, брахиоподы). Данные по спорам тульского горизонта в работе не представлены.

В 1981 г. Г.И. Кедо и В.К. Голубцов [5] в статье детально рассмотрели стратиграфию «железистой» и «каолиновой» толщ. При выполнении этой работы они изучили разрезы более 30 новых скважин с использованием каротажных диаграмм и провели переинтерпретацию разрезов всех других скважин (включая Новую Рудню 23-у и Словечно 2-с), пробуренных в Припятском прогибе в разные годы на уголь и другие полезные ископаемые, а также пересмотрели имевшиеся палинологические материалы. Было отмечено, что обе толщи имеют отчетливое циклическое строение, при этом цикличность каолиновой толщи более четкая и выдержанная, чем у железистой. Спорово-пыльцевой анализ дал возможность Г.И. Кедо и В.К. Голубцову [5] выделить в каолиновой толще четыре комплекса спор и разделить ее на четыре пачки-цикла. Из них три пачки (I, II, III) соответствуют гостовскому горизонту, а четвертая (IV) сопоставляется с бобриков-

ским горизонтом. В Южно-Ельской синклинальной зоне нижневизейские образования изучены детально только в скв. Новая Рудня 23-у. В разрезе каолиновой толщи данной скважины по спорам выделено три пачки-цикла (I, II, III), а четвертая пачка представлена песчаной толщой, не содержащей спор растений. Авторы статьи представили разрез каолиновой толщи в скв. Новая Рудня 23-у в качестве опорного разреза для названной синклинальной зоны.

В 1983 г. были опубликованы стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений территории Белоруссии 1981 г. [14], в том числе и по каменноугольным образованиям. В унифицированной стратиграфической схеме Русской платформы [15] визейский ярус был разделен на три подъяруса: нижний, средний и верхний. Нижнему подъярусу соответствовал малиновский надгоризонт, включающий косьвинский и радаевский горизонты, среднему – янополянский надгоризонт, объединяющий бобриковский и тульский горизонты, а верхнему – окский надгоризонт, включающий алексинский, михайловский и венёвский горизонты. В региональной схеме Белоруссии 1981 г. [14] малиновскому надгоризонту соответствовала гостовская свита. В янополянском надгоризонте бобриковский горизонт сопоставлялся с богутинской свитой, а тульский горизонт – с ясенецкой свитой. Окский надгоризонт выделялся в качестве василевичской свиты, разделенной на три подсвиты, соответствующих трем вышеизначенным горизонтам.

В 1988 г. В.И. Толстошев в монографии [18] в подразделе «Визейский ярус» описал стратиграфию и литологию визейских отложений Припятского прогиба и представил их палеонтологическую характеристику. Наличие большого количества скважин, вскрывших визейские отложения на территории прогиба, и недостаточная изученность их разрезов не позволили автору расчленить визейскую толщу пород на более дробные стратиграфические подразделения. Поэтому с целью построения обобщающих структурных карт и карт мощностей для всей территории прогиба визейские отложения были разделены на две толщи пород: нижнюю, включающую континентальные гостовские и бобриковские образования, и верхнюю – морские тульско-венёвские отложения. В Южно-Ельской синклинальной зоне для корреляции выделенных двух толщ использовались следующие скважины, представленные в табл. 3 [18]: Выступовичи 10-к, 12-к, 13-к; Ельские 2-р, 7-р, 10-р, 19-р, 28-р, 38-р; Гребеневская 1-р, Ольховская 1-р.

В 1981–1990 гг. на территории южной и юго-западной частей Припятского прогиба украинская партия № 49 Кировского ПГО осуществляла поисковые работы на бурье угли нижнего карбона, давсонит-бокситовые руды и редкие элементы. Полученные значительные материалы позволили уточнить южные границы распространения визейских отложений, их стратиграфию, литологию, тектонику, провести корреляцию выделенных стратиграфических подразделений и некоторые материалы опубликовать. Так, в 1990 г. в статье П.В. Виниченко и других [11] показана корреляция каменноугольных (включая визейские) образований в средней части Южно-Ельской синклинальной зоны по линии Валавских скважин партии № 49: 483, 239, 481, 462, 378, 379. В 1995 г. в статье Р.Г. Гарецкого и других [19] представлена корреляция визейских отложений через Лельчицкое углерожение, расположенное в самой западной части Южно-Ельской синклинальной зоны, с проведением сопоставления по линии скважин (с запада на восток): 111, 206, 207, 208, 213, 209, 214, 210. В 2009 г. В.И. Толстошев в статье [17] на рис. 2 показал сопоставление пачек-циклов нижневизейских и тульских отложений нижнего карбона в скв. Заозерная 7-п, Лельчицкие 151, 150, 116, пробуренных в центральной и южной частях Припятского прогиба. Из большого количества кернового материала Г.Н. Сахарова, Н.П. Степченко и В.И. Авхимович изучили споры растений из нижневизейских и тульских отложений в Лельчицких скв.: 1, 98, 116, 117, 118, 155, 208, 213, 354-сл, а в образованиях верхнего подъяруса скв. Валавская 482 В.К. Голубцов определил формаминыферы [18].

В 2010 г. были опубликованы новые стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений территории Беларуси и объяснительная записка к ним [16]. По сравнению со стратиграфическими схемами 1981 г. [14], новые стратиграфические схемы составлены с большей детальностью, основанной на учете широкого спектра новейших достижений палеонтолого-стратиграфических исследований. В «Общей стратиграфической шкале» [12] для каменноугольной системы вместо надгоризонта вновь введен подъярус. Визейский ярус расчленен на нижний и верхний подъярусы. Нижний подъярус включает радаевский и бобриковский горизонты, а верхний объединяет тульский, алексинский, михайловский и венёвский горизонты. Косьвинский горизонт включен в состав турнейского яруса. В региональной схеме Беларуси к нижнему подъярусу визе отнесены гостовский и бобриковский горизонты, а к верхнему – установ-

ленные по палеонтологическим данным тульский, алексинский, михайловский и венёвский горизонты. Все горизонты получили детальное палеонтологическое обоснование, и для каждого из них определены стратотипы.

СТРАТИГРАФИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ ВИЗЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕГО КАРБОНА ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

В южной части Припятского прогиба визейские отложения залегают в Южно-Ельской и западной части Северо-Ельской синклинальных зон, образовавшихся вследствие течения соли верхнесоленосной толщи. Визейские образования вскрыты мелкими (до 600–700 м) и глубокими нефтяными скважинами преимущественно в Южно-Ельской синклинальной зоне, и их стратиграфическое положение изучено с привлечением палинологического и палеонтологического методов. В новой стратиграфической схеме каменноугольной системы Беларусь 2010 г. [16] визейский ярус разделен на нижний и верхний подъярусы. Нижний подъярус включает гостовский и бобриковский горизонты, а верхний – тульский, алексинский, михайловский и венёвский горизонты.

Нижний подъярус визейского яруса. В Припятском прогибе (включая и его южную часть) данному подъярусу соответствует континентальная калиновая толща песчано-глинистых пород. В середине 1950-х гг. по положению в разрезе она была отнесена к сталиногорскому (бобриковскому) горизонту. В ней Г.И. Кедо выделила сначала два [6; 7], а затем три [8] комплекса спор, характеризующих нижнюю, среднюю и верхнюю части толщи и датируемых как комплексы сталиногорского горизонта. В последующее время Г.И. Кедо и В.К. Голубцов изучили с использованием каротажных диаграмм разрезы 30 новых скважин и провели интерпретацию пробуренных в Припятском прогибе в разные годы скважин на уголь и другие полезные ископаемые (в том числе Новая Рудня 23-у, Богутичи 76-у и др.), а также пересмотрели все имеющиеся палинологические материалы.

Ниже более подробно рассмотрим строение каолиновой толщи нижнего визея в Южно-Ельской синклинальной зоне южной части Припятского прогиба, с привлечением семи разрезов визейских образований в наиболее изученных скважинах. Корреляция визейского комплекса пород показана по двум профилям (I-I' и II-II', см. рис. 1). Первый включает скв. Словечно 2-с, Новая Рудня 23-у, Бо-

гутичи 70-у и 76-у (рис. 2), а второй – скв. Дроньки 87-у, 108-у и 106-у (рис. 3). Все представленные разрезы были сопоставлены с опорной скв. Новая Рудня 23-у и стратотипом образований нижнего визея – скв. Гостов 7-п. Во всех рассмотренных разрезах скважин каолиновая толща залегает на породах черепетского горизонта турнейского яруса нижнего карбона ($C_1\text{cr}$).

На первом профиле корреляции полный разрез каолиновой толщи с четырьмя пачками-циклами представлен только в двух скв.: Новая Рудня 23-у и Богутичи 70-у.

В скв. Словечно 2-с выделены *первая* (инт. 425,0–443,8 м, мощность 18,8 м) и *вторая* (инт. 400,0–425,0 м, мощность 25,0 м) пачки-циклы. Они представляют собой единую песчаную толщу и сложены песками пестроцветными (кирпично-красные, розовые, фиолетовые, желтые), кварцево-полевошпатовыми, мелко-крупнозернистыми, слабослюдистыми, каолинизированными, иногда с прослоями глин пестроцветных, плотных, песчанистых, слюдистых, мощностью до 0,5 м. По всему разрезу встречается галька овручского кварцита. Граница между пачками проведена условно на глубине 425,0 м. В основании первой пачки-цикла по керну (инт. 443,0–444,0 м, мощность 1,0 м) залегает прослой овручского кварцитового галечника вишневого цвета. Из прослоев глин спор не обнаружено.

Разрез нижневизейских отложений в скв. Новая Рудня 23-у Г.И. Кедо [5] расчленена на три пачки-цикла при сравнении их с названными образованиями в опорном разрезе скв. Гостов 7-п, которые она детально изучила и сопоставила с одновозрастными отложениями радаевского горизонта Волго-Уральской области. Авторы статьи с привлечением материалов ГИС выделили в скв. Новая Рудня 23-у также отложения четвертой пачки-цикла, соответствующей бобриковскому горизонту.

Первая пачка-цикл (I) (инт. 567,6–584,8 м, мощность 17,2 м) сложена глинами и песчаными породами. Глины голубовато-серые, лиловые, краснобурые, песчанистые, некарбонатные. Пески и песчаники серые, голубовато-серые и краснобурые, кварцево-полевошпатовые, мелкозернистые, слабоаколинизированные. В основании пачки на пестроцветной глине залегает песчаник серый, разнозернистый, кварцево-полевошпатовый с глинистым цементом. В прослое глины (инт. 577,2–577,3 м по керну) Г.И. Кедо [5] определила споры и выделила споровый комплекс, относимый ранее [7; 9] к верхней части кизеловского

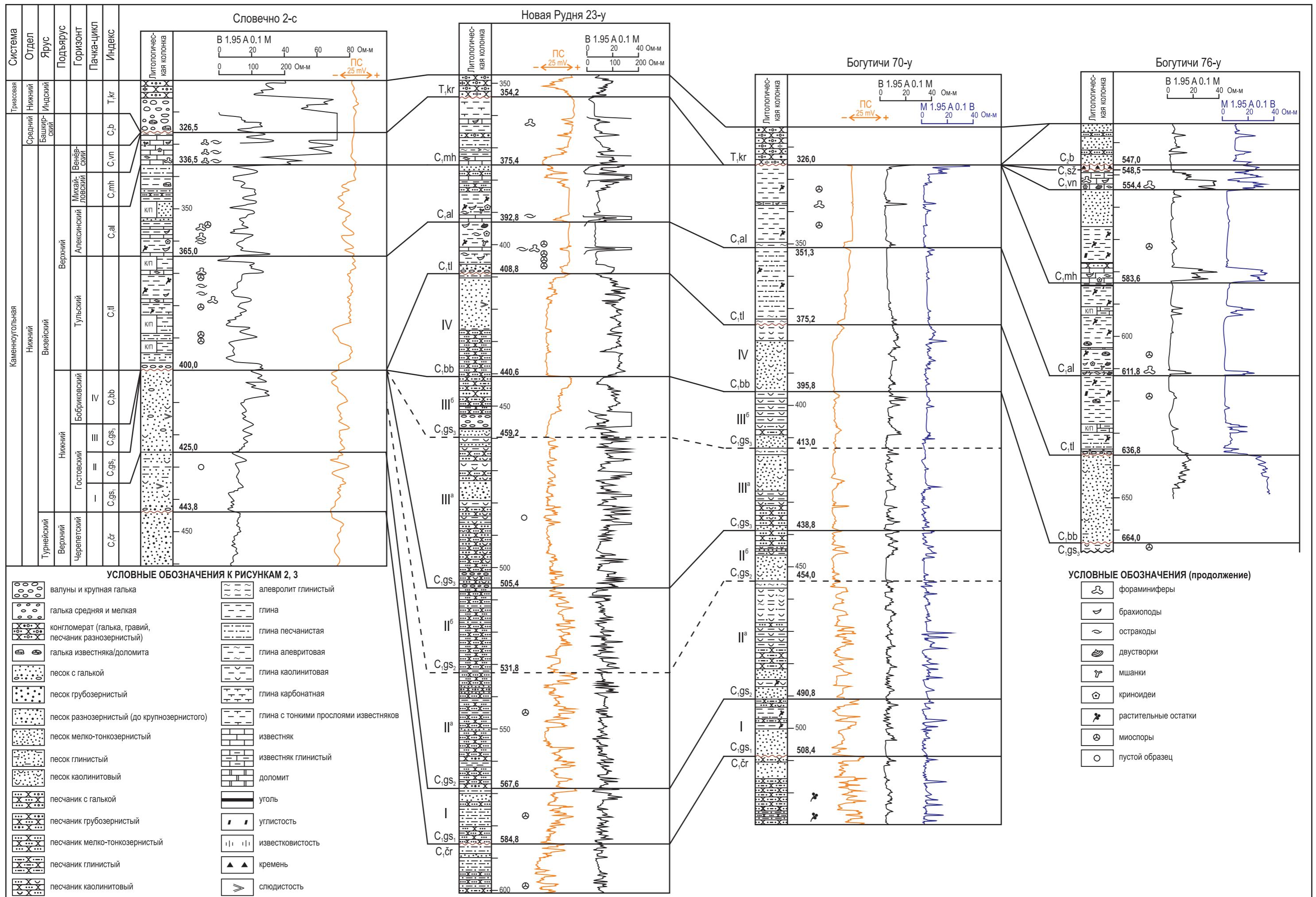


Рисунок 2 – Корреляция визейских отложений в скв. Словечно 2-с, Новая Рудня 23-у, Богутичи 70-у, Богутичи 76-у по профилю I-I'. Составили В.И. Толстощеев и П.О. Сахарук с использованием материалов Г.И. Кедо, В.К. Голубцова, А.Н. Брусенцова

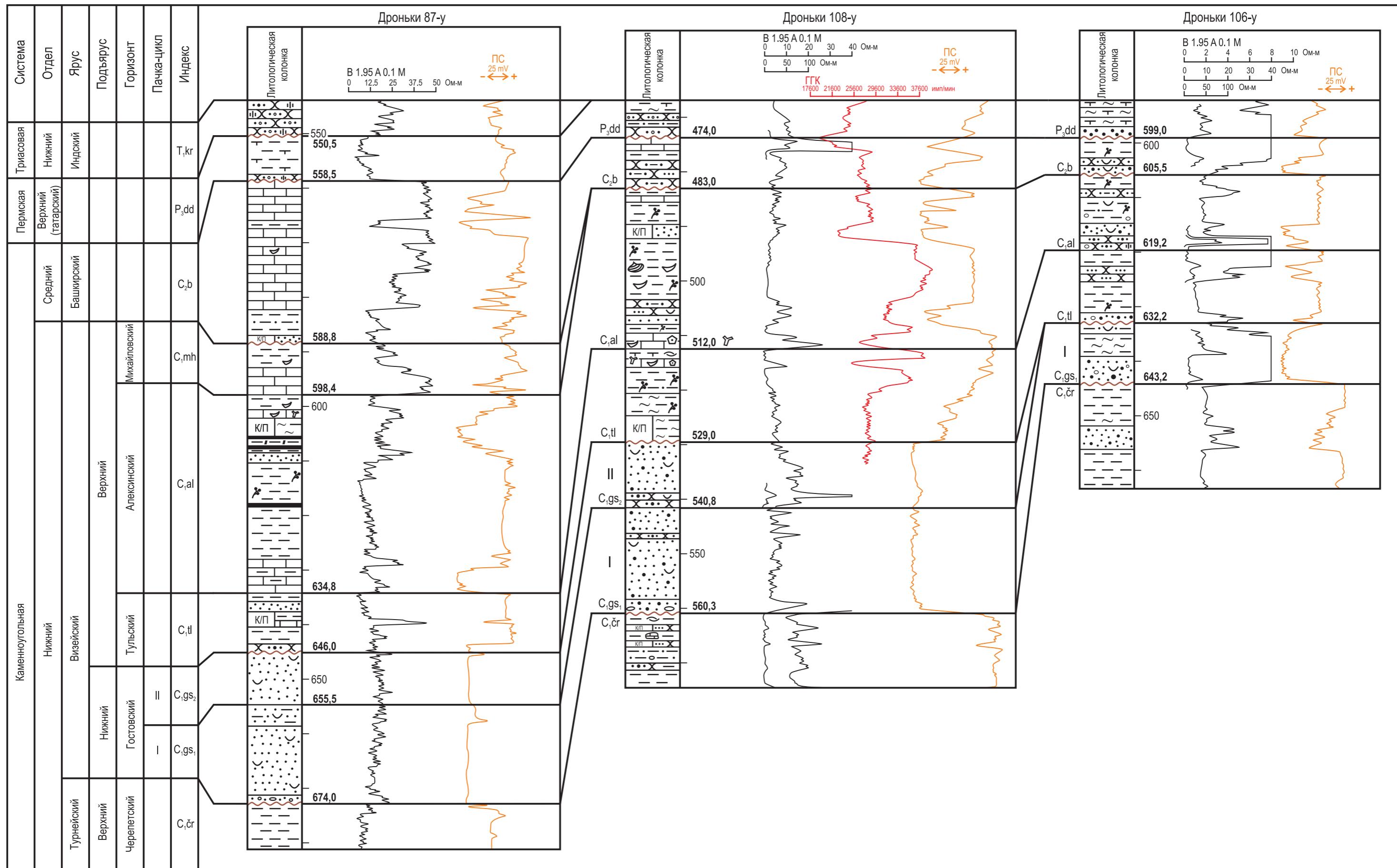


Рисунок 3 – Корреляция визейских отложений в скв. Дроньки 87-у, 108-у, 106-у по профилю II-II'. Составили В.И. Толстощеев и П.О. Сахарук с использованием материалов Г.И. Кедо, В.К. Голубцова, А.Н. Брусенцова

горизонта (*kis₂*): *Trilobozonotriletes inciso-trilobus* Naum., *Lophotrilletes minutissimus* Naum., *Archaeozonotriletes multiplicabilis* Kedo, *A. literatus* (Waltz) Kedo, *Euryzonotriletes simplex* Naum., *Leiotrilletes microrugosus* (Ibr.) Naum., *Trachytriletes solidus* Naum., *Psophosphaera ovalis* Kedo.

Вторая пачка-цикл (II) (инт. 505,4–567,6 м, мощность 62,2 м) выполнена песчаниками, реже песками (мощность прослоев 0,7–1,0 м) и глиниами (мощность прослоев 0,2–1,2 м). Песчаники пестроцветные (голубовато-серые, лиловые, вишнево-красные), кварцево-полевошпатовые, глинистые, рыхлые, с каолиновым цементом. В нижней подпачке (II^a) преобладают песчаники мелко-среднезернистые, прослоями грубозернистые с включением галек кварцита и кварца, а в верхней подпачке (II^b) песчаники также пестроцветные, но более грубозернистые, а вблизи кровли (инт. 506,2–506,3 м по керну) залегает тонкий прослой угля (0,1 м). Пески светло-серые, желтые и пестроцветные, кварцево-полевошпатовые, от мелко- до грубозернистых с включением крупных зерен кварца, глинистые, с каолиновыми включениями. Глины пестроцветные (красно-бурые, желто-серые, охристые, лиловые), песчанистые, некарбонатные. В основании пачки-цикла II залегает песчаник серый и красно-бурый, кварцево-полевошпатовый, грубозернистый, с содержанием крупных неокатанных зерен кварца и полевого шпата. В прослое глины (инт. 544,05–544,65 м) Г.И. Кедо [5] выявила комплекс спор: *Archaeozonotriletes multiplicabilis* Kedo, *A. literatus* (Waltz) Kedo, *Euryzonotriletes macrodiscus* (Waltz) Isch. var. *reticulata* Kedo, *E. cilato-marginatus* (Waltz) Byv., *Simozonotriletes eurygnathus* (Andr.) Isch., *S. conduplicatus* (Andr.) Isch., *S. sublobatus* (Waltz) Pot. et Kr., *Acanthotrilletes multisetus* (Luber) Kedo, *A. dominans* Kedo, *Retusotrilletes setosus* Kedo, *Lophotrilletes rotundus* Naum. Этот своеобразный комплекс спор (бр₁ – «нижнебобриковский» [8]) не имеет аналогов на Восточно-Европейской платформе. По всей вероятности, в Припятском прогибе он связан с автохтонными отложениями в отличие от аллохтонных образований Восточно-Европейской платформы, принесенных вместе с комплексами спор из разных источников.

Третья пачка-цикл (III) (инт. 440,6–505,4 м, мощность 64,8 м) сложена песками, песчаниками и глинами. Пески и песчаники белые и розовые, тонко-мелкозернистые, прослоями грубозернистые с включением неокатанных зерен кварца, каолинизированные. В основании залегает прослой (0,25 м) галечника из овручского темно-розового кварцита. Глины белые, светло-розо-

вые, розовые, плотные, каолинитовые, местами песчанистые. Прослои темно-розовых кварцитов встречаются также в интервалах 451,1–456,53 м, 456,73–457,16 м и 501,25–502,05 м. В подошве двух верхних прослоев кварцитов залегают два тонких прослоя угля в интервалах 456,53–456,73 м (мощность 0,2 м) и 457,16–457,31 м (мощность 0,05 м). В значительно каолинитовой III пачке споры не обнаружены. При сравнении с разрезом скв. Гостов 7-п, третья пачка также разделена на две подпачки: III^a и III^b.

Четвертая пачка-цикл (IV) (инт. 408,8–440,6 м, мощность 31,8 м) в отличие от разреза скв. Гостов 7-п имеет сокращенный объем из-за размыва. В нижней половине разреза она выполнена песчаником пестроцветным (розовый, лиловый, голубовато-белый), тонкозернистым, кварцевым, слабосцепментированным и слабослюдистым. В средней части пачки находится прослой глины светло-голубой, песчанистой, а выше залегает песок белый, тонкозернистый, кварцевый, слегка уплотненный, с включением слюды.

В скв. Богутичи 70-у в связи с отсутствием палеонтологических данных разрез визейских отложений составлен авторами статьи по описанию керна В.К. Голубцова и сопоставлен со скв. Новая Рудня 23-у и Гостов 7-п. Нижневизейские отложения в разрезе скважины (инт. 375,2–508,4 м, мощность 133,2 м) представлены песчано-глинистой каолиновой толщей пород с большим количеством песков. В этой толще выделены четыре пачки-цикла (см. рис. 2), из них I–III пачки-цикла представлены чередованием слоев песков, песчаников и глин. Пески серые, розовато-серые, сиреневые, мелкозернистые, кварцевые. Песчаники светло-серые, розовато-серые, сиреневые, мелкозернистые, глинистые, слабокаолинизированные. Глины белые, розовато-белые, розовато-сиреневые, каолинитовые, местами песчанистые. В верхней части первой и нижней части второй пачек-циклов в темно-серых глинах содержатся обуглившиеся растительные остатки. Четвертая пачка-цикл (IV) сложена в основном песком розовым, мелкозернистым, кварцевым, каолинизированным. В кровле пачки залегает глина розовато-белая, каолиновая, на ней с размывом лежат породы тульского горизонта верхнего визе.

Скважина Богутичи 76-у вскрыла четвертую пачку-цикл (IV) (инт. 636,8–664,0 м, мощность 27,2 м) и самую верхнюю часть третьей пачки (III) (инт. 664,0–665,6 м (забой), вскрытая мощность 1,6 м). Последняя представлена глиной белой, желтой, сиреневой, каолинитовой, плотной, слоистой.

В этой глине (гл. 665,0 м) Г.Н. Сахарова определила споровый комплекс с большим содержанием спор: *Nymenozonotriletes pusillus* (Ibr.) Isch. – 84% и *Perisaccus primigenius* Naum. – 4,5%, который характерен для третьей пачки-цикла. Ранее этот комплекс именовался как среднебобриковский (br_2) [8; 9]. Четвертую пачку-цикл (IV) слагает песок белый, глинистый, мелкозернистый, каолинитовый.

Мощности пачек-циклов показаны в таблице расчленения (табл.).

На втором профиле корреляции представлены разрезы нижневизейских отложений в скв. Дроньки 87-у, 106-у и 108-у (см. рис. 3). По сопоставлению со скв. Новая Рудня 23-у, в скв. Дроньки 87-у и 108-у выделены две пачки-цикла (I и II), а в 106-у только нижняя пачка (I).

В скв. Дроньки 87-у пачки-цикли (I и II) (инт. 655,5–674,0 м, 646,0–655,5 м, мощность 18,5 и 9,5 м соответственно) сложены песком малиново-розовым, тонкозернистым, кварцевым, каолинистым. В основании первой пачки предположительно залегает галечник овручского кварцита и песок грубозернистый.

В скв. Дроньки 108-у нижние пачки-цикли (I и II) (инт. 540,8–560,3 м, 529,0–540,8 м, мощность 19,5 и 11,8 м соответственно) выполнены песком лиловым, разнозернистым, кварцевым, каоли-

нистым. В основании первой пачки (0,8 м) лежит галечник из галек овручского кварцита розового цвета. Граница между двумя пачками-циклами проведена в подошве песчаника лилового, разнозернистого, кварцевого, с гнездами каолина.

В скв. 106-у I пачка-цикл (инт. 632,2–643,2 м, мощность 11,0 м) в нижней части сложена песком лиловым, кварцевым, крупно- и грубозернистым, с галькой кварца в основании разреза, каолинистым, с прослоем в кровле (0,2 м) глины розово-лиловой, каолинитовой. Выше залегает алевролит белесый с розоватыми и охристыми пятнами, глинистый, тонкослюдистый, переходящий по разрезу в глину лиловую, серо-розовую, песчанистую, слабокаолинитовую.

Верхний подъярус визейского яруса включает тульский, алексинский, михайловский и венёвский горизонты. В Южно-Ельской синклинальной зоне Припятского прогиба В.К. Голубцов [2] с привлечением палеонтологического метода детально изучил разрез верхневизейских отложений в скв. Словечно 2-с, а затем в других скважинах на представленных двух профилях (см. рис. 2, 3).

Тульский горизонт по литологическим и фаунистическим особенностям в скв. Словечно 2-с В.К. Голубцов впервые выделил и расчленил на две пачки: глинистую и глинисто-известняковую [2].

Таблица – Стратиграфическое расчленение отложений визейского яруса нижнего карбона южной части Припятского прогиба

Скважина	Альтитуда Забой	Кровля	Система	Каменноугольная								Подошва	
			Отдел	Нижний									
			Ярус	Визейский									
			Подъярус	Верхневизейский				Нижневизейский					
			Горизонт, пачка	C_{1vn}	C_{1mh}	C_{1al}	C_{1tl}	C_{1bb} IV	C_{1gs} III	C_{1gs} II	C_{1gs} I	Глубина	Индекс
Словечно 2-с	120,0 538,2	T _{1kr}	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	326,5 -207,0 10,0	336,5 -217,5 28,5	365,0 -244,7 35,0	-	-	400,0 -280,0 25,0	425,0 -305,0 18,8	443,8 -323,8	C ₁ čr
Новая Рудня 23-у	123,9 622,3	--//--	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	354,2 -230,3 21,2	375,4 -251,5 17,4	392,8 -268,9 16,0	408,8 -284,9 31,8	440,6 -316,7 64,8	505,4 -381,5 62,2	567,6 -443,7 17,2	584,8 -460,9	--//--
Богутичи 70-у	130,5 619,4	--//--	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	-	326,0 -195,5 25,3	351,3 -220,8 23,9	375,2 -244,7 20,6	395,8 -265,3 43,0	438,8 -308,3 52,0	490,8 -360,3 17,6	508,4 -377,9	--//--
Богутичи 76-у	131,6 665,6	C _{1sž}	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	548,5 -416,9 5,9	554,4 -422,8 29,2	583,6 -452,0 28,2	611,8 -480,2 25,0	636,8 -505,2 27,2	664,0 -532,4 > 1,6	h. v.			
Дроньки 87-у	114,0 732,5	C _{2b}	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	588,8 -474,8 9,6	598,4 -484,4 36,4	634,8 -520,8 11,2	-	-	646,0 -532,0 9,5	655,5 -541,5 18,5	674,0 -560,0	C ₁ čr
Дроньки 108-у	113,0 716,3	--//--	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	-	483,0 -375,0 29,0	512,0 -400,0 17,0	-	-	529,0 -417,0 11,8	540,8 -428,8 19,5	560,3 -448,3	--//--
Дроньки 106-у	112,0 700,0	--//--	Гл. кровли Абс. отм. Мощность	-	-	605,5 -492,5 13,7	619,2 -506,2 13,0	-	-	632,2 -519,2 11,0	643,2 -530,2	--//--	

Отложения глинистой пачки (инт. 380,0–400,0 м, мощность 20,0 м) трансгрессивно залегают на пестроцветных песках каолиновой толщи с базальным галечником кварцитов розовых и темно-красных в ее основании (0,8 м). Пачка сложена глинами темно-серыми (до черных) и пестроцветными (красно-бурыми, зеленоватыми и др.), плотными, вязкими, некарбонатными, с линзами и прослойми песка кварцевого, бурого, мелкозернистого. Фауна в этих отложениях не встречена. В самой верхней части пачки (инт. 380,0–383,4 м) из прослоя темно-серой (до черной) глины Г.И. Кедо [4] выделила комплекс спор, представленный следующими видами: *Hymenozonotriletes pusillus* (Waltz), *Perisaccus primigenius* Naum., *Simozonotriletes strigatus* (Waltz) Kedo, *S. literatus* (Waltz), *Archaeozonotriletes cancellothyris* (Waltz) Kedo, *Leiotriletes subintortus* (Waltz) Naum., *L. flaceus* Isch., *Acanthotriletes pennatus* Jsch., *Trematozonotriletes intermedius* (Waltz) Kedo, *Trachytriletes solidus* Naum. В инт. 383,4–388,8 м керн не поднят. В нижней части пачки, в темно-серой глине (инт. 388,8–391,0 м), Л.А. Юшко определила споры: *Trachytriletes subintortus* (Waltz) Isch., *T. minutus* Naum., *Acanthotriletes parvispinosus* (Luber), *Lophozonotriletes scrobiculatus* Naum., *Hymenozonotriletes pusillus* (Ibr.) Naum., *Simozonotriletes sulcatus* Naum. Отмеченные виды составляют комплекс спор, соответствующий нижней части тульской свиты Московской синеклизы [16].

Глинисто-известняковая пачка (инт. 365,0–380,0 м, мощность 15 м) сложена в основном глинами, с прослойками известняков, редких и мало-мощных (до 5–10 см). Глины темно-серые, прослойями карбонатные, плотные, слабопесчанистые с многочисленными растительными остатками. Известняки серые и темно-серые, плотные, крепкие, часто глинистые, местами доломитизированные. Из прослоев известняков В.К. Голубцов определил следующие фораминиферы: *Ammodiscus priscus* Raus., *A. glomospiroides* Brazhn., *Eostafella ex gr. mediocris* Viss., *Tetrataxis angusta* Viss., *T. eominima* Raus., *T. aff. media* Viss., *T. aff. minima* Lee et Chen, *T. aff. paraminima* Viss., *Archaeodiscus karreri* Brady, *A. karreri* var. *nana* Raus., *A. krestovnikovi* var. *pusilla* Raus., *A. ex gr. moelleri* Raus., *A. ex gr. spirillinoides* Raus., *Endothyanopsis crassa* var. *compressa* (Raus. et Reitl.), *Endothyra ex gr. bradyi* Mikh., *Hyperammina aff. elegans* Raus. et Reitl. и др. В глинах встречены остракоды: *Amphissites mikhailovi* Posner, *A. ex gr. urei* (Jones), *Scrobicula scrobiculata* (Jones, Kirkby et Brady), *Bairdia distracta* Eichwald, *Microcheilinella ex gr. subcorbuloides* (Jones et Kirkby). Анализ изученных остатков микрофлоры показал, что приведен-

ный комплекс фораминифер и остракод из верхнетульских отложений Припятского прогиба схож с комплексом из верхней части тульской свиты Московской синеклизы и зон $C_1^e - C_1^f$ Донбасса [4; 16]. В черной глине (гл. 372,4 м) Г.И. Кедо определила споры: *Euryzonotriletes planus* Naum., *Hymenozonotriletes conformis* Kedo, *Simozonotriletes trivalis* (Waltz) Kedo, *Trilobozonotriletes abnormis* Naum. et Kedo, *Perisaccus primigenius* Naum.

В скв. Новая Рудня 23-й разрез отложений тульского горизонта (инт. 392,8–408,8 м, мощность 16,0 м) по литологическим особенностям также расчленяется на две пачки: нижнюю (песчано-глинистую) (инт. 401,6–408,8 м, мощность 7,2 м) и верхнюю (глинисто-известняковую) (инт. 392,8–401,6 м, мощность 8,8 м). В подошве нижней пачки встречены гальки овручского кварцита, темно-розовые, крепкие, которые трансгрессивно залегают на песке белом, тонкозернистом, кварцевом бобриковского горизонта нижнего визе. Выше залегает глина пестроцветная (темно- и светло-розовая, светло-лиловая), песчанистая, с уменьшением содержания песчаного материала к кровле. В верхней половине пачка сложена глиной темно-серой, тонкосланцеватой, сильно карбонатной, с остатками фауны и пиритизированными остатками растений.

В основании верхней пачки находится прослой (0,6 м) известняка серого, плотного, крепкого, мелкокристаллического, с желваками пирита и остатками фауны. Отложения пачки представлены глиной серой, плотной, некарбонатной, аргиллитоподобной, с зеркалами скольжения, с пиритизированными растительными остатками, особенно выделяются вертикально расположенные в керне пиритизированные стебельки растений. В глине содержатся обильные остатки фауны брахиопод, пелеципод, остракод, мшанок.

В образцах темно-серых глин (гл. 399,5; 403,4; 404,4; 406,0 м), в основном из нижней пачки, Г.И. Кедо выявила комплекс спор, представленный большим количеством видов: *Hymenozonotriletes pusillus* (Ibr.) Isch., *H. pusillus* (Ibr.) Isch. var. *foraminatus* Kedo, *Leiotriletes subintortus* (Waltz) Naum., *L. simplicissimus* Naum., *L. pennatus* Isch., *L. platyrugosus* (Waltz) Isch., *L. inermis* (Waltz) Isch., *Trachytriletes minutus* Naum., *T. subintortus* (Waltz) Isch., *T. pennatus* Kedo, *Trematozonotriletes subobscurus* Kedo, *T. bialatus* (Waltz) Kedo et Jush., *T. bialatus* (Waltz) Kedo et Jush. var. *undulatus* Waltz, *T. variabilis* (Waltz) var. *minor* Kedo, *T. sublaevigatus* Jush. et Kedo, *T. commutatus* (Waltz) Kedo, *Acanthotriletes parvispinus* (Lub.) Kedo, *Lophotriletes microgranifer* (Ibr.)

Kedo, *L. pennatus* (Isch.) Kedo, *Stenozonotriletes simplicissimus* Naum., *Simozonotriletes brevispinosus* (Waltz) Kedo et Jush., *Diatomozonotriletes speciosus* (Loose) Isch., *D. speciosus* (Loose) Isch. var. *major* Kedo, *Perisaccus primigenius* Naum., *P. rotundus* Kedo. Данный комплекс характерен для отложений тульской свиты Московской синеклизы [8; 16]. В известняке из основания верхней пачки (гл. 401,6 м) В.К. Голубцов определил такой же комплекс фораминифер и остракод, как и в скв. Словечно 2-с [4].

В четырех других изучаемых скв. (Богутичи 76-у, Дроньки 87-у, 106-у, 108-у) тульские отложения (глубины залегания и мощности – см. табл.) также выполнены глинами серыми, темно-серыми и черными. В скв. Богутичи 76-у в 1957 г. Г.Н. Сахарова из образца глины (гл. 618,5 м) определила споровый комплекс с преобладанием вида *Hymenozonotriletes pusillus* (Ibr.) Isch. – 56%, характерный для отложений тульского горизонта Подмосковья [14; 16].

В скв. Богутичи 70-у образования тульского горизонта (инт. 351,3–375,2 м, мощность 23,9 м) представлены более терригенными разностями пород. Они сложены глинами пестроцветными (красно-бурыми, желто-бурыми, темно-серыми), песчанистыми, слоистыми, некарбонатными и алевролитами светло-голубоватыми, глинистыми. Прослоиев известняков в толще не содержится.

Отметим, что в тульских отложениях изученных скважин прослоиов углей не обнаружено, а верхнетульские образования выделены только в скв. 23-у и 108-у, в которых найдены остатки богатой фауны (фораминиферы, остракоды, брахиоподы, пелециподы, криноиды, мшанки).

Алексинский горизонт. В скв. Словечно 2-с пестроцветная толща алексинского горизонта по литологическим особенностям пород расчленяется на две пачки: нижнюю – известняково-глинистую и верхнюю – глинисто-песчаную. Нижняя пачка (инт. 354,0–365,0 м, мощность 11,0 м) сложена в основном глинами с редкими прослоями (до 10 см) известняков. В глинах встречены остатки брахиопод, криноидей и растений. В основании пачки залегает прослой (0,15 м) известняка желто-серого, мелкокристаллического, очень крепкого, с трещинами (до 1 мм), заполненными кальцитом, который является нижним реперным слоем (Ral_1) алексинского горизонта. В известняках нижней пачки содержатся остатки сравнительно бедной фауны. Здесь в прослоях известняков В.К. Голубцовым [2] были определены следующие фораминиферы: масса *Archaediscus moelleri* Raus., A. aff. *moelleri* Raus., A. ex gr. *moelleri* var. *gigas* Raus., *Eostaffella* ex gr. *parva* (Moeller), *Tetrataxis* ex gr. *angusta* Viss., *Endothyra*

sp., *Eostaffella* sp. и др. Возраст пород определен на основании массового развития архедискусов из группы *Archaediscus moelleri* Raus., которые являются руководящими формами для нижней части зоны $C_1^v F_2$ Донбасса и алексинской толщи южного и западного крыльев Московской синеклизы [2; 16]. Кроме того, в глинах были встречены остракоды: *Glyptopleura* ex gr. *plicatula* Posner, *Microcheilinella subcorbuloides* (Jones et Kirkby), *Bairdia distracta* Eichwald, *Scrobicula scrobiculata* (Jones, Kirkby et Brady), *Bairdia* sp., *Scrobicula* sp. и другие, некоторые из них, вероятно, принадлежат к новым видам. Состав фауны однообразный, но очень характерный, резко отличающийся от фауны ниже- и вышележащих свит. В нижней части пачки Г.И. Кедо определила споры [8].

Верхняя пачка (инт. 336,5–354,0 м, мощность 17,5 м) преимущественно выполнена глиной красноцветной, реже желтовато-серой, плотной, вязкой, песчанистой, с прослоями песчаника (1,1 м керна) желтовато-бурого с фиолетовыми пятнами, мелкозернистого, крепкого, известковистого и песка (1,1 м керна) пестроцветного, мелко- и тонкозернистого, глинистого, с тонкими прослойками и линзами пестроцветной глины.

В скв. Новая Рудня 23-у нижняя часть разреза алексинского горизонта выполнена глинами серыми, плотными, некарбонатными, с растительными остатками. В его основании залегает нижний реперный слой (Ral_1) известняка темно-серого, мелкокристаллического, крепкого (1,2 м). Выше вскрыта глина серая, песчанистая, с большим количеством остатков брахиопод, остракод, мшанок, криноидей и растительных остатков. В образце глины темно-серой (инт. 391,2–392,3 м) В.К. Голубцов определил остракоды алексинского возраста [4]. Верхняя часть разреза представлена глинами серыми и пестроцветными, песчанистыми, некарбонатными, с растительными остатками. Глины включают слои песков и песчаников палевых и тонкозернистых, а также известняка (1,75 м) розовато-желтого, мелкокристаллического, крепкого, являющегося верхним реперным известняком алексинского горизонта (Ral_2) в Припятском прогибе.

В скв. Богутичи 70-у алексинский горизонт выполнен переслаиванием глин темно-серых и пестроцветных (сиреневых, желто-бурых), слоистых, некарбонатных, с растительными остатками. В основании толщи глин характерный слой известняка (Ral_1), по-видимому, замещен алевролитом пестроцветным, глинистым, некарбонатным. В средней части встречен прослой (0,4 м) известняка (Ral_2) желто-бурого, крепкого, глинистого, сильно лимо-

нитизированного, с тонкими трещинами, заполненными кальцитом, содержащего остатки брахиопод и остракод. В кровле на породах алексинского горизонта трансгрессивно залегает конгломерат из галек розового кварцита различной величины, относящийся к кореневской свите нижнего триаса.

В нижней части отложений горизонта (инт. 340,2–349,3 м) Г.И. Кедо определила споры: *Hymenozonotriletes pusillus* (Ibr.) Isch., *Stenozonotriletes scabelus* Naum., *Trematozonotriletes variabilis* (Waltz) var. *irregularis* (Andr.) Naum., *Perisaccus primigenius* Naum. В известняке из средней части разреза (инт. 339,8–340,2 м) В.К. Голубцовым в 1959 г. были определены фораминиферы: *Hyperammina vulgaris* Raus. et Reitl., *H. elegans* Raus., *Tetrataxis pusillus* Golub., *Archaeodiscus krestovnikovi* Raus., *A. krestovnikovi* var. *multicanus* Golub., *A. ex. gr. moelleri* Raus., *A. granum* Golub., *Ammodiscus volgensis* Raus., *Tuberitina maljavkini* Mikh., *Quasiendothyra ex. gr. miranda* Raus. Также Г.И. Кедо были определены споры в образцах из глин темно-серых (инт. 334,80–339,80 м): *Trachytriletes subintortus* Naum., *Euryzonotriletes trivialis* Naum., *Stenozonotriletes luculentus* Naum., *Simozonotriletes insignis* Naum., *S. grosselimbatus* Jush., *S. brevispinosus* (Waltz.) Jush., *Perisaccus primigenius* Naum.

В скв. Богутичи 76-у алексинский горизонт (инт. 583,6–611,8 м, мощность 28,2 м) представлен глинами серыми и темно-серыми, слоистыми, некарбонатными. В основании глинистой толщи залегают мергель серый (0,4 м) и известняк (Ral_1) (0,2 м) темно-серый, кристаллический, с остатками фауны брахиопод, пелеципод, остракод. В интервале 602,2–611,45 м (по керну) в темно-серой глине встречаются крупные гальки доломитов и тонкий прослой (0,05 м) доломита, а в нижней части интервала в глине встречены остатки фауны брахиопод, мшанок, пелеципод, криноидей. В интервале 590,5–593,0 м по данным ГИС выделяется прослой известняка (Ral_2), керн которого не поднят. В верхней части отложений горизонта отмечен прослой (1,2 м) глины углистой, а в кровле разреза (инт. 584,5–584,9 по керну) залегает уголь (0,4 м). Выше без перерыва залегает известняк михайловского горизонта. В отложениях алексинского горизонта Г.Н. Сахарова (1957) из образца глины (гл. 606,0 м) выделила комплекс спор с содержанием вида *Hymenozonotriletes pusillus* (Ibr.) Isch. – 35%.

На втором разрезе корреляции в скв. Дроньки 87-у алексинская толща пород (инт. 598,4–634,8 м, мощность 36,4 м) также разделена на две пачки: нижнюю – глинисто-известняковую и верхнюю – глинисто-песчаную. Нижняя пачка сложена гли-

нами темно-серыми, слоистыми, с растительными остатками. В основании пачки залегает известняк (Ral_1) розово-серый, бурый, глинистый, довольно крепкий (1,55 м), а в средней ее части отмечен прослой угля (0,25 м).

Верхняя пачка представлена глинами темно-серыми, черными и углистыми, плитчатыми, местами песчанистыми, с двумя прослоями угля (мощностью 0,65 и 0,2 м). В ее основании залегает песок желто-бурый, тонкозернистый, а недалеко от кровли встречен прослой (1,1 м) белого известняка (Ral_2) с остатками фауны брахиопод и мшанок. В разрезе скважины алексинские отложения горизонта залегают согласно на породах тульского горизонта и без перерыва перекрываются образованиями михайловского.

В скв. Дроньки 106-у алексинский горизонт (инт. 605,5–619,2 м, мощность 13,7 м) сложен глинами серыми и темно-серыми, жирными, плитчатыми, с растительными остатками. В основании горизонта залегает песчаник серый, плотный, известковистый, кварцевый, грубозернистый, конгломератовидный с включением галек кварца. Этот песчаник является аналогом нижнего алексинского известняка (Ral_1) в скв. Дроньки 87-у и 108-у. Выше него залегает прослой песка светло-серого, крупнозернистого, кварцевого, каолинистого. В средней части толщи в глинах встречено большое количество мелких, плохо окатанных, глинистых, каолинистых галечек светло-серого цвета. В верхней части разреза глины местами песчанистые, переходящие в песчаник глинистый, тонкозернистый. В кровле на породах алексинского горизонта трансгрессивно залегает песок красновато-лиловый, крупнозернистый, каолинистый башкирского яруса среднего карбона.

В скв. Дроньки 108-у алексинская толща пород (инт. 483,0–512,0 м, мощность 29,0 м) отчетливо делится на две пачки: нижнюю – глинисто-известняковую и верхнюю – глинисто-песчаную.

Нижняя (большая) пачка (инт. 492,5–512,0 м, мощность 19,5 м) сложена глинами серыми и темно-серыми, жирными, каолинистыми. В ее основании согласно залегает на отложениях тульского горизонта известняк (Ral_1) белый, брекчевидный, крепкий, с обилием остатков брахиопод, криноидей и мшанок. В этом известняке В.Б. Тризна определила мшанки: *Fenestella minor* Nikif., *F. pseudocingulata* Sch.-Nest., *F. ex gr. donaika* (Leb.), характерные для отложений алексинского горизонта Московской синеклизы. Выше следует глина лилово-белая и серая, каолинистая, переходящая вверх по разрезу в песок белесый, тонкозернистый

и песчаник серый, мелкозернистый, кварцевый. В средней части глинистой пачки содержится большое количество остатков брахиопод и пелеципод, а также присутствуют обугленные и ожелезненные растительные остатки.

Верхняя пачка вскрыта в интервале 483,0–492,5 м, ее мощность составляет 9,5 м. В основании пачки (инт. 490,0–492,5 м) керн не поднят, по данным ГИС здесь залегает песок. Выше, в инт. 487,0–490,0 м, залегает глина (3,0 м) палевая, пепельно-серая и темно-серая, жирная, неслоистая, некарбонатная, каолинизированная, с зеркалами скольжения, на плоскостях раскола часто отмечается большое количество крупных зерен кварца. Далее следует прослой (0,9 м) известняка пестроцветного (сиреневато-бурового, желто-бурового), крепкого, кристаллического, с большим количеством трещин и гнезд, заполненных кристаллами кальцита. Как отмечалось выше, данный карбонатный прослой является верхним реперным алексинским известняком (Ral_2), который прослеживается во многих скважинах Припятского прогиба (Новая Рудня 23-у, Гостов 7-п, Дроньки 87-у и др.). В кровле пачка сложена глиной (2,2 м) красно-буровой, лиловой, жирной, плотной, некарбонатной, неслоистой, с зеркалами скольжения. На породах алексинского горизонта трансгрессивно залегают образования башкирского яруса в основании с песчаником (1,9 м) пестроцветным (лиловым, красно-бурым и др.), тонко- и мелкозернистым, глинистым, местами переходящим в глину алевритистую, некарбонатную.

Отложения михайловского горизонта на двух профилях корреляции выделены в четырех скв.: Словечно 2-с, Новая Рудня 23-у, Богутичи 76-у и Дроньки 87-у. В скв. Словечно 2-с и Дроньки 87-у показан очень сокращенный разрез рассматриваемого горизонта, в скв. Новая Рудня 23-у – частично сокращенный, а в скв. Богутичи 76-у вскрыт полный разрез. В основании горизонта залегает слой известняка (см. рис. 2, 3), отмечаемый во многих скважинах Припятского прогиба.

В скв. Словечно 2-с разрез михайловского горизонта (инт. 326,5–336,5 м, мощность 10 м) представлен маломощной глинисто-известняковой пачкой пород. В его основании согласно на алексинских образованиях залегает известняк (Rmh) пестроцветный (преобладают розовато-сиреневые тона), кристаллический, крепкий, с остатками фауны фораминифер, остракод, брахиопод, мшанок, криноидей. Выше лежит глина пестроцветная, сильно известковистая, вязкая, с включением плохо окатанных галек известняков. На глине транс-

грессивно залегает конгломерат из галек овручских кварцитов и известняков, сцепментированных грубозернистым кварцевым песком, глиной и известью, который является основанием кореневской свиты индского яруса нижнего триаса.

В известняках В.К. Голубцов [2] обнаружил следующие фораминиферы: *Archaeodiscus moelleri* Raus., *A. aff. moelleri* Raus., *A. krestovnikovi* Raus., *A. krestovnikovi* var. *pusilla* Raus., *A. krestovnikovi* var. *koktjubensis* Raus., *Eostaffella proikensis* Raus., *E. aff. ikensis* Viss., *E. mosquensis* Viss., *E. mosquensis* var. *acuta* Raus., *E. ex gr. mosquensis* Viss., *E. mediocris* Viss., *E. mediocris* var. *ovalis* Viss., *E. ex gr. mediocris* Viss., *E. ex gr. parva* (Moeller), *Parastaffella struvei* (Moeller), *Endothyranopsis crassa* var. *compressa* (Raus. et Reitl.), *Endothyra* ex gr. *bradyi* Mikh., *E. aff. similis* Raus., *E. similis* var. *magna* Raus., *E. aff. obsoleta* Raus., *Tetrataxis* aff. *minima* Lee et Chen, *T. dentata* Viss., *T. quasiconica* Brazhn., *T. media* Viss., *T. aff. angusta* Viss., *Monotaxis* ex gr. *gibba* (Moeller), *Palaeotextularia longiseptata* var. *fallax* Lip., *P. ex gr. longiseptata* Lip., *Hyperammina vulgaris* Raus et Reitl., *H. elegans* Raus et Reitl., *H. vulgaris* var. *minor* Raus., *Ammodiscus volgensis* Raus. и др. Кроме того, было встречено много остракод, из которых удалось определить *Gliptopleura plicatula* Posner, *Scrobicula scrobiculata* (Jones, Kirkby et Brady), масса *Bairdia* sp., *Scrobicula* sp. и др.

В скв. Новая Рудня 23-у михайловский горизонт (инт. 354,2–375,4 м, мощность 21,2 м) представлен глинисто-известняковой толщей, частично размытой в кровле. В ее основании согласно залегает на подстилающих алексинских образованиях известняк (Rmh) светло-серый и светло-желтый, крепкий, изредка кавернозный, выветрелый, с остатками фауны гастропод и остракод. В интервале 361,0–362,8 м (по ГИС) встречен прослой (1,8 м) известняка пестроцветного, глинистого, с остатками брахиопод. В 1956 г. В.К. Голубцов [4] определил в этом известняке (инт. 359,2–360,2 м (по керну)) фораминиферы, указывающие на михайловский возраст вмещающих пород. Между двумя отмеченными слоями известняков залегает фиолетово-сиреневая толща, сложенная чередующимися между собой глинами, алевролитами и песчаниками. Глины плотные, местами слоистые, некарбонатные, часто песчанистые. Алевролиты глинистые, слюдистые, главным образом сиреневого и светло-голубого цвета. Песчаники тонкозернистые, глинистые, слюдистые. В средней части пачки встречен прослой (5 см) конгломерата с мелкими гальками овручских кварцитов. Верхнюю часть горизонта (с глубины 362,4 м и выше) слагают глины пестроцветные (фиолетово-розовые, розовые, палевые и

др.), жирные, изредка песчаные, частично слоистые, сильно карбонатные. На эрозионной поверхности горизонта залегает конгломерат кореневской свиты нижнего триаса, состоящий из галек овручских кварцитов и грубозернистых песчаников, сцементированных карбонатными глинами.

В скв. Богутичи 76-у *михайловский горизонт* (инт. 554,4–583,6 м, мощность 29,2 м) представлен толщей пород, которая по литологическим особенностям делится на две пачки: нижнюю – глинисто-известняковую (инт. 566,0–583,6 м) и верхнюю – песчаную (инт. 554,4–566,0 м). В основании нижней пачки согласно залегает на подстилающих алексинских образованиях известняк (Rmh) серый, крепкий, кристаллический, пятнистый, с остатками фауны брахиопод, остракод, криноидей, переходящий в подошве в сильно известковистую глину. Выше залегают глины темно-серые и черные, местами углистые, в нижней части с прослойми угля (0,4 м) и песчаника серого и темно-серого, мелкозернистого, слюдистого, с частыми прослойми глин черных и темно-серых. В глинах содержатся растительные остатки. В 1957 г. Г.Н. Сахарова из образца глины черной (гл. 572,2 м) определила комплекс спор с преобладанием вида *Nutupozonotriletes pusillus* (Ibr.) Naum. (48%). По ее заключению, выделенный комплекс характерен для отложений верхнего визе Московской синеклизы. Верхняя пачка выполнена песком желто-горчичного цвета, кварцевым, тонкозернистым, слюдистым. На породах михайловского горизонта согласно залегают венёвские отложения.

В скв. Дроньки 87-у *михайловский горизонт* выделен в интервале 588,8–598,4 м, его мощность составляет 9,6 м (см. табл.). В основании горизонта согласно залегает на подстилающих алексинских образованиях известняк красно-бурый, кристаллический, крепкий (Rmh). Выше залегает глина серая, темно-серая, розовато-серая, слоистая, некарбонатная, с остатками брахиопод. Образования горизонта трансгрессивно перекрывают песчано-глинистые отложения башкирского яруса среднего карбона.

Отложения *венёвского горизонта* выделены только в скв. Богутичи 76-у (см. табл.), его мощность составляет 5,9 м. В основании разреза вначале залегает известняк (Rvn) серый и розоватый, крепкий, кристаллический (5,0 м), с остатками фауны фораминифер, брахиопод, пелеципод, остракод, криноидей, переходящий затем в известняк глинистый, голубоватый, с желтыми пятнами, с остатками разнообразной фауны. Контакт с подстилающими отложениями михайловского гори-

зонта нормальный, без следов перерыва. Выше по разрезу встречен прослой (0,9 м) глины зеленовато-серой, с темно-серыми и лиловыми пятнами, карбонатной, плотной и массивной, сохранившейся от размыва. На глине трансгрессивно залегает известняк (1,1 м) окремнелый, серый с розоватыми пятнами, переходящий в кремень. Данный известняк является базальным слоем сожского горизонта серпуховского яруса нижнего карбона [16].

В венёвском известняке В.К. Голубцов [2] определил остатки фораминифер, имеющих большое сходство с аналогичными остатками фауны михайловского горизонта Московской синеклизы. На основании полученных данных В.К. Голубцов [2] вначале принимал данный известняк за верхнюю часть михайловского горизонта. В дальнейшем при детальном изучении фораминифер (В.К. Голубцов, В.И. Курилин) и брахиопод (Г.А. Белоусова) в отложениях верхнего визе Припятского прогиба было установлено, что верхний известняк мощностью в несколько метров следует относить к венёвскому горизонту [14]. Этот известняк также был выделен в качестве литолого-геофизического репера [18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате детального стратиграфического расчленения и корреляции визейских отложений в семи скважинах, расположенных на двух профилях в центральной и восточной частях Южно-Ельской синклинальной зоны южной части Припятского прогиба, в нижневизейской каолиновой толще пород были выделены и прослежены гостовский и бобриковский горизонты. В первом из них показано расчленение горизонта на три пачки-цикла (I–III), а бобриковский горизонт представлен в качестве четвертой пачки-цикла (IV). Для некоторых пачек-циклов гостовского горизонта приведены комплексы спор, подтверждающие стратиграфическое положение этих пачек в разрезе горизонта. В верхневизейской глинисто-известняковой толще пород были выделены и прослежены на двух профилях корреляции тульский, алексинский, михайловский и венёвский горизонты с привлечением имеющихся опубликованных палеонтологических данных, было дано описание их разрезов.

Проведенные исследования по расчленению и корреляции визейских образований южной части Припятского прогиба на примере семи скважин представляют собой комплексное обобщение геологических данных с использованием материалов ГИС, что в последующем поможет выделять данные отложения в разрезах глубоких нефтяных

скважин южной части Припятского прогиба, про-
буренных без подъема керна из образований над-
солевой части платформенного чехла. Полученные
данные также могут быть использованы при про-

ведении глубинного геологического картирования
с целью поисков полезных ископаемых на исследуемой территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология СССР / Министерство геологии СССР ; гл. ред. А. В. Сидоренко. – Москва : Недра, 1971. – Т. 3 : Белорусская ССР : геологическое описание / [К. Е. Дунаева и др.]. – 453 с.
2. Голубцов, В. К. О нижнекаменноугольных отложениях района Словечно / В. К. Голубцов // Изв. АН БССР. – 1954. – № 2. – С. 127–133.
3. Голубцов, В. К. О перспективах угленосности каменноугольных отложений Припятского прогиба / В. К. Голубцов, А. Н. Брусенцов, Ф. М. Усенков // Докл. АН БССР. – 1956. – Т. 3, № 10. – С. 408–412.
4. Голубцов, В. К. Стратиграфия и фораминиферы визейского яруса Припятского прогиба / В. К. Голубцов // Палеонтология и стратиграфия БССР. – Минск, 1957. – Сб. 2. – С. 44–209.
5. Кедо, Г. И. О возрасте каолиновой толщи нижнего карбона Припятского прогиба / Г. И. Кедо, В. К. Голубцов // Геология запада Восточно-Европейской платформы. – Минск, 1981. – С. 92–102.
6. Кедо, Г. И. О стратиграфии и спорово-пыльцевых комплексах нижних горизонтов карбона БССР / Г. И. Кедо // Докл. АН СССР. – 1957. – Т. 115, № 6. – С. 1165–1168.
7. Кедо, Г. И. Спорово-пыльцевая характеристика нижних горизонтов карбона БССР / Г. И. Кедо // Тр. ИГН АН БССР. – 1958. – Вып. 1. – С. 46–56.
8. Кедо, Г. И. Споры нижнего карбона Припятского прогиба (янополянский подъярус) / Г. И. Кедо // Палеонтология и стратиграфия БССР. – Минск, 1966. – Сб. 5. – С. 3–143.
9. Кедо, Г. И. Споры турнейского яруса Припятского прогиба и их стратиграфическое значение / Г. И. Кедо // Палеонтология и стратиграфия БССР. – Минск, 1963. – Сб. 4. – С. 3–121.
10. Конищев, В. С. Соляная тектоника Припятского прогиба / В. С. Конищев. – Минск : Наука и техника, 1975. – 150 с.
11. О бокситопроявлении в отложениях нижнего карбона Южно-Ельской синклинальной зоны Припятского прогиба / П. В. Виниченко [и др.] // Докл. АН БССР. – 1990. – Т. 34, № 10. – С. 915–918.
12. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. – Санкт-Петербург : ВСЕГЕИ, 2003. – Вып. 34. – 48 с.
13. Проблемы тектоники Припятского прогиба / под ред. Р. Г. Гарецкого [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1974. – 231 с.
14. Решения Межведомственного регионального стратиграфического совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Белоруссии, 1981 г. (с унифицированными стратиграфическими корреляционными таблицами). – Ленинград : ВСЕГЕИ, 1983. – 135 с.
15. Решения Межведомственного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем верхнего докембрия и палеозоя Русской платформы, 1962 г. (с унифицированными стратиграфическими таблицами). – Ленинград : ВСЕГЕИ, 1965. – 30 с.
16. 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.
17. Толстошев, В. И. Металлоносность гостовско-богутических отложений нижнего карбона Лельчицкой площади Припятского прогиба / В. И. Толстошев // Літасфера. – 2009. – № 2 (31). – С. 82–108.
18. Толстошев, В. И. Надсолевые девонские и каменноугольные отложения Припятского прогиба / В. И. Толстошев. – Минск : Наука и техника, 1988. – 150 с.
19. Угленосность гостовско-богутических (визейских) отложений нижнего карбона Лельчицкой площади Припятского прогиба / Р. Г. Гарецкий [и др.] // Докл. АН Беларуси. – 1995. – Т. 39, № 6. – С. 87–90.

Статья поступила в редакцию 08.09.2022

Рецензент Я.Г. Грибик

СТРАТЫГРАФІЯ І КАРЭЛЯЦЫЯ АДКЛАДАЎ ВІЗЭЙСКАГА ЯРУСА НІЖНЯГА КАРБОНУ У ПАУДНЁВАЙ ЧАСТЦЫ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ

У.І. Талсташэев, П.А. Сахарук

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

Разгледжана дэталёвае расчляненне і карэляцыя візэйскіх адкладаў у сямі свідравінах, размешчаных на двух профілях у цэнтральнай і ўсходняй частках Паўднёва-Ельскай сінклінальнай зоны паўднёвой часткі Прыпяцкага прагіну. Візэйскі ярус падзяляецца на ніжн- і верхневізэйскі пад'ярусы. Ніжневізэйскі пад'ярус прадстаўлены каалінавай тоўшчай парод, у якой выдзелены і прасочаны трох пачкі-цыклы (I, II, III) гостаўскага і адзін пачак-цыкл (IV) бабрыкоўскага гарызонтаў. У верхневізэйскім пад'ярусе выдзелены і прасочаны адклады тульскага, алексінскага, міхайлаўскага і вянеўскага гарызонтаў. Для некаторых пачкаў-цыклаў і гарызонтаў прыведзены комплексы спор і мікрафаўны, якія ёсць у апублікованай літаратуры і навукова-даследчых справаздачах.

STRATIGRAPHY AND CORRELATION OF THE LOWER CARBONIFEROUS VISEAN DEPOSITS IN THE SOUTHERN PART OF THE PRIPYAT TROUGH

V. Tolstosheev, P. Sakharuk

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

The article gives a description of the detailed subdivision and correlation of the Visean deposits in seven wells located on two profiles in the central and eastern parts of the South-Yelsk synclinal zone in the southern part of the Pripyat trough. The Visean stage is subdivided into the Lower and Upper substages. The Lower Visean substage is represented by a kaolinic stratum, in which three member-cycles (I, II, III) of the Gostov and one member-cycle (IV) of the Bobrik horizons have been identified and traced. The Upper Visean substage is subdivided into the Tula, Alekxin, Mikhailov, and Venev horizons. The spore and microfauna complexes, previously provided in reference sources and research reports, are given for some member-cycles and horizons.

ГЕАЛОГІЯ

УДК 551.793+551.89

ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БЕЛОВЕЖСКОГО ВОЗРАСТА ДРЕВНЕОЗЕРНЫХ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, ВСКРЫТЫХ У д. ШИЛОВ УГОЛ В МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Шидловская¹, Т.Б. Рылова¹, Т.В. Якубовская²

¹Институт природопользования НАН Беларуси
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь
E-mail: anne.shidlovska@gmail.com, rylova_tatyana18@mail.ru

²Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
Филиал «Институт геологии»
ул. Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь
E-mail: tvyakub@tut.by

Приведены результаты палинологических и палеокарологических исследований древнеозерных отложений, вскрытых скв. 21.2 у д. Шилов Угол Могилевского района Могилевской области. Обоснован возраст изученных отложений: они накопились во время заключительной фазы наревского оледенения, начальных фаз, оптимума и одной из завершающих фаз борковского теплого интервала беловежского времени плейстоцена Беларуси. Реконструированы соответствующие фазы развития растительности и палеотемпературные параметры. Охарактеризована семенная флора, изученная из данных отложений.

ВВЕДЕНИЕ

В рамках работ по глубинному геологическому картированию на территории листа N-36-XIX (Могилев) Государственным предприятием «НПЦ по геологии» пробурены четыре поисковые скважины (1Р–4Р) на площади Долгий мох и еще четыре (69.1–69.3, 21.2) – на Быховской площади. Рядом скважин вскрыты древнеозерные отложения, из которых отобраны образцы для палинологического, палеокарологического и диатомового анализов. Результаты исследований показали, что соответствующие отложения из разрезов скважин, пробуренных на площади Долгий Мох, сформировались в первой половине борковского интервала беловежского времени плейстоцена Беларуси [22]. По данным палеокарологического анализа, древнеозерные отложения из разреза скв. 21.2 на Быховской площади также накопились во время раннего оптимума беловежского межледниково-моренового периода [24]. В данной работе приведены результаты пали-

нологических и палеокарологических исследований межледниковых отложений из разреза скв. 21.2, а также охарактеризованы условия их накопления.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Скв. 21.2 пробурена в долине р. Полна, притока р. Днепр (рис. 1), в пределах Могилевской водно-ледниково-моренной равнины [11]. Абсолютная отметка устья скважины – 143,65 м. В административном отношении район исследований расположен на границе Могилевского и Быховского районов Могилевской области. Согласно описанию, выполненному геологами Государственного предприятия «НПЦ по геологии», скважиной вскрыты следующие отложения (глубины даны в соответствии с уточнением по каротажу):

Литологическое описание

	Глубина, м
1. Песок желто-рыжий разнозернистый, преимущественно среднезернистый, в нижней части – мелкозернистый с гравийно-галечным материалом (размером от 0,2 до 3 см, содержание менее 7%), сосредоточенным в средней части интервала	0,0–4,2
2. Песок желтый среднезернистый	4,2–5,1
3. Песок желтовато-серый, среднезернистый, в основании интервала – мелкозернистый с мелкогравийными зернами полевого шпата	5,1–9,2
4. Песок разнозернистый с гравийно-галечным (до мелковалунного) материалом размером до 8 см, представленным горными породами (гранит, доломит и др.) и минералами (полевой шпат, кварц)	9,2–15,5
5. Песок серый, светло-серый, мелкозернистый с гравийными зернами. В основании интервала – песок крупно-разнозернистый, гравелистый	15,5–17,7
6. Супесь (до суглинка) темно-серая карбонатная неявно слоистая, на большей части интервала насыщенная органикой, с тонкими прослойками глинистого и глинисто-карбонатного состава, довольно легкая	17,7–20,0
7. Мергели серые, светло-серые, массивные и плитчатые, легкие по весу, с углефицированными растительными остатками, неявно слоистые	20,0–33,0
8. Глинисто-алевритовая порода, серая, темно-серая, тонкослоистая, содержащая органику, карбонатная. Распределение глинистого и алевритового материала неравномерное: от слоистого чередования до неравномерно пятнистого, гнездового распределения	33,0–34,3
9. Песок тонко-мелкозернистый (до алеврита), темно-серый. В середине интервала – глинисто-алевритовая слоистая порода, аналогичная вышележащей	34,3–38,2
10. Супесь серая (алеврит). В верхней половине интервала – с линзами более светлого песчаного материала; в нижней присутствуют прослои темно-серых суглинков, чередующихся с тонкими прослойками серого, светло-серого тонкозернистого песчаного и алевритового материала. В нижней части встречаются стяжения, сцепленные карбонатным материалом	38,2–40,3
11. Песчаник мелко-тонкозернистый до алевролита с карбонатным цементом, серый, светло-серый, массивный, с элементами слоистости; в нижней части интервала – грубоплитчатый	40,3–45,2
12. Песок тонко-мелкозернистый (до алеврита), серый, светло-серый	45,2–50,0

Для уточнения геологического строения исследуемой территории построены два схематических геологических профилей (см. рис. 1).

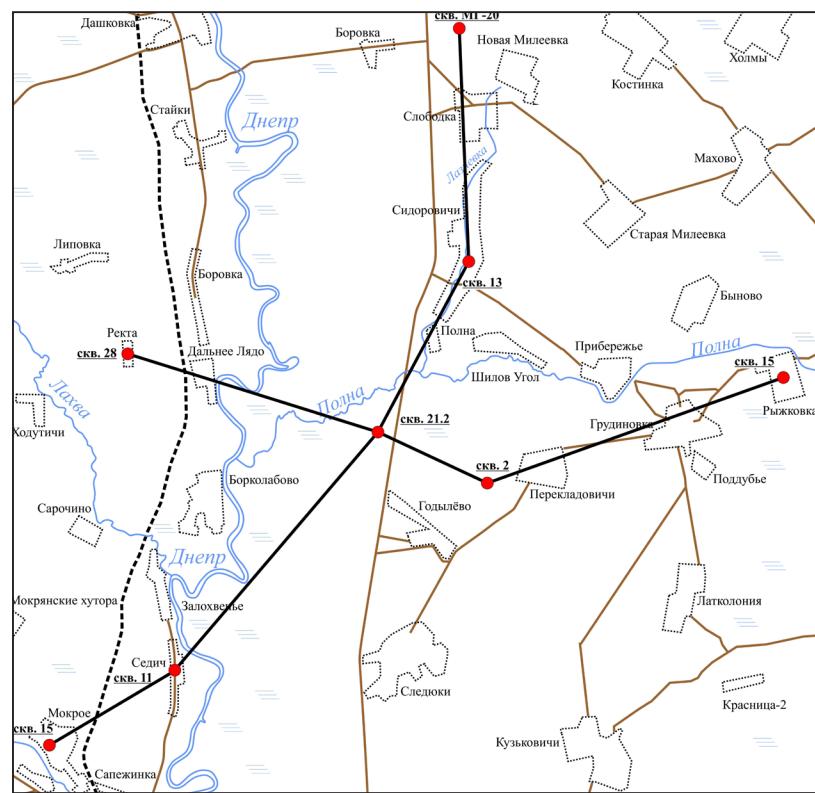


Рисунок 1 – Схема района исследований

На первом профиле, проведенном с севера на юг по линии Слободка – Мокрое (рис. 2), видно, что четвертичные отложения в данном регионе подстилает мощная толща меловых пород, которые относятся к сеноманскому и туронскому ярусам. В разрезе одной из скважин под отложениями четвертичного возраста вскрыты породы келловейского яруса юрской системы. Можно предположить, что в начале четвертичного периода в данном регионе могли происходить интенсивные карстовые процессы, формировавшие глубокие полости, которые заполнялись брестскими, наревскими, а также беловежскими отложениями плейстоцена. Поверх них залегают толщи нерасчлененных отложений березинского и припятского горизонтов. Они перекрываются ледниками образованиями сожского возраста, которые обнажаются в долине р. Лазневка. Выше залегают мощные флювиогляциальные отложения времени отступания сожского

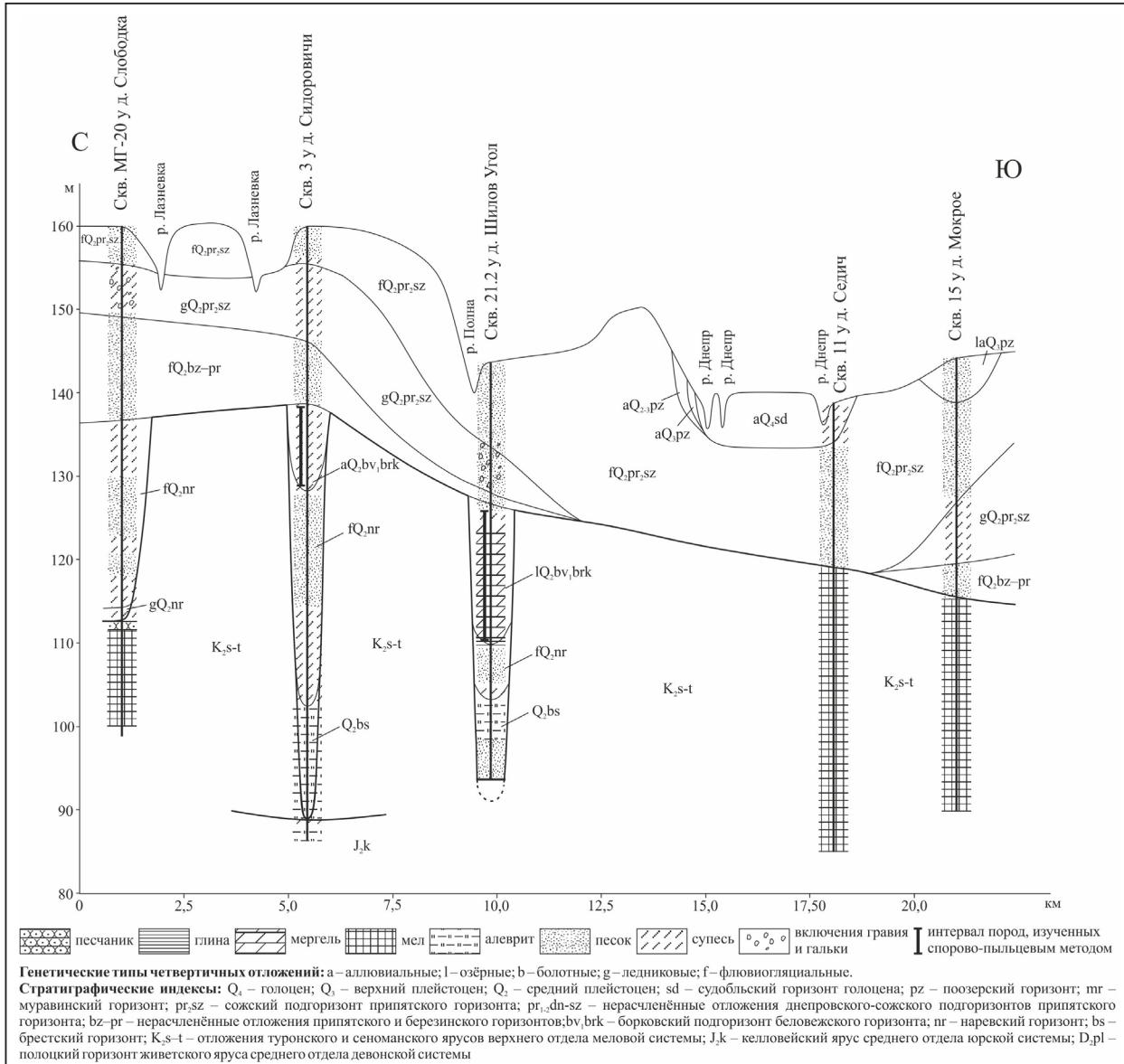


Рисунок 2 – Схематичный геологический профиль по линии Слободка – Мокрое (составлен А.В. Шидловской)

ледника, которые на большей части исследуемой территории выходят на земную поверхность. В долине р. Днепр распространены аллювиальные отложения судобельского горизонта голоцена, а также аллювиальные террасовые отложения поозерского горизонта плейстоцена [12].

Второй профиль, проведенный с запада на восток по линии Ректа – Рыжковка (рис. 3), включает разрез скв. 2, который еще в 1960–1963 гг. вскрыты муравинские отложения (палинолог Е.И. Ширина, неопубл.), по абсолютным отметкам залегающие ниже, чем изученная нами толща отложений беловежского горизонта. Вероятно, что во время отступления сожского ледника возник глубокий палеоврез в меловых и юрских породах, достигший относительно плотных и прочных пестроцветных

глин девонского возраста. Образовавшаяся палеоложбина заполнялась отложениями сожского горизонта, поверх которых накопилась мощная толща муравинских отложений. Выше залегают флювиогляциальные образования поозерского возраста, а на поверхности – болотные отложения, представленные торфами, накопившимися в голоценовое время [12].

Изученная авторами беловежская флороносная толща вскрыта скв. 21.2 в интервале 17,7–34,15 м. Она залегает в пределах глубокого палеовреза и представлена снизу вверх глинисто-алевритовыми породами (слой 8), мергелями серыми и светло-серыми с углефицированными растительными остатками (слой 7) и супесью темно-серой карбонатной (слой 6). Рассматриваемая толща под-

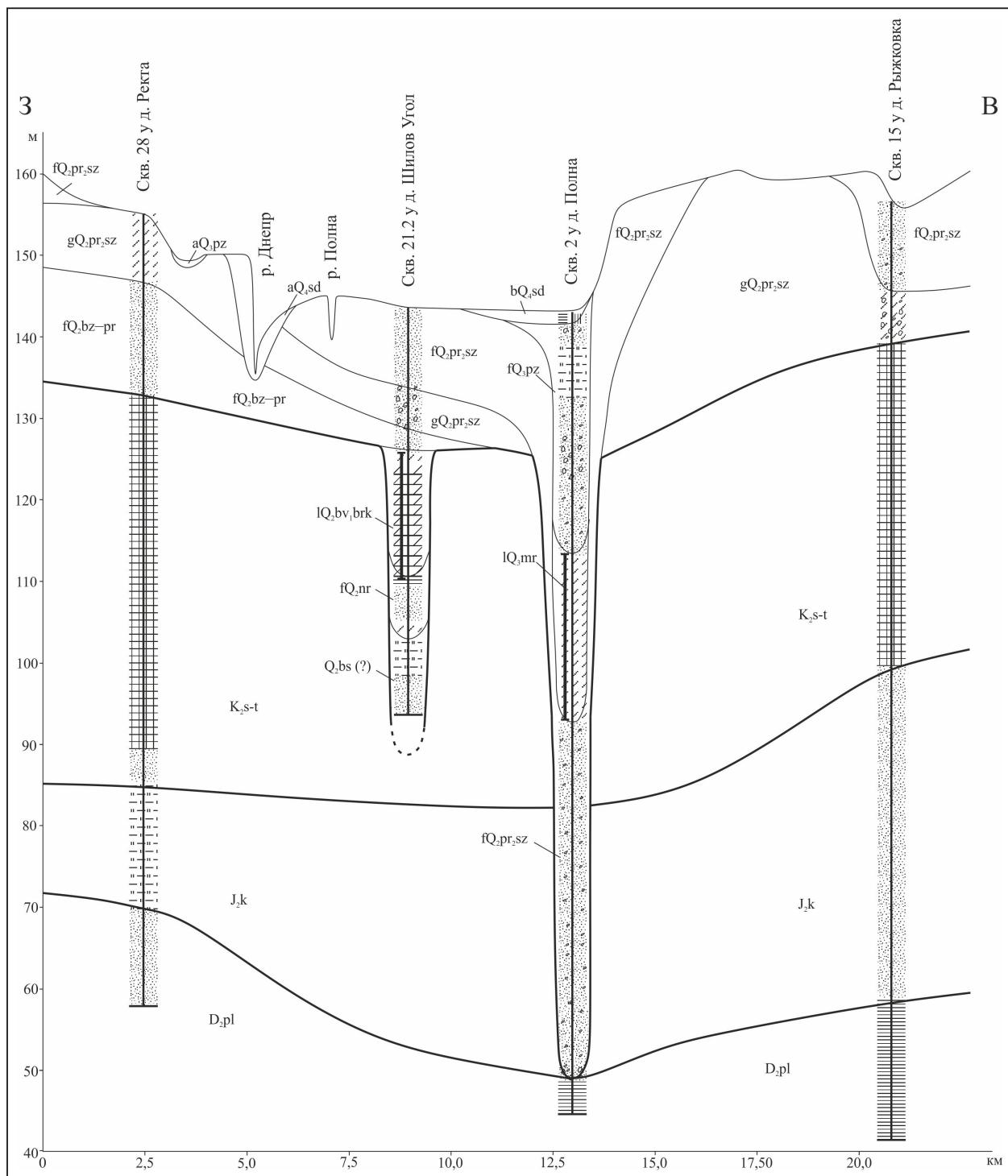


Рисунок 3 – Схематичный геологический профиль по линии Ректа – Рыжковка (составлен А.В. Шидловской).
Условные обозначения см. на рис. 2

стилаются песками тонко- и мелкозернистыми наревского горизонта (слой 9) и перекрываются нерасчлененными березинскими-припятскими отложениями, представленными песком серым и светло-серым (слой 5).

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Из керна скв. 21.2 (глубина 17,70–34,15 м по картотажу) отобран 161 образец для спорово-пыльцевого анализа. Достаточное количество пыльцы и спор содержали 143 образца. Полученные результаты обработаны с помощью специализированно-

го программного обеспечения PolPal [29]. Построена спорово-пыльцевая диаграмма (рис. 4).

Судя по диаграмме, большая часть изученных отложений накопилась в период межледниковых: количество пыльцы древесных пород доминирует почти по всему интервалу (гл. 17,75–33,75 м) и колеблется от 92,6 до 100%. Лишь в нижней части (гл. 33,75–34,15 м) оно не превышает 64,2%, что свидетельствует об образовании данных отложений в завершающую фазу оледенения. На диаграмме выделено 11 локальных пыльцевых зон (L PAZ) Sh-1 – Sh-11 (Sh – д. Шилов Угол).

Sh-1 NAP – Betula – Picea – Larix L PAZ (гл. 34,0–34,15 м) характеризуется значительным количеством пыльцы трав (до 35,8%) в общем составе спектров. Она представлена преимущественно *Artemisia* (до 24,1%) и *Chenopodiaceae* (до 11,8%), присутствуют *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Apiaceae*, *Asteraceae*. из пыльцы прибрежно-водных растений отмечена пыльца *Typha latifolia* L. Споры представлены *Sphagnum* (до 14,9%) и единично *Polypodiaceae*.

Количество пыльцы древесных пород не более 64,6%. Присутствует пыльца *Betula* (древесных видов *Betula pendula* Roth, *B. pubescens* Ehrh. – до 15,9%, а кустарниковых *Betula nana* L., *B. humilis* Schrank – до 9,9%), *Pinus* (*Pinus sylvestris* L., единично *P. cembra* L., *P. strobus* L.) – до 24,6%, *Picea* (*Picea abies* (L.) H. Karst., единично *P. sect. Omorica*) – до 15,6%, *Larix* sp. – до 9,9%.

Данная локальная пыльцевая зона может быть сопоставлена с региональной пыльцевой зоной (R PAZ) nr-f-4 ***Betula – Picea – Larix – NAP***, соответствующей верхней части наревского горизонта плейстоцена Беларуси [14; 21]. Эта зона представлена и в других разрезах, таких как скв. 1279 у д. Стригин Березовского района Брестской области [1], скв. 132 у г. Бобруйска Могилевской области [15], скв. 82 у д. Станиславово Дубровенского района Витебской области [25] и др.

Sh-2 Betula – Picea – Larix L PAZ (гл. 33,8–34,0 м) отличается от предыдущей зоны заметно большим содержанием пыльцы древесных пород (до 82%) в составе спектров. Преобладают пыльцевые зерна *Betula* (*Betula pendula*, *B. pubescens*, единично *B. nana*, *B. humilis*) – до 44,1%, присутствуют *Pinus* (преимущественно *Pinus sylvestris*) – до 25,4%, *Picea* (в основном *Picea abies*) – до 9,2%, а также *Larix* sp. – до 5,7%.

Количество пыльцы трав сокращается до 18%. Преобладают *Artemisia* (до 11,1%) и *Chenopodiaceae* (до 5,7%), присутствует пыльца *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Caryophyllaceae*, *Rubiaceae*, *Apiaceae*, *Asteraceae*. Отмечены *Typha latifolia* и *T. angustifolia* L. Спо-

ры немногочисленны и представлены *Sphagnum* и *Botrychium*.

Локальная зона Sh-2 соответствует региональной пыльцевой зоне **brk 1 *Betula – Larix – Picea***, выделенной в отложениях борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси [14; 21]. Зона brk 1 наиболее полно представлена в таких разрезах, как скв. 1279 у д. Стригин Березовского района [1], скв. 132 у г. Бобруйска [15] и скв. 21Ф у г. Могилева Могилевской области [16] и др.

Для **Sh-3 *Pinus – Betula – Quercus – Ulmus* L PAZ** (гл. 33,4–33,8 м) свойственно абсолютное доминирование пыльцы древесных пород в составе спектров – до 97,2%. Преобладают пыльцевые зерна *Pinus sylvestris* (до 42,9%), а также *Betula pendula* и *B. pubescens* (до 29,5%). Единично отмечены *Juniperus communis* L., *Picea abies*, *Larix* sp., *Salix* sp. Появляется пыльца термофильных пород: *Alnus* (*Alnus incana* (L.) Moench, *A. glutinosa* (L.) Gaertn.) – до 11,4%, *Quercus* (главным образом *Quercus robur* L.) – до 11,0%, *Ulmus* (как правило, *Ulmus minor* Mill., *U. suberosa* Moench) – до 6,9%, *Tilia cordata* Mill. – до 4,3%, единично *Corylus avellana* L.

Содержание пыльцы трав не превышает 6,3%; отмечены *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Cichoryaceae*. Пыльца прибрежно-водных представлена *Typha latifolia* и *T. angustifolia*. Среди спор присутствуют *Sphagnum*, *Polypodiaceae*, *Pteridium*, *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott. Данная зона может быть сопоставлена с региональной пыльцевой зоной **brk 2 *Pinus – Betula*** борковского подгоризонта. Лучше всего эта зона представлена в разрезах скв. 1279 у д. Стригин, скв. 1474 у д. Голицы Березовского района Брестской области [1], скв. 21Ф у г. Могилева [16], скв. 4Р у д. Черенки Чаусского района Могилевской области [22] и др.

Sh-4 *Quercus – Ulmus – Pinus* L PAZ (гл. 29,3–33,4 м) также характеризуется преобладанием пыльцы древесных пород (до 98,2%). Возрастает количество и таксономическое разнообразие пыльцы термофильных пород. Содержание пыльцевых зерен *Quercus* – до 30%, отмечены три вида: *Quercus robur*, *Q. petraea* (Matt.) Liebl., *Q. pubescens* Willd. Количество пыльцы *Ulmus* – до 17,8%, присутствуют такие виды, как *Ulmus laevis* Pall., *U. minor*, *U. glabra* Huds., *U. suberosa*. Пыльцы *Tilia* – до 6%, определены три вида: *Tilia cordata*, *T. platyphyllos* Scop., *T. tomentosa* Moench. Содержание *Alnus* (*Alnus incana*, *A. glutinosa*) достигает 22,7%. В небольшом количестве присутствует пыльца *Corylus* (*Corylus avellana*, изредка *C. colurna* L.) –

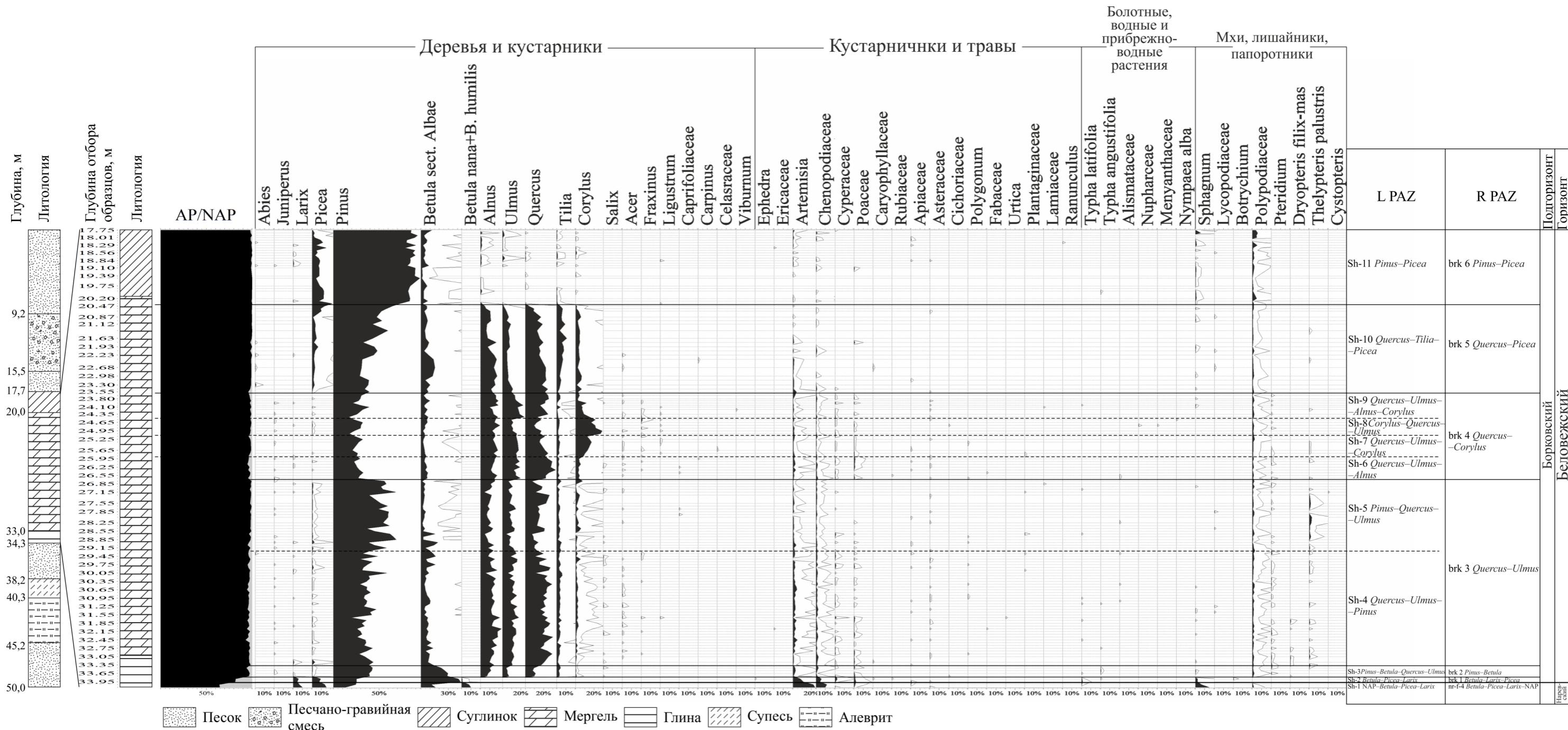


Рисунок 4 – Спорово-пыльцевая диаграмма межледниковых отложений, вскрытых скв. 21.2 у д. Шилов Угол Могилевского района Могилевской области (анализ А.В. Шидловской, Т.Б. Рыловой)

до 5,2%, единично – *Acer* (отмечены три вида – *Acer campestre* L., *A. platanoides* L., *A. tataricum* L.) и *Fraxinus* (*Fraxinus excelsior* L.). Среди пыльцы кустарников отмечены пыльцевые зерна *Salix* sp., Adoxaceae, а также *Ligustrum vulgare* L. Содержание *Betula* (*Betula pendula*, *B. pubescens*) в среднем составляет 7,6%. Пыльца хвойных представлена в основном *Pinus sylvestris* (до 48,5%), *Picea abies* (до 2,9%), а также *Larix* sp., *Juniperus communis*, которые единично отмечаются по всему разрезу.

Пыльца трав содержится в количестве до 7,4%. Преобладают *Artemisia*, Chenopodiaceae и Cyperaceae, присутствуют Ericaceae, Caryophyllaceae, Rubiaceae, Apiaceae, Asteraceae, Polygonaceae, Fabaceae, Urticaceae, Plantaginaceae. Пыльца прибрежно-водных по-прежнему представлена *Typha latifolia* и *T. angustifolia*, из водных отмечена Alismataceae. Споры немногочисленны, присутствуют Polypodiaceae, *Thelypteris palustris* Schott, *Dryopteris filix-mas*, *Sphagnum*, *Lycopodium*.

Sh-5 Pinus – Quercus – Ulmus L PAZ (гл. 26,7–29,3 м) отличается от предыдущей заметным увеличением количества пыльцы *Pinus sylvestris* в составе спектров (до 68,7%) и некоторым уменьшением доли термофильных пород. Так, максимальное содержание *Quercus* (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) – 26,3%, *Alnus* (*Alnus incana*, *A. glutinosa*) – 15,6%, *Ulmus* (*Ulmus laevis*, *U. minor*, *U. glabra*, *U. suberosa*) – 14,5%. Количество пыльцевых зерен *Tilia* (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa*) – до 5,3%, единично отмечен *Acer* (*Acer campestre*, *A. platanoides*, *A. tataricum*). В спектрах присутствует пыльца *Corylus* (*Corylus avellana*, реже *C. colurna*), в отдельных образцах ее содержание достигает 7,5%. Количество пыльцы *Betula* (*Betula pendula*, *B. pubescens*) в среднем составляет 5,1%. Пыльца кустарников представлена *Salix* sp., Adoxaceae.

Из пыльцы трав отмечены *Artemisia*, Chenopodiaceae, Cyperaceae, Rubiaceae, Apiaceae, Asteraceae, Polygonaceae, Plantaginaceae, Lamiaceae. Пыльца прибрежно-водных и водных представлена *Typha latifolia* и Alismataceae. Из спор отмечены Polypodiaceae, *Thelypteris palustris*, *Sphagnum*, *Lycopodium*.

На основании состава спектров Sh-4 и Sh-5 L PAZ сопоставлены с региональной пыльцевой зоной brk 3 *Quercus – Ulmus* борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси. Данная зона также хорошо представлена в следующих разрезах: скв. 2Г у д. Борки Пружанского района [23], скв. 1279 у д. Стригин Березовского района [1] Брестской области, скв. 21Ф у г. Могилев-

ва [16], скв. 2Р и 4Р у д. Черенки Чаусского района Могилевской области [22] и др.

Sh-6 Quercus – Ulmus – Alnus L PAZ (гл. 25,9–26,70 м) характеризуется заметным снижением содержания пыльцы *Pinus sylvestris* (до 32,5%) и возрастанием количества пыльцы термофильных пород. Так, содержание пыльцы *Quercus* (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) достигает максимума – 33%, как и *Ulmus* (*Ulmus laevis*, *U. minor*, *U. glabra*, *U. suberosa*) – 19,5%, *Alnus* (*Alnus incana*, *A. glutinosa*) – 18%. Количество пыльцы *Tilia* (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa*), однако, не превышает 2,7%. В спектрах стабильно присутствует пыльца *Corylus* (*Corylus avellana*, реже *C. colurna*), количество которой обычно составляет 5,0–5,6%. Единично отмечены *Acer* (*Acer campestre*, *A. platanoides*, *A. tataricum*), *Fraxinus excelsior*, *Carpinus betulus* L. Как и в предыдущих зонах, обнаружены единичные пыльцевые зерна *Picea abies*, *Larix* sp., *Juniperus communis*, *Salix* sp., Adoxaceae.

Среди трав отмечены *Artemisia*, Chenopodiaceae, Cyperaceae, Poaceae, Rubiaceae, Apiaceae, Asteraceae, Polygonaceae, Fabaceae. Из водных присутствует только Alismataceae. Споры представлены Polypodiaceae, *Pteridium*, *Thelypteris palustris*.

Для зоны **Sh-7 Quercus – Ulmus – Corylus L PAZ** (гл. 25,1–25,9 м) свойственно значительное увеличение количества пыльцы *Corylus* в составе спектров до 17,3%, отмечены два вида – *Corylus avellana* и *C. colurna*, причем доля последней заметно увеличивается. Пыльца других термофильных пород содержится в следующих количествах: *Quercus* (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) – до 24,8%, *Alnus* (*Alnus incana*, *A. glutinosa*) – до 18,7%, *Ulmus* (*Ulmus laevis*, *U. minor*, *U. glabra*, *U. suberosa*) – до 17,6%, *Tilia* (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa*) – до 3,5%; отмечены пыльцевые зерна *Acer* (*Acer campestre*, *A. platanoides*, *A. tataricum*), *Fraxinus excelsior*, а также *Ligustrum vulgare*. Количество пыльцы *Pinus sylvestris* не превышает 32%, а *Betula* sect. *Albae* – 5,6%. Пыльца кустарников представлена *Salix* sp., Celastraceae.

Из пыльцы трав присутствуют *Artemisia*, Chenopodiaceae, Cyperaceae, Poaceae, Apiaceae, Asteraceae, Polygonaceae, Plantaginaceae, а из спор – Polypodiaceae, *Pteridium*, *Thelypteris palustris*.

Отличительной чертой **Sh-8 Corylus – Quercus – Ulmus L PAZ** (гл. 24,5–25,1 м) является максимальное содержание пыльцы *Corylus* (*Corylus avellana*, *C. colurna*) в составе спектров (до 29,1%). Одновременно с этим отмечается некоторое снижение содержания пыльцы остальных термофильных

пород. Так, количество *Quercus* (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) не превышает 17,2%, *Ulmus* (*Ulmus laevis*, *U. minor*, *U. glabra*, *U. suberosa*) – 15,5%, *Tilia* (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa*) – 3,1%, *Alnus* (*Alnus incana*, *A. glutinosa*) – 20,9%. Отмечены *Acer* (*Acer campestre*, *A. platanoides*, *A. tataricum*), *Fraxinus excelsior*, *Ligustrum vulgare*. Количество пыльцы *Betula sect. Albae* – до 7%. Пыльца хвойных пород присутствует почти в том же количестве, как и в предыдущей зоне: преобладает *Pinus sylvestris* (до 32,1%), отмечены единичные пыльцевые зерна *Picea abies*, *Juniperus communis*, *Larix* sp.

Пыльца трав представлена *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Asteraceae*, *Cichoriaceae*. Из пыльцы водных и прибрежноводных отмечены *Nymphaeaceae*, в том числе *Nymphaea alba* L., а также *Menyanthaceae*. Из спор присутствуют *Polypodiaceae* и *Pteridium*.

Для Sh-9 *Quercus* – *Ulmus* – *Alnus* – *Corylus* L PAZ (гл. 23,6–24,5 м) характерно постепенное снижение количества пыльцы *Corylus* (*Corylus avellana*, *C. colurna*) от 15,1% в нижней до 4,3% в верхней части зоны. Количество пыльцевых зерен других термофильных пород соответственно несколько увеличивается: *Quercus* (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) – до 25,6%, *Ulmus* (*Ulmus laevis*, *U. minor*, *U. glabra*, *U. suberosa*) – до 23,7%, *Alnus* (*Alnus incana*, *A. glutinosa*) – до 19,3%, *Tilia* (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa*) – до 4,0%. Отмечены *Acer* (*Acer campestre*, *A. platanoides*, *A. tataricum*), *Fraxinus excelsior*, *Ligustrum vulgare*. Содержание пыльцы *Pinus sylvestris* и *Betula sect. Albae* остается примерно таким же, как и в двух предыдущих локальных зонах – до 39% и до 9,8% соответственно. Присутствуют единичные пыльцевые зерна *Picea abies*, *Juniperus communis*, *Larix* sp. Из пыльцы кустарников отмечены *Salix* sp., *Viburnum opulus* L.

Среди пыльцы трав встречены *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Asteraceae*, *Lamiaceae*. Споры представлены *Polypodiaceae*, *Pteridium*, *Thelypteris palustris* и *Sphagnum*.

Локальные пыльцевые зоны Sh-6 – Sh-9 соответствуют региональной пыльцевой зоне brk 4 *Quercus* – *Ulmus* – *Corylus*, выделенной в отложениях борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси. Данная зона представлена во многих разрезах, вскрывающих отложения рассматриваемого подгоризонта. Среди них скв. 2Г у д. Борки Пружанского района [23], скв. 1474 у д. Голицы Березовского района [1], скв. 6 у д. Ятвэзь Ивацевичского района Брестской

области [6], скв. 132 у г. Бобруйска [15], скв. 21Ф и 24Ф у г. Могилева Могилевской области [16], скв. 84 у д. Большое Бахово Дубровенского района [14], скв. 14 у д. Зуи Полоцкого района [19] и др.

Sh-10 *Quercus* – *Tilia* – *Picea* L PAZ (гл. 20,4–23,6 м) отличается постоянным и более значительным (до 13,5%) участием пыльцы *Picea abies* в составе спектров. Заметно увеличивается содержание пыльцевых зерен *Pinus sylvestris* (до 64,6%). Присутствует пыльца *Abies alba* Mill., реже *Larix* sp. Остается существенным количество пыльцы термофильных пород, особенно *Quercus* (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) – до 24,5%. Содержание *Ulmus* (*Ulmus laevis*, *U. minor*, *U. glabra*, *U. suberosa*) снижается и не превышает 11,2%, *Corylus* (*Corylus avellana*, иногда *C. colurna*) – 6,5%, а *Tilia* (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa*), напротив, несколько возрастает и достигает 10,9%. Количество пыльцы *Alnus* (*Alnus incana*, *A. glutinosa*) – до 18%. Отмечены единичные пыльцевые зерна *Acer* (*Acer campestre*, *A. platanoides*, *A. tataricum*) и *Carpinus betulus*.

Травянистые растения представлены пыльцой *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Caryophyllaceae*, *Apiaceae*, *Asteraceae*. Из спор присутствуют *Sphagnum*, *Lycopodium*, *Polypodiaceae*, *Thelypteris palustris*.

Данная зона может быть сопоставлена с региональной пыльцевой зоной brk 5 *Quercus* – *Picea*, которая представлена в разрезах скв. 6 у д. Ятвэзь Ивацевичского района Брестской области [6], скв. 132 у г. Бобруйска Могилевской области [15], скв. 84 у д. Большое Бахово Дубровенского района Витебской области [17] и др.

Необходимо отметить, что детальные видовые определения позволили выделить в зонах с наибольшим распространением пыльцы термофильных пород (Sh-4 – Sh-10) несколько видов, ранее не отмеченных в отложениях данного подгоризонта: *Corylus colurna*, *Ulmus glabra*, *U. suberosa*, *Acer tataricum*.

Sh-11 *Pinus* – *Picea* L PAZ (гл. 17,75–20,40 м) характеризуется почти полным исчезновением пыльцы термофильных пород из состава спектров. Доминируют пыльцевые зерна *Pinus sylvestris*, количество которых достигает 94,6%. Максимальное содержание пыльцы *Picea abies* – 22%. Присутствуют единичные пыльцевые зерна *Abies alba*, *Larix* sp., *Juniperus communis*.

Среди пыльцы трав присутствуют *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Ranunculaceae*. Споры *Sphagnum* и *Polypodiaceae* отмечены в количестве до 5,6%, *Lycopodiaceae* – единично.

Sh-11 L PAZ сопоставляется с региональной пыльцевой зоной **brk 6 Pinus – Picea**, выделенной в отложениях борковского подгоризонта беловежского горизонта. Данная зона наиболее полно представлена в разрезах скв. 6 у д. Ятвэзь Ивацевичского района Брестской области [6], скв. 132 у г. Бобруйска Могилевской области [15], расч. 1 у д. Обухово Верхнедвинского района Витебской области [20] и др.

Таким образом, можно сделать вывод, что отложения, вскрытые скв. 21.2 в интервале 34,0–34,15 м относятся к верхней части наревского горизонта, а в интервале 17,75–34,0 м – к борковскому подгоризонту беловежского горизонта плейстоцена Беларуси.

Состав спектров рассматриваемого разреза сходен с таковым из других известных разрезов, в том числе, из отложений скв. 2Г [23], пробуренной в 33 м от скв. 153 у д. Борки Пружанского района – голостратотипа борковского подгоризонта. Сходный состав имеют спектры, полученные из межледниковых отложений нижнего оптимума, вскрытых в овраге Нижнинский Ров, которые являются парапростратотипом борковского подгоризонта плейстоцена Беларуси [21] (например, расч. 5606 [5], расч. 4 [13], расч. 4 [10], расч. Б [18]), а также скв. 1279 у д. Стригин Березовского района Брестской области [1], скв. 132 у г. Бобруйска [15], скв. 21Ф и 24Ф у г. Могилева Могилевской области [16] и др.

Аналогичные спорово-пыльцевые спектры известны и в разрезах, расположенных на территории соседних с Беларусью стран: Польши (Фердинандов [26 и др.], Жданы [27], Лукув [28] и др.), Латвии (Жидини [9 и др.]), России (Польное Лапино [3; 8 и др.]) и др.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОКАРПОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Для изучения состава ископаемой флоры по остаткам плодов и семян из разреза скв. 21.2 были отобраны 9 образцов в интервале 17,0–35,4 м по керну, что соответствует 17,7–34,3 м по уточненному в результате каротажа интервалу (табл.). Образцы с глубин 17,0–19,3, 35,0 и 35,4 м взяты из рыхлых отложений супеси слоя 6 и глинисто-алевритовой породы слоя 8, содержащих гумус и видимые растительные остатки. Образцы из интервала глубин 19,3–20,0 м отобраны из контактных отложений между слоями 6 и 7, а образцы с гл. 22,16–24,6 м относятся уже к верхам карбонатной толщи мергеля слоя 7 (по каротажу 20–33 м). Светло-серые и серые компактные мергели этого

слоя, содержащие остатки диатомовых водорослей, о чем свидетельствует их легкий объемный вес, мучнистость (липнет к языку), многочисленные игольчатые блестки диатомовых панцирей, содержат очень мало остатков растений и неперспективны для выявления флоры палеокарпологическим методом. Эта закономерность – бедность макроостатками растений озерных карбонатных отложений, содержащих кремниевые скелеты диатомей, – проявляется во всех разрезах с подобными отложениями, например, в стратотипе борковского подгоризонта и всего беловежского горизонта у д. Борки Пружанского района, в беловежских отложениях разрезов скважин у Красной Дубровы Речицкого района и др. Отражает ли это бедность водной растительностью таких озер или же агрессивную среду захоронения карпологических остатков, остается невыясненным.

На фоне детальных исследований пыльцы и спор в погребенных озерных отложениях разреза скв. 21.2 результаты палеокарпологического анализа можно интерпретировать с большей определенностью. Так, единичные остатки карпоидов *Picea* sp. и *Betula* sp. из основания озерной толщи (см. табл., гл. 35,0 и 35,4 м) вписываются в зону Sh-1 NAP – *Betula* – *Picea* – *Larix* L PAZ, однако травянистые представители послеледниковой растительности здесь не обнаружены, так как присутствующие в этом интервале карпологические остатки водных *Stratiotes* sp., *Potamogeton* *panormitanoides* и *Zannichellia pedunculata* встречены и в вышележащих межледниковых отложениях.

Образцы из мергеля (гл. 22,15–24,60 м) содержат остатки некоторых теплолюбивых растений, как: *Corylus* sp., из водных *Salvinia natans*, *Azolla interglacialis*, *Najas major*, здесь же встречена и *Caulinia minor*, и появился в значительном количестве вымерший камыш *Scirpus atroviroides*. Присутствие этих видов в растительности согласуется с завершением продолжительного оптимума межледникового (Sh-10 *Quercus* – *Tilia* – *Picea* L PAZ). Наличие здесь остатков харовых водорослей (Characeae) – свидетельство карбонатности водной среды.

Пограничные между слоями 6 и 7 образцы (19,3–20,0 м) отличаются наибольшей бедностью семенной флоры, что может свидетельствовать о перестройке экосистем водоема и прилегающих луговых и болотных биотопов под влиянием климатических изменений к похолоданию. Перестройка привела к существенным изменениям в характере осадконакопления и развития растительности. Из деревьев и кустарников присутству-

Таблица – Состав семенной флоры, полученной из керна скв. 21.2, пройденной в 3,3 км к юго-западу от д. Шилов Угол Быховского района (материал и определения Т.В. Якубовской)

Таксон	Глубина отбора образца, м (по керну)						
	17,0 - 17,28	17,28 - 17,42	18,7 - 19,3	19,3 - 19,72	19,7 - 20,0	22,15 - 22,75	24,4 - 24,6
					35,0	35,4	
Characeae Ag. em. Hollerb.					20		
Bryales gen.	+	+					
<i>Selaginella</i> sp.			1*				
<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	2	2	3		2		
<i>Azolla interglacialis</i> Nikit.	28	55	34		5	6	
<i>Pinus sylvestris</i> L.	1 + 3	3 + 3	5 + 9				
<i>Picea</i> sp.	6*				1 + 1	2*	
<i>Nymphaea</i> sp.			7*				
<i>Nuphar</i> sp.		2*	3*			1	
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.			1				
<i>C. submersum</i> L.		4	1				
<i>Batrachium</i> sp. div.	1	2	2				
<i>Ranunculus flammula</i> L.			1				
<i>R. sceleratus</i> L.			1			1	
<i>Ranunculus</i> sp.			1				
<i>Thalictrum lucidum</i> L.		1 + 3*	62			2	
<i>Urtica dioica</i> L.	11	21	75				
<i>Salix</i> sp.	2						
<i>Corylus</i> sp.		1*				1*	
<i>Betula</i> sp. div	9	3			1	1	
<i>Betula alba</i> L.			8	1	3		
<i>Alnus</i> sp.			1				
<i>Chenopodium rubrum</i> L.		1					
<i>Chenopodium</i> sp.			2				
<i>Rumex maritimus</i> L.	1						
<i>R. acetosella</i> L.	1		1				
<i>Potentilla aviculare</i> L.			5				
<i>Polygonum ex gr.</i> <i>lapathifolium</i> (L.) S.E. Gray	1						
<i>Polygonum</i> sp. div.			2				
<i>Viola</i> sp.			1				
<i>Spiraea cf. gomeliana</i> Dorof.			1				
<i>Rubus idaeus</i> L.			2		1		
<i>Filipendula ulmaria</i> L.			1				
<i>Stellaria</i> sp.	1						
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.			1				
<i>Myriophyllum</i> sp. div.		1					
<i>Hippuris vulgaris</i> L.		1	1				
<i>Cicuta virosa</i> L.	3	1	6				
<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir.	2 + 2*		4				
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.			2				
<i>Stachys palustris</i> L.	4	1 + 3*	37		1		
<i>Mentha</i> sp.			2				
<i>Solanum dulcamara</i> L.			1				
<i>Bidens tripartita</i> L.		1		1			
<i>Bidens</i> sp.	1		1				
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	12	1*	11				
<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	2						
<i>Stratiotes</i> sp.	10к	2 + 11к	19к	1к		11к	1к

<i>Potamogeton panormitanoides</i> Dorof.	22	13	7				
<i>P. natans</i> L.	1		3				
<i>P. perforatus</i> Wieliczk.		1	1				
<i>P. perfoliatus</i> L.			4			1	
<i>P. trichoides</i> Cham. et Schlecht.	4	10	6			1	
<i>P. cf. obtusifolius</i> Mert. et Koch	1		2				
<i>P. pectinatus</i> L.	3						
<i>Potamogeton</i> sp. div.	7		4	1*			1*
<i>Zannichellia pedunculata</i> Rchb.	4	6	1		1*	1	
<i>Najas major</i> All.			1		1*		
<i>Caulinia minor</i> (All.) Coss. et Germ.	1					5	
<i>Scirpus atroviroides</i> Dorof.	20	15	21	1	2	12	
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla		1 + 2*	1*			1	
<i>Eleocharis</i> sp.	1		5				
<i>Cyperus fuscus</i> L.	4	1	5				
<i>Carex paucifloroides</i> Wieliczk.	3	2	8				
<i>C. vesicaria</i> L.			15				
<i>Carex</i> sp. div.	21	6	39				
<i>Acorus</i> sp.			1				
<i>Sparganium emersum</i> Rehm.			3				
<i>S. minimum</i> Wallr.			3				
<i>Typha latifolia</i> L.	1		5				
<i>T. angustifolia</i> L.		4				2	

Примечание: знаком * помечены обломки плодов и семян; буква к обозначает колючки листьев телореза (*Stratiotes* sp.); серой заливкой помечены вымершие виды – экзоты.

ют лишь один из двух местных видов современных древесных берез, которые из-за неразличимости их плодиков и чешуй сережек приводятся под общим линнеевским названием *Betula alba*, а также остатки *Rubus idaeus*, из водных – колючка листа *Stratiotes* sp. и фрагмент плодика *Potamogeton* sp., а среди болотно-луговых трав – плоды *Bidens tripartita*, *Stachys palustris* и *Scirpus atroviroides*.

Наиболее информативная семенная флора получена из слоя 6 (см. табл., гл. 17,0–19,3 м), в которой определены остатки 70 таксонов – весь список, за исключением Characeae. В этой заключительной фазе существования озерного водоема и окружающей его растительности (Sh-11 *Pinus* – *Picea* L PAZ) водная и прибрежная флора все еще существовала в весьма благоприятных климатических условиях, схожих с современными. Наличие здесь *Selaginella* sp. не противоречит этому заключению, так как поврежденная мегаспора селягинеллы может принадлежать одному из двух видов этого рода во флоре Дворца, но даже если это современный арктоальпийский вид – плаунок плавуновидный (*Selaginella selaginoides* (L.) P. Beauv. ex Schrank et Mart.), то он встречается во флоре

конца оптимумов межледниковых, так как может обитать на сфагновых болотах. Несмотря на предполагаемую предшествующую стрессовую ситуацию в связи с перестройкой экосистем, во флоре скв. 21.2 сохранились все виды предыдущих фаз ее развития, в том числе и умеренные теплолюбы, остатки которых выявлены в мергеле. К ним добавились *Nymphaea* sp., *Spirea* cf. *gomeliana*, *Potamogeton perforatus* и *Stratiotes* sp. в виде обломков семян, которые у современного телореза вызревают лишь в продолжительно теплое лето. Остатки многочисленных прибрежных, луговых и болотных видов (примечательны довольно многочисленные *Stachys palustris*, *Thalictrum lucidum*, *Urtica dioica*, *Alisma plantago-aquatica*, *Scirpus atroviroides*, *Cyperus fuscus*, *Carex paucifloroides* и другие *Carex*) свидетельствуют о разнообразии травянистых фитоценозов в окрестностях озера и благоприятных климатических и эдафических условиях их существования. Семена *Pinus sylvestris* и остатки *Picea* sp., а также *Betula* sp. div. и *Alnus* sp. соответствуют характеру растительности, отраженной в спорово-пыльцевых спектрах. А незначительное присутствие термофильных пород в лесах того времени подтверждается находкой обломка ореха *Corylus* sp. Отдельно следует отметить два вида флоры, остатки которых редки в отложениях плейстоцена, – это спирея гомельская (*Spirea* cf. *gomeliana*), описанная как новый вид П.И. Дорофеевым из раннеплейстоценовой (эоплейстоценовой) флоры Дворца и известная еще в проблематичной по возрасту, но тоже раннеплейстоценовой флоре Химы в Рогачевском районе, а также находка семянки аира (*Acorus* sp.), плоды которого ныне на территории Беларуси растение не продуцирует, предположительно из-за отсутствия насекомых-опылителей. Однако семена вымершего вида аира известны в позднеплиоценовой флоре Холмеч в Речицком районе. Все находки этих видов тяготеют к юго-востоку территории нашей страны.

Самое важное во флоре заключительной фазы существования водоема – в ней сконцентрированы остатки всех вымерших экзотов: *Azolla interglacialis*, *Spirea* cf. *gomeliana*, *Potamogeton panormitanoides*, *P. perforatus*, *Scirpus atroviroides*, *Carex paucifloroides*. Все виды, кроме *Potamogeton panormitanoides*, известны во флоре Дворца и характерны для флоры беловежского межледникового других разрезов. Это, наряду с палинологическими данными, служит достаточным основанием для отнесения изученных отложений разреза скв. 21.2 к беловежскому межледниковью, хотя ацолля, камыш

атровироидный, рдест панармитаноидный, осока пауцифлороидная доживаются до Александрийского межледникового. Во флоре муравинского межледникового ни один из вымерших видов флоры скв. 21.2 неизвестен.

Проведенный палеокарпологический анализ показал, что даже весьма скучная семенная флора из пяти образцов отложений в интервале разреза 19,3–35,4 м отразила некоторые черты региональных палинозон brk 1 – brk 5 R PAZ борковского оптимума беловежского межледникового Беларуси. Несколько противоречивыми оказались характеристики заключительной фазы сукцессии растительности по семенной (гл. 17,0–19,3 м) и палинофлоре (Sh-11 *Pinus* – *Picea* L PAZ = brk 6 *Pinus* – *Picea* R PAZ). При господстве хвойных лесов в зональной растительности максимальное богатство семенной флоры со всеми экзотами, теплолюбивыми водными и прибрежными видами создает некоторый климатический диссонанс, что затрудняет палеоклиматические реконструкции. Это несоответствие частично можно объяснить консерватизмом условий водной среды и отставанием развития водной и болотной растительности по отношению к лесной, однако вопрос о климате этой фазы остается неясным.

РЕКОНСТРУКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И КЛИМАТА

Локальным пыльцевым зонам Sh-1 – Sh-11 отвечают определенные фазы развития растительности, реконструированные по данным палинологического и палеокарпологического анализов. Реконструкция палеотемператур проведена с помощью метода совмещения климатических ареалов [2; 4; 7].

nr-f-4 *Betula* – *Picea* – *Larix* – NAP R PAZ
Sh-1 NAP – *Betula* – *Picea* – *Larix* L PAZ

Данная зона отражает заключительную фазу наревского оледенения. Обширные площади занимали открытые безлесные участки. Доминировали полыни и маревые, произрастали злаковые, зонтичные, астровые и др. По берегам изученного палеоводоема селились осоковые и рогозовые (рогоз широколистный). Увлажненные места занимали сфагновые мхи.

Вдоль долин рек начинали распространяться березово-елово-лиственничные леса с участием сосны. Присутствовали такие виды хвойных, как ель европейская, реже ель сербская, сосна обыкновенная, изредка сосна веймутова и сосна кедровая.

Береза была представлена как кустарниковыми (берески карликовая и приземистая), так и древесными (берески пушистая и бородавчатая) видами.

Произрастание одновременно степных (полыни, маревые и др.) и тундровых (сфагновые мхи, кустарниковые берески и др.) видов указывает на распространение растительных сообществ наподобие холодной тундростепи.

Диапазон палеотемператур для данной фазы показан на рис. 5. Однако следует отметить, что основой для климатических реконструкций является состав дендрофлоры. Поскольку значительную часть территории в рассматриваемый период занимали открытые пространства, заселенные травянистой растительностью, можно предполагать, что температуры могли находиться в более холодной части данного диапазона.

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

Sh-2 *Betula* – *Picea* – *Larix* L PAZ

Рассматриваемая фаза отражает смену характера растительности: сокращается роль открытых

пространств, территорию осваивают хвойно-мелколиственные леса [16; 18; 20 и др.]. Главными лесообразующими породами были береска (в основном древесные виды – береска пушистая и бородавчатая), ель (преимущественно ель европейская), лиственница, а также сосна (главным образом сосна обыкновенная).

В составе травяного покрова по-прежнему преобладали полыни и маревые, произрастали злаковые, гвоздичные, мареновые, зонтичные, астровые, в наиболее сухих местах – хвойниковые. По берегам палеоводоема росли осоковые, рогозовые (рогоз широколистный и узколистный), а также сфагновые мхи, грозовник.

Для данной фазы получен диапазон температур, представленный на рис. 6. Так, температуры самого холодного месяца, января (T_1), находились в диапазоне от 0 до $-16,5^{\circ}\text{C}$, средняя температура составляла приблизительно $-8,25^{\circ}\text{C}$. Температуры самого теплого месяца, июля (T_{VII}), находились в пределах $+11,5\dots+20,5^{\circ}\text{C}$ (средняя $+16,0^{\circ}\text{C}$).

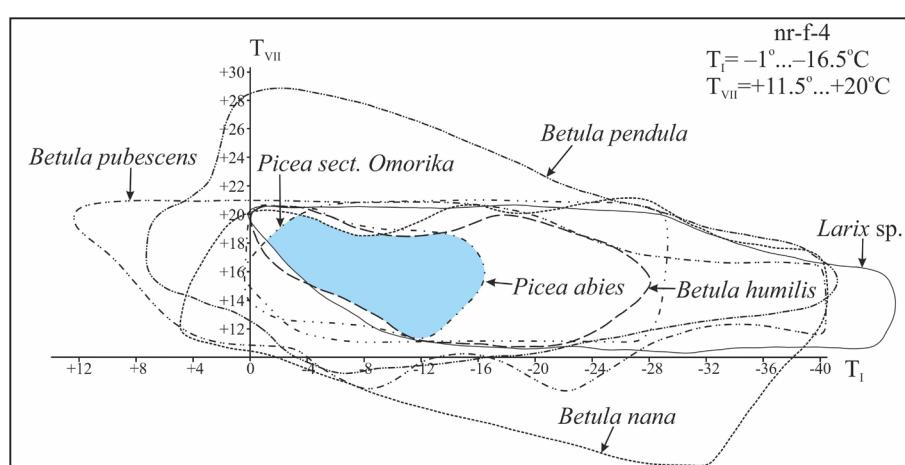


Рисунок 5 – Реконструкция палеотемпературных показателей для заключительной фазы nr-f-4 *Betula* – *Picea* – *Larix* – NAP наревского оледенения

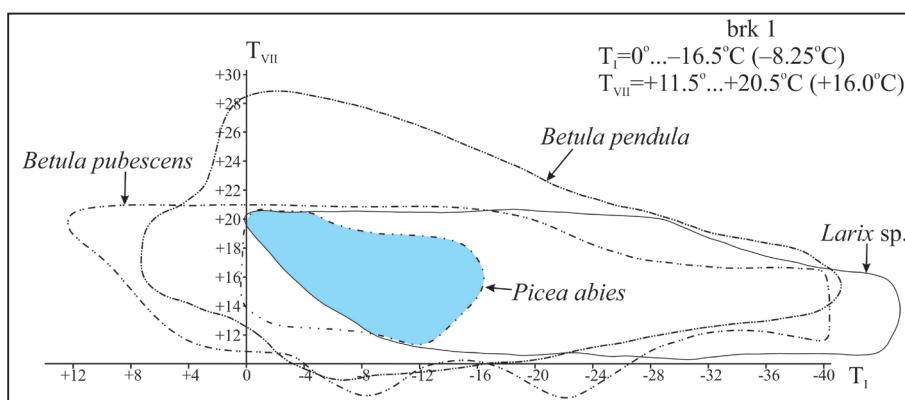


Рисунок 6 – Реконструкция палеотемпературных показателей для начальной фазы brk 1 *Betula* – *Larix* – *Picea* борковского интервала беловежского межледникового

brk 2 *Pinus – Betula* R PAZSh-3 *Pinus – Betula – Quercus – Ulmus* L PAZ

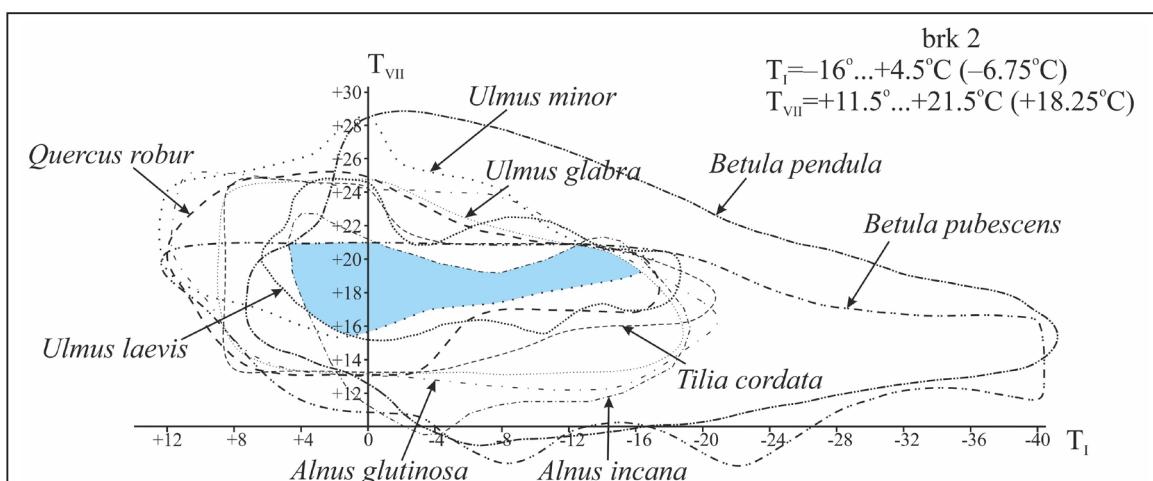
Данная зона соответствует фазе развития сосново-березовых лесов с постепенно возрастающим участием термофильных пород. Лесообразующими породами являлись сосна обыкновенная, береза пушистая и бородавчатая. Изредка произрастали ель европейская, можжевельник обыкновенный, лиственница. Широколиственные породы были представлены вязом (вяз малый, пробковый), дубом черешчатым, липой сердцевидной. По пониженным и увлажненным местам селились ольха черная и серая, ива.

Среди травянистых растений присутствовали полыни, маревые, злаковые, цикориевые, лютиковые. В прибрежной части палеоводоема произрастали рогозовые (рогоз широколистный и узколистный) и осоковые, а также сфагновые мхи, папоротники (в том числе орляк, щитовник мужской). Палеотемпературы, реконструированные для данной фазы, представлены на рис. 7.

Береза почти исчезла из состава лесов. Увлажненные участки занимала ольха (ольха серая, черная). Хвойные породы представлены преимущественно сосной обыкновенной, изредка присутствовали ель европейская, можжевельник обыкновенный, лиственница.

Состав спектров данных локальных зон позволяет проследить незначительную осцилляцию климата в соответствующей фазе. Она отражена в снижении участия термофильных и увеличении доли хвойных пород в составе лесов во второй половине фазы (подфаза Sh-5 *Pinus – Quercus – Ulmus*) в отличие от первой половины (подфаза Sh-4 *Quercus – Ulmus – Pinus*) при неизменном качественном составе лесных ассоциаций.

Луговая растительность представлена травами семейств астровые (преимущественно, полынь), маревые, злаковые, зонтичные, гвоздичные, мареновые, гречишные (горец), бобовые, крапивные (крапива), подорожниковые, яснотковые. Берега палеоводоема населяли рогозовые (рогоз широколистный и узколистный), осоковые, частуховые.



**Рисунок 7 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы
brk 2 *Pinus – Betula* борковского интервала беловежского межледникового**

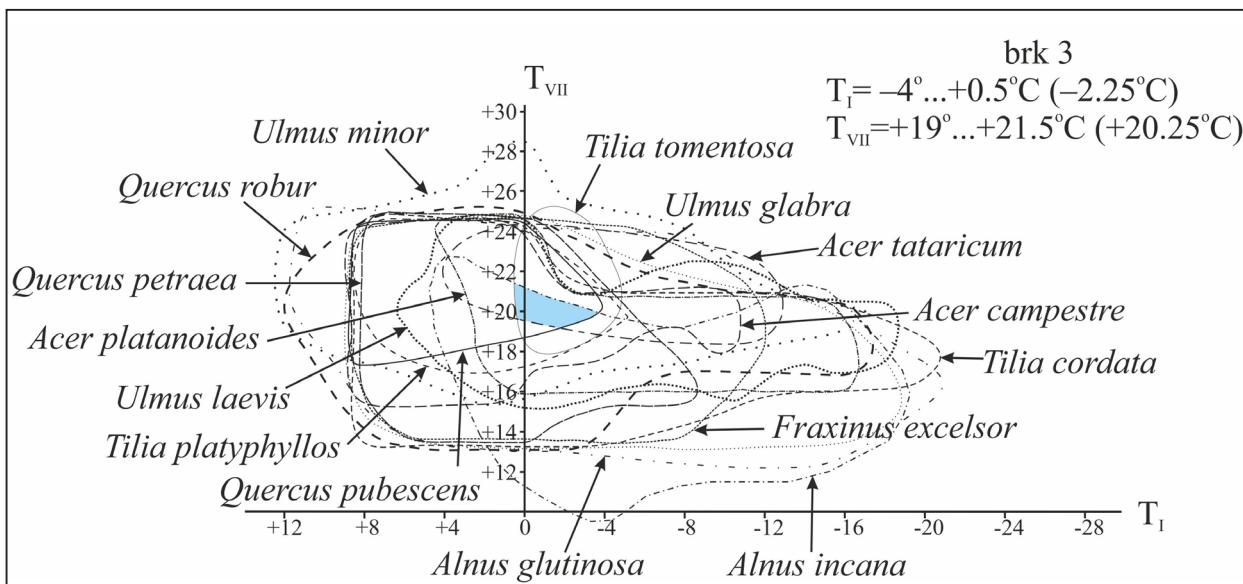
brk 3 *Quercus – Ulmus* R PAZSh-4 *Quercus – Ulmus – Pinus* L PAZSh-5 *Pinus – Quercus – Ulmus* L PAZ

Зоны Sh-4 – Sh-5 отражают фазу, которая характеризуется развитием широколиственных и хвойно-широколиственных лесов. Среди термофильных пород доминировали дуб (дуб черешчатый, скальный, пушистый) и вяз (вяз малый, гладкий, шершавый, пробковый). Произрастали липа (липа сердцевидная, крупнолистная, серебристая), клен (клен платановидный, полевой, татарский), ясень высокий, кустарники семейства адоксовые, ива.

На увлажненных участках произрастали сфагновые мхи, плауны, а также папоротники, среди которых присутствовали орляк, пузырник, щитовник (щитовник мужской, болотный).

Диапазон палеотемператур, полученный для данной фазы, представлен на рис. 8.

brk 4 *Quercus – Ulmus – Corylus* R PAZSh-6 *Quercus – Ulmus – Alnus* L PAZSh-7 *Quercus – Ulmus – Corylus* L PAZSh-8 *Corylus – Quercus – Ulmus* L PAZSh-9 *Quercus – Ulmus – Alnus – Corylus* L PAZ



**Рисунок 8 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы начала климатического оптимума
brk 3 Quercus – *Ulmus* борковского интервала беловежского межледникова**

Указанные зоны отражают фазу развития широколиственных дубово-вязовых и дубово-вязово-лещиновых лесов. Важнейшими эдификаторами лесных ассоциаций выступали лещина (лещина обыкновенная, древовидная), дуб (дуб черешчатый, скальный, пушистый), вяз (вяз малый, гладкий, шершавый, пробковый), липа (липа сердцевидная, крупнолистная, серебристая), ольха (ольха серая, черная), клен (клен платановидный, полевой, татарский), ясень высокий. Отличительной особенностью данной фазы является то, что подлесок формировалась в основном бирючина (бирючина обыкновенная), реже кустарники семейств бересклетовые и адоксовые (калина), можжевельник обыкновенный. Береза встречалась изредка либо совсем отсутствовала. Хвойные породы были представлены сосной обыкновенной.

Данная фаза может быть разделена на четыре подфазы. Для первой подфазы (Sh-6 *Quercus* – *Ulmus* – *Alnus*) свойственно появление и стабильное участие в составе лесов лещины. Для второй подфазы (Sh-7 *Quercus* – *Ulmus* – *Corylus*) характерно значительное возрастание доли лещины в общем составе лесов. Во время третьей подфазы (Sh-8 *Corylus* – *Quercus* – *Ulmus*) отмечен максимум участия лещины при одновременном уменьшении роли дуба и вяза. Четвертая подфаза (Sh-9 *Quercus* – *Ulmus* – *Alnus* – *Corylus*) отличается постепенным снижением значения лещины и возрастанием доли дуба и вяза в формировании лесных ассоциаций.

Произрастали травы семейств астровые (полынь), маревые, злаковые, зонтичные, цикориевые, гречишные (горец), подорожниковые, яснотковые. Палеоводоем населяли вахта, кубышка, кувшинка белая, по берегам росли рогоз широколистный, травы семейства осоковые. Напочвенный покров в лесах слагали в основном папоротники (в том числе орляк и щитовник болотный).

Диапазон температур, полученный в результате реконструкции для данной фазы, приведен на рис. 9. Необходимо отметить, что указанные температуры являются самыми высокими для всего изученного межледникового интервала.

Необходимо отметить также, что при климатических реконструкциях учтены таксоны, которые удалось впервые определить для оптимальных фаз борковского интервала беловежского времени, такие как лещина древовидная (*Corylus colurna*), вяз шершавый (*Ulmus glabra*), клен татарский (*Acer tataricum*). Это позволило получить несколько более высокие и более точные палеотемпературные показатели, чем те, что были реконструированы ранее [18].

brk 5 *Quercus* – *Picea* R PAZ Sh-10 *Quercus* – *Tilia* – *Picea* L PAZ

Данная зона отражает фазу развития широколиственных и смешанных хвойно-широколиственных лесов. Видовой состав термофильных пород остается сходен с таковым в предыдущей фазе. Важнейшую роль играют дуб (дуб черешчатый, скальный, пушистый) и липа (липа сердцевидная,

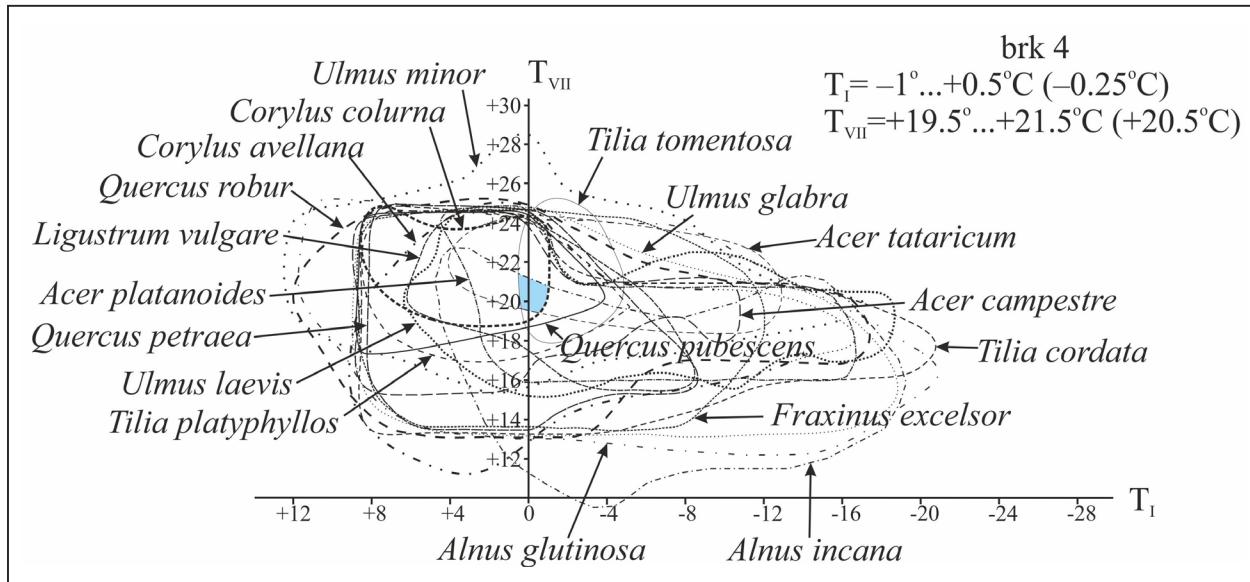


Рисунок 9 – Реконструкция палеотемпературных показателей для самой теплой фазы brk 4 *Quercus* – *Ulmus* – *Corylus* климатического оптимума борковского интервала беловежского межледникового периода

крупнолистная, серебристая), присутствуют вяз (вяз малый, гладкий, шершавый, пробковый), ольха (ольха серая, черная), клен (клен платановидный, полевой, татарский). Участие хвойных пород в составе лесов увеличивается; произрастили сосна обыкновенная, ель европейская, изредка пихта белая. Небольшую примесь образовывали береза и орешник.

Среди травянистых растений произрастили полынь и другие астровые, маревые, злаковые, гвоздичные, зонтичные. На увлажненных участках селились папоротники, в том числе щитовник болотный, а также сфагновые мхи и плауны.

Для данной фазы получен диапазон палеотемператур, представленный на рис. 10.

brk 6 *Pinus* – *Picea* R PAZ

Sh-11 *Pinus* – *Picea* L PAZ

Указанная локальная пыльцевая зона соответствует фазе развития хвойных сосново-еловых и елово-сосновых лесов. Лесообразующими породами выступали сосна обыкновенная и ель европейская, изредка произрастили можжевельник обыкновенный, пихта белая, лиственница. В качестве примеси присутствовали береза, ольха. Термофильные породы практически исчезли из

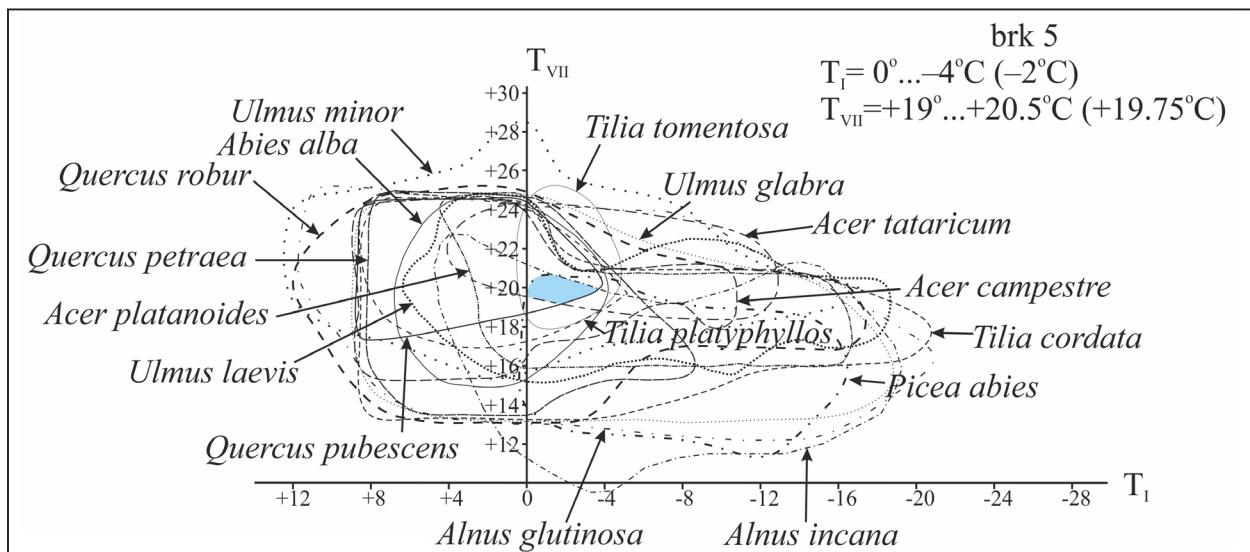


Рисунок 10 – Реконструкция палеотемпературных показателей для заключительной фазы климатического оптимума brk 5 *Quercus* – *Picea* борковского интервала беловежского межледникового периода

состава лесов. Данные палеокарпологического анализа вместе с палинологическими позволили подробно охарактеризовать группу растений, формировавших травянистый покров в этой фазе. Так, в состав травянистой растительности входили астровые (полынь, череда), маревые, вересковые, злаковые, зонтичные, лютиковые, крапивные, гречишные, фиалковые, гвоздичные, яснотковые, пасленовые, розоцветные. Палеоводоем населяли кувшинковые, роголистниковые, лютиковые (шельковник или водяной лютик), сланоягодниковые, подорожниковые (хвостник обыкновенный), вахтовые, частуховые, рдестовые, водокрасовые. На прибрежных увлажненных и заболоченных участках произрастали осоковые, аировые, рогозовые, зонтичные (омежник водный), зеленые и сфагновые мхи, плауны, папоротники.

Ввиду относительно бедного видового состава дендрофлоры не представляется возможным построить климатограмму, адекватно отражающую температуры для рассматриваемой фазы.

Таким образом, реконструкция растительности и климата на основании палинологических данных позволила проследить сукцессию растительных сообществ, а также динамику климата на протяжении завершающей фазы наревского оледенения, начальных фаз, климатического оптимума и одной из заключительных фаз борковского интервала беловежского времени плейстоцена Беларуси.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты палинологического анализа свидетельствуют о том, что изученные древнеозерные отложения, вскрытые скв. 21.2 у д. Шилов Угол Могилевского района Могилевской области, принадлежат к верхней части наревского горизонта (nr-f-4 R PAZ) и большей части борковского подгоризонта (brk 1 – brk 6 R PAZ) беловежского горизонта плейстоцена Беларуси. Реконструированы соответствующие фазы развития растительности на территории исследований и их палеоклиматические параметры. Богатый видовой состав дендрофлоры с учетом видов, впервые определенных для данного интервала (*Corylus colurna*, *Ulmus glabra*, *U. suberosa*, *Acer tataricum*), позволил получить более точные, чем ранее показатели летних и зимних температур.

В результате палеокарпологического анализа охарактеризована семенная флора разреза Шилов Угол, состав которой позволяет отнести ее к беловежской. Обнаружены карпоиды шести ныне вымерших видов: *Azolla interglacialis*, *Spirea cf. gomeliana*, *Potamogeton panormitanoides*, *P. perforatus*, *Scirpus atroviroides*, *Carex paucifloroides*.

Обоснование возраста отложений разреза скв. 21.2 позволило уточнить геологическое строение исследуемой территории Могилевской равнины, а также детализировать данные о флоре и климате борковского интервала беловежского времени в восточной части Беларуси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березовский страторайон плейстоцена Белоруссии / Ф. Ю. Величкевич [и др.]. – Минск, 1993. – 146 с.
2. Борисова, О. К. Палеофлористический метод / О. К. Борисова, Э. М. Зеликсон // Климаты и ландшафты Северной Евразии в условиях глобального потепления. Ретроспективный анализ и сценарии. – Москва : ГЕОС, 2010. – Вып. 3. – С. 34–42.
3. Глушков, Б. В. Донской ледниковый язык / Б. В. Глушков // Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета. – Воронеж : Издательство Воронежского университета. – 2001. – Вып. 5. – 166 с.
4. Гричук, В. П. Реконструкция климатических показателей раннего кайнозоя по палеофлористическим данным / В. П. Гричук, Э. М. Зеликсон, О. К. Борисова // Климаты Земли в геологическом прошлом : сб. ст. – Москва : Наука, 1987. – С. 69–77.
5. Еловичева, Я. К. Шкловские (рославльские) межледниковые отложения Белоруссии и смежных территорий / Я. К. Еловичева. – Минск : Наука и техника, 1979. – 184 с.
6. К стратиграфии среднего плейстоцена Беларуси / Ф. Ю. Величкевич [и др.] // Стратиграфия. Геологич. корреляция. – 1997. – Т. 5. – № 4. – С. 68–84.
7. Количествоные реконструкции климата Восточно-Европейской равнины за последние 450 тыс. лет / А. А. Величко [и др.] // Известия РАН. Сер. геогр. – 2004. – № 1. – С. 7–25.
8. Комплексное изучение опорных разрезов нижнего и верхнего плейстоцена Европейской части СССР / под ред. С. М. Шика [и др.]. – Москва : Ленинградская картографическая фабрика ВСЕГЕИ. – 1981. – 151 с.
9. Кондратене, О. Стратиграфия и палеогеография квартера Литвы по палеоботаническим данным / О. Кондратене. – Вильнюс : Academia. – 1996. – 209 с.

10. Кондратене, О. П. Условия залегания и палинологическая характеристика межледниковых отложений в овраге Нижнинский Ров / О. П. Кондратене, А. Ф. Санько // Проблемы плейстоцена. – Минск : Наука и техника, 1985. – С. 101–124.
11. Матвеев, А. В. Рельеф Белоруссии / А. В. Матвеев, Б. Н. Гурский, Р. И. Левицкая. – Минск : Універсітэткае, 1988. – 320 с.
12. Нацыянальны атлас Рэспублікі Беларусь / Камітэт па земельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь. – Мінск : Белкартаграфія, 2002. – 292 с.
13. Нижнинский Ров (стратотипический разрез Шкловского межледникового Белоруссии) / Горецкий Г. И. [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1987. – 273 с.
14. Рылова, Т. Б. Биостратиграфическое расчленение беловежского и александрийского межледниковых горизонтов плейстоцена на территории Беларуси / Т. Б. Рылова // Докл. НАН Беларуси. – 1998. – Т. 42, № 4. – С. 114–117.
15. Рылова, Т. Б. Возраст и палеогеографические условия формирования плейстоценовых озерных отложений у г. Бобруйска / Т. Б. Рылова, Г. Г. Король, И. Е. Савченко // Докл. НАН Беларуси. – 2003. – Т. 47, № 5. – С. 88–93.
16. Рылова, Т. Б. Новые данные к стратиграфическому расчленению плейстоценовых отложений в районе г. Могилева / Т. Б. Рылова, А. К. Карабанов, И. Е. Савченко // Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений : материалы VIII Универ. геол. чтений, Минск, 3–4 апр. 2014 г. : в 2 ч. / редкол.: А. Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Цифровая печать, 2014. – Ч. 1. – С. 23–26.
17. Рылова, Т. Б. Разрез беловежского межледникового у д. Большое Бахово на востоке Беларуси / Т. Б. Рылова // Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений : материалы VIII Университетских геол. чтений, Минск, 3–4 апр. 2014 г. : в 2 ч. / редкол.: А. Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Цифровая печать, 2014. – Ч. 1. – С. 21–23.
18. Рылова, Т. Б. Растительность и климат межледниковых интервалов плейстоцена Беларуси по данным палинологических исследований / Т. Б. Рылова, И. Е. Савченко // Літасфера. – 2006. – № 1 (24). – С. 12–26.
19. Санько, А. Ф. Зуи – новое местонахождение беловежских отложений в Белорусском Поозерье / А. Ф. Санько, Т. Б. Рылова, К. Ю. Балашов // Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений : материалы VIII Универ. геол. чтений, Минск, 3–4 апр. 2014 г. : в 2 ч. / редкол.: А. Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Цифровая печать, 2014. – Ч. 1. – С. 27–30.
20. Санько, А. Ф. Обнажение Обухово – парагенетотип беловежского межледникового Беларуси / А. Ф. Санько [и др.] // Літасфера. – 2004. – № 2 (21). – С. 38–51.
21. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объяснительная записка / под ред. С. А. Кручека [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 282 с. + приложение из 15 стратиграфических схем.
22. Шидловская, А. В. Палеоботаническое обоснование возраста древнеозерных отложений, вскрытых скважинами 2Р и 4Р у д. Черенки Чаусского района Могилевской области / А. В. Шидловская, Г. И. Литвинюк // Літасфера. – 2022. – № 1 (56). – С. 40–48.
23. Якубовская, Т. В. Новые данные о стратотипе беловежского межледникового Беларуси / Т. В. Якубовская, Г. К. Хуревич, Т. Б. Рылова // Докл. АН БССР. – 1991. – Т. 35, № 3. – С. 262–265.
24. Якубовская, Т. В. О шкловско-снайгупельской группе флоры плейстоцена и проблеме беловежского межледникового Беларуси / Т. В. Якубовская // Літасфера. – 2020. – № 1 (52). – С. 75–88.
25. Якубовская, Т. В. Отложения и флора беловежского межледникового на востоке Беларуси / Т. В. Якубовская [и др.] // Докл. НАН Беларуси. – 2005. – Т. 49, № 6. – С. 91–97.
26. Janczyk-Kopikowa, Z. Flora interglacjalu mazowieckiego w Ferdynandowie / Z. Janczyk-Kopikowa // Z badan czwartorzedu w Polsce. – 1975. – T. 17. – P. 5–70.
27. Pidek, I. Mesopleistocene vegetation history in the Northern Foreland of the Lublin Upland based on palaeobotanical studies of the profiles from Zdany and Brus sites / I. Pidek. – Lublin, 2003. – 96 p.
28. Pidek, I. A. A bi-partite Ferdynandovian succession from Lukow, Eastern Poland: a new palynostratigraphic approach / I. Pidek // Geological Quarterly. – 2010. – № 54 (1). – P. 69–84.
29. Walanus, A. POLPAL program for counting pollen grains, diagrams plotting and numerical analysis / A. Walanus, D. Nalepka // Acta Palaeobotanica. – 1999. – Suppl. 2. – P. 57–67.

Статья поступила в редакцию 06.10.2022

Рецензент С.В. Демидова

ПАЛЕАБАТАНІЧНАЕ АБГРУНТАВАННЕ БЕЛАВЕЖСКАГА ЎЗРОСТУ
СТАРАЖЫТНААЗЕРНЫХ ПЛЕЙСТАЦЭНАВЫХ АДКЛАДАЎ, ВЫЯЎЛЕНЫХ КАЛЯ
в. ШЫЛАЎ ВУГАЛ У МАГІЛЕЎСКАЙ ВОБЛАСЦІ

Г.В. Шыдлоўская¹, Т.Б. Рылова¹, Т.В. Якубоўская²

¹Інстытут прыродакарыстання НАН Беларусі
вул. Ф. Скарны, 10, 220076, Мінск, Беларусь
E-mail: rylova_tatyana18@mail.ru, anne.shidlovsk@gmail.com

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

Прыведзены вынікі паліналагічных і палеакарпалагічных даследаванняў старажытнаазерных адкладаў, выяўленых свідравінай 21.2, якая закладзена каля в. Шылаў Вугал Магілеўскага раёна Магілеўскай вобласці. Абгрунтаваны ўзрост вывучаных адкладаў: яны сфарміраваліся падчас заключнай фазы нараўскага зледзянення, пачатковых фаз, оптымуму і адной з заключных фаз боркаўскага цеплага інтэрвалу белавежскага часу плейстацэну Беларусі. Рэканструйваны адпаведныя фазы развіцця расліннасці і палеатэмпературныя параметры. Ахарактарызавана насенная flora, вывучаная з дадзеных адкладаў.

PALEOBOTANICAL SUBSTANTIATION OF THE BELOVEZHIAN AGE
OF THE ANCIENT LACUSTRINE PLEISTOCENE DEPOSITS EXPOSED
AT SHILOV UGOL SITE IN MOGILEV REGION

A. Shidlovskaya¹, T. Rylova¹, T. Yakubovskaya²

¹Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
10 F. Skaryna St, 220076, Minsk, Belarus
E-mail: anne.shidlovsk@gmail.com, rylova_tatyana18@mail.ru

²Republican Unitary Enterprise “Research and Production Center for Geology”
Branch “Institute of Geology”
7 Kuprevich St, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: tvyakub@tut.by

The article presents the results of palynological and paleocarpological studies of ancient lacustrine deposits recovered by borehole 21.2 drilled near the village of Shilov Ugol (Mogilev district, Mogilev region). The age of the studied deposits has been substantiated: they accumulated during the final phase of the Narevian glaciation, the initial phases, the optimum, and one final phase of the Borkovian warm interval of the Belovezhian time of the Pleistocene. The corresponding phases of vegetation development in the research area and their paleotemperature parameters have been reconstructed. Several species have been identified for this interval for the first time: *Corylus colurna*, *Ulmus glabra*, *U. suberosa*, *Acer tataricum*. The seed flora studied from these deposits has been characterized. Carpoids of six extinct species were found: *Azolla interglacialis*, *Spirea cf. gomeliana*, *Potamogeton panormitanoides*, *P. perforatus*, *Scirpus atroviroides*, *Carex paucifloroides*.

ГЕАЛОГІЯ

УДК 551.583.7:551.79.561 [476.1+476.4+476.6]

РЕГІОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПАЛИНОСТРАТИГРАФІИ МУРАВИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ, МЕЖЛЕДНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ І КЛІМАТА НА ТЕРРИТОРІІ ЦЕНТРАЛЬНОЇ БЕЛАРУСІ

Т.Б. Рылова, А.В. Шидловская

Інститут природопользования НАН Беларуси
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь
E-mail: rylova_tatyana18@mail.ru, anne.shidlovska@gmail.com

Обобщены палинологические данные по опорным разрезам муравинских отложений верхнего плейстоцена на территории Центральной Беларуси. Выявленные особенности флористического состава и количественного участия компонентов спорово-пыльцевых спектров в локальных пыльцевых зонах изученных разрезов послужили основой для уточнения палиностратиграфической схемы муравинских отложений для западной, центральной и восточной частей исследуемой территории, а также для выявления региональных особенностей растительности и климата.

ВВЕДЕНИЕ

В 2016–2020 гг. в рамках ГПНИ «Природопользование и экология» проводилось исследование эволюции ландшафтов территории Белорусского Полесья в муравинское и голоценовое время с целью районирования территории по степени экологической безопасности. В результате были уточнены палиностратиграфические схемы муравинских отложений для территорий западной и восточной частей Белорусского Полесья, выявлены региональные особенности развития растительности и климата [41; 42], а также выполнены реконструкции ландшафтов для оптимума муравинского межледникового [26; 36 и др.].

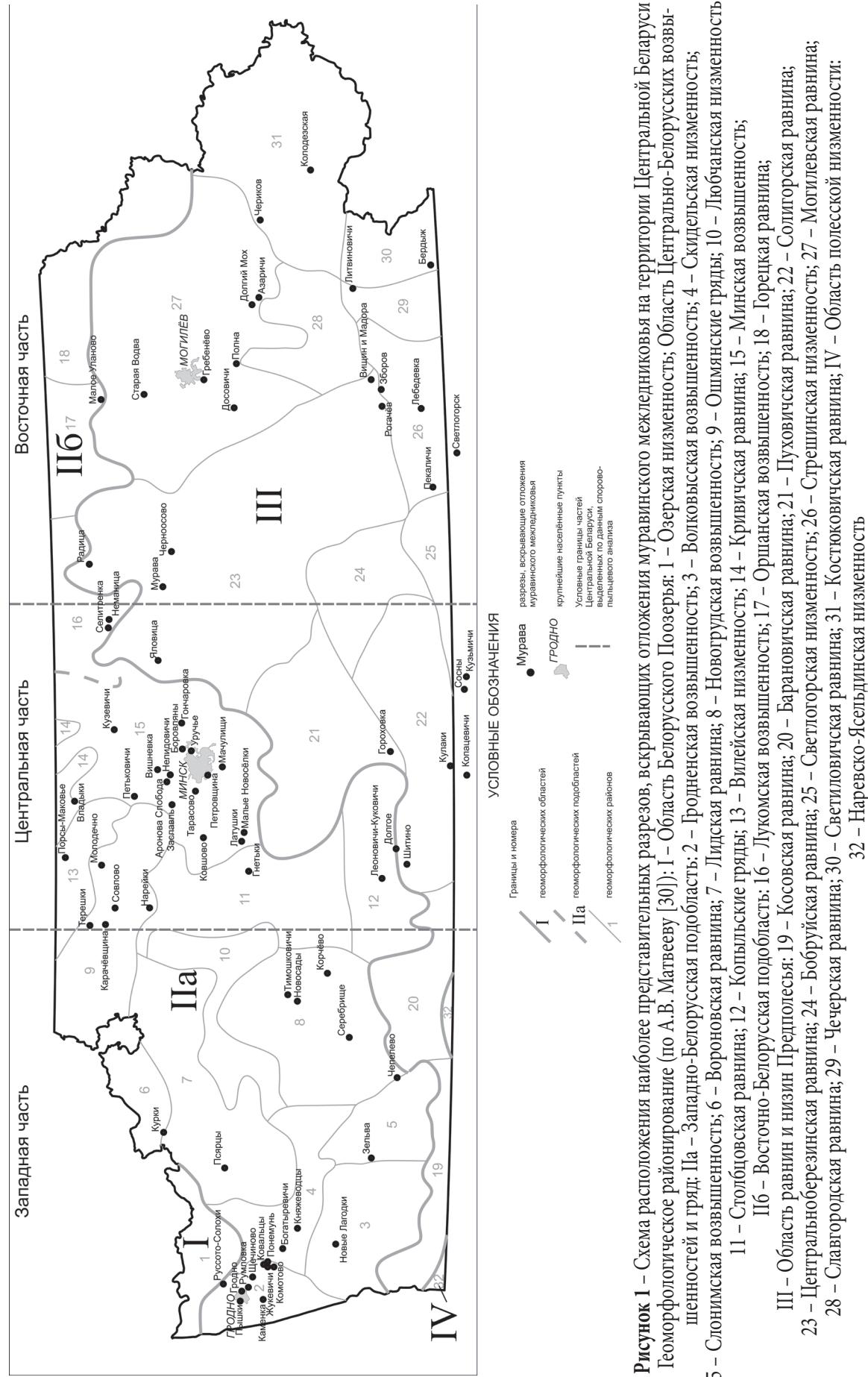
В настоящее время в Институте природопользования НАН Беларуси выполняются работы по исследованию направленности развития ландшафтов в муравинское и голоценовое время на территории Центральной Беларуси, осуществляемые в рамках задания 1.03 «Оценка геоэкологических рисков на территории Беларуси с учетом динамики ландшафтов и особенностей геодинамических, гидрогеологических и геохимических условий» подпрограммы 1 «Природные ресурсы и их рациональное использование» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг.

В число важнейших задач входит уточнение палиностратиграфической схемы муравинских отложений для западной, центральной и восточной частей Центральной Беларуси, а также выявление общих закономерностей и региональных особенностей развития растительности и климатических изменений на протяжении муравинского межледникового, что и явилось целью настоящей работы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В основу работы положен детальный анализ данных палинологических исследований отложений муравинского горизонта по 27 разрезам, расположенным в пределах территории Центральной Беларуси (рис. 1). Полученные данные показали наличие несомненных различий в направлении с запада на восток, как в отношении состава палинофлоры, так и количественного участия некоторых ее компонентов. На основании этих данных с учетом приуроченности изученных геологических разрезов к определенным геоморфологическим районам вся территория исследований была подразделена на три условные части – западную, центральную и восточную (см. рис. 1).

Разрезы, расположенные в западной части региона (Понемунь [19; 23; 40; 54; 58], Жукевичи



[3; 7; 13 и др.], Комотово [9; 27; 28], Княжеводцы [4; 5; 24; 60 и др.], Пышки [53; 60 и др.], Богатыревичи [9; 60], Зельва [32], Тимошковичи [52] и др.), приурочены согласно геоморфологическому районированию территории Беларуси в основном к Гродненской и Новогрудской возвышенностям, а также Скидельской низине, которые входят в состав Западно-Белорусской подобласти Центрально-белорусских возвышенностей и гряд [30]. Преимущественно к этой же подобласти относятся и разрезы центральной части исследуемой территории (Каравачевщина [49], Заславль [2; 14; 15; 31; 56], Петровщина [35], Уручье [20; 37], Кузевичи [47], Аронова Слобода [Е.И. Ширина, неопубл.], Боровляны [К.И. Демешко, неопубл.], Вишневка [52], Нелидовичи [52], Тараково [52], Селитренники [В.А. Палазник, неопубл.], Долгое [25] и др.). Они сосредоточены в пределах Минской возвышенности и Ошмянской гряды, реже – Копыльской гряды. Разрезы восточной части региона находятся в области равнин и низин Предполесья, большей частью в границах Могилевской и Центрально-березинской равнин (Мурава [6; 16; 27; 44; 52], Черноосово [46], Гребенево [ТГФ № 5456], Полна [ТГФ № 5456], Азаричи [33; 59], Малое Уланово [27], Чериков [17] и др.).

Все спорово-пыльцевые диаграммы перестроены с использованием специальной программы POLPAL [61] по единой методике (вычисление процентного содержания пыльцы каждого таксона древесных, кустарниковых и травянистых наземных растений производилось от суммы AP + NAP (без водных), а таксонов водных растений и спор – от суммы AP + NAP + подсчитываемый таксон).

Муравинские межледниковые отложения в изученных разрезах подразделены на локальные пыльцевые зоны, которые сопоставлены с регио-

нальными зонами в составе муравинского горизонта верхнего плейстоцена Беларуси [28; 44; 48].

Таксономический состав спектров пыльцевых зон и количественное содержание пыльцы важнейших таксонов в разрезах послужили основой для выявления особенностей развития растительности на протяжении муравинского межледникового. Реконструкции температурных параметров в каждой фазе межледникового выполнены с применением метода «климатических ареалов» [1; 12; 21; 34].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Палинологические данные по разрезам муравинских отложений, расположенным в пределах Центральной Беларуси, и их сравнение с соответствующими данными по северной и южной Беларуси показали наличие некоторых различий в таксономическом составе палиnofлоры, количественном содержании, времени появления и исчезновения отдельных таксонов. Эти различия положены в основу более детального палиностратиграфического расчленения муравинских отложений на территории западной [29; 43], центральной и восточной частей Центральной Беларуси, а также послужили необходимым фактическим материалом для выявления особенностей развития растительности на протяжении межледникового и соответствующих палеоклиматических реконструкций.

Схемы палиностратиграфического расчленения муравинских межледниковых отложений для указанных частей Центральной Беларуси представлены в сравнении с региональными пыльцевыми зонами в составе муравинского горизонта плейстоцена Беларуси (табл. 1).

Таблица 1 – Схемы палиностратиграфического расчленения муравинских отложений всей территории Беларуси, а также западной, центральной и восточной частей Центральной Беларуси

Горизонт	Беларусь	Центральная Беларусь		
		Западная часть [29; 43]	Центральная часть	Восточная часть
Муравинский	mr 9 <i>Pinus</i>	<i>Pinus</i>	<i>Pinus</i>	<i>Pinus</i>
	mr 8 <i>Picea – Pinus</i>	<i>Picea – Pinus – Carpinus</i>	<i>Picea – Pinus – Carpinus</i>	<i>Picea – Pinus – Carpinus</i>
	mr 7 <i>Carpinus – Picea</i>	<i>Carpinus – Picea (+ Abies + Hedera)</i>	<i>Carpinus – Picea (+ Abies + Hedera)</i>	<i>Carpinus – Picea</i>
	mr 6 <i>Carpinus – Tilia</i>	<i>Carpinus – Tilia (+ Abies + Hedera)</i>	<i>Carpinus – Tilia (+ Abies + Hedera)</i>	<i>Carpinus – Tilia</i>
	mr 5 <i>Tilia – Corylus – Carpinus</i>	<i>Tilia – Corylus – Carpinus (+ Hedera)</i>	<i>Tilia – Corylus – Carpinus</i>	<i>Tilia – Corylus – Carpinus</i>
	mr 4 <i>Corylus – Quercus – Ulmus</i>	<i>Corylus – Quercus – Ulmus (+ Hedera)</i>	<i>Corylus – Quercus – Tilia</i>	<i>Corylus – Quercus – Tilia</i>
	mr 3 <i>Quercus – Pinus – Corylus</i> (mr 3a <i>Pinus</i> , mr 3b <i>Corylus</i>)	<i>Quercus – Pinus – Corylus (+ Hedera)</i> (mr 3a <i>Pinus</i> , mr 3b <i>Corylus</i>)	<i>Quercus – Pinus – Corylus</i> (mr 3a <i>Pinus</i> , mr 3b <i>Corylus</i>)	<i>Quercus – Pinus – Corylus</i> (mr 3a <i>Pinus</i> , mr 3b <i>Corylus</i>)
	mr 2 <i>Pinus – Betula – Quercus</i>	<i>Pinus – Betula – Quercus (+ Ulmus)</i>	<i>Pinus – Betula – Quercus</i>	<i>Pinus – Betula – Quercus</i>
	mr 1 <i>Pinus – Betula – Picea</i>	<i>Pinus – Betula – Picea</i> (+ <i>Quercus + Ulmus</i>)	<i>Pinus – Betula – Picea</i>	<i>Pinus – Betula – Picea</i>

Ниже приведена характеристика состава спорово-пыльцевых спектров пыльцевых зон, выделенных согласно разработанным палинотретиграфическим схемам для западной, центральной и восточной частей Центральной Беларуси, и их сравнение с аналогичными данными по другим регионам Беларуси. Рассмотрены особенности соответствующих фаз развития растительности и выполнена реконструкция палеотемпературных показателей.

mr 1 *Pinus - Betula - Picea* – Беларусь

mr 1 *Pinus - Betula - Picea (+ Quercus + Ulmus)* – западная часть Центральной Беларуси

mr 1 *Pinus - Betula - Picea* – центральная и восточная части Центральной Беларуси

Во всех разрезах, расположенных на территории Центральной Беларуси, в составе спектров пыльцевых зон, соответствующих отложениям, сформировавшимся в начале муравинского межледникова, преобладает пыльца *Pinus sylvestris* L. и *Betula sect. Albae* (более 70%). Пыльцы *Picea obovata* Ledeb. в разрезах западной части региона содержится не более 3% (разрез Комотово), что сходно с показателями в центральной (до 5% в разрезе Кузевичи [47]) и восточной (до 3,3% в разрезе Малое Уланово [27]) частях территории исследований. Эти показатели заметно ниже, чем в разрезе Черный Берег, расположенному в северной части территории Беларуси (до 30%) [45], но выше, чем в разрезах Белорусского Полесья (0,5–1,0%) [41; 42]. Изредка присутствует пыльца *Larix sp.* Для западных разрезов региона характерно присутствие небольшого количества пыльцы *Ulmus laevis* Pall. (до 6% в разрезе Пышки), реже – *Quercus robur* L. (до 2% в Жукевичах). Однако эта пыльца отсутствует или единична в разрезах центральной и восточной частей территории исследований. Среди пыльцы кустарниковых пород отмечены *Juniperus communis* L., *Frangula alnus* Mill., *Salix sp.*, *Ephedra distachya* L.

Начальная фаза муравинского межледникова

mr 1 отражает распространение на территории Центральной Беларуси смешанных елово-сосново-березовых и елово-березово-сосновых лесов, в составе которых доминировали сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), березы пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) и бородавчатая (*B. pendula* Roth.). Небольшое участие в лесах принимала ель сибирская (*Picea obovata*), но ее роль в составе лесных фитоценозов была заметно меньшей, чем в северных районах Беларуси [45], а минимальное участие в составе лесов ель сибирская принимала на тер-

ритории Белорусского Полесья [41; 42]. Изредка присутствовала лиственница (*Larix sp.*). В западной части региона исследований в мелколиственнико-хвойных лесах в виде примеси появились вяз гладкий (*Ulmus laevis*) и дуб черешчатый (*Quercus robur*) в отличие от других районов Центральной Беларуси, где эти породы встречались лишь изредка либо отсутствовали. Среди кустарниковых пород были представлены можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*), крушина ломкая (*Frangula alnus*), ива (*Salix sp.*). Местами произрастал хвойник двухколосковый (*Ephedra distachya*).

Для реконструкции количественных показателей палеоклимата, как отмечалось выше, основой является таксономический состав лесообразующих пород. Стратиграфическое распространение пыльцы основных таксонов в отложениях муравинского межледникова на территории западной, центральной и восточной частей Центральной Беларуси представлено в табл. 2 (с учетом таксонов, выявленных в результате как палинологического, так и палеокарпологического анализов [8; 27; 35; 41; 50 и др.]).

Реконструкция температур, выполненная для начальной фазы межледникова **mr 1** на территории западной части Центральной Беларуси, позволила получить следующий их диапазон: $t_{VII}^o = +17\dots+19^\circ\text{C}$ (средняя $+18^\circ\text{C}$), $t_1^o = -11\dots-17,5^\circ\text{C}$ (средняя $-14,25^\circ\text{C}$) (рис. 2). Крайне бедный таксономический состав палиnofлоры, выявленной в отложениях, сформировавшихся в начальной фазе межледникова на остальной территории Центральной Беларуси, не позволил выполнить реконструкцию соответствующих палеотемператур.

mr 2 *Pinus - Betula - Quercus* – Беларусь

mr 2 *Pinus - Betula - Quercus (+ Ulmus)* – западная часть Центральной Беларуси

mr 2 *Pinus - Betula - Quercus* – центральная и восточная части Центральной Беларуси

В составе спектров данных пыльцевых зон, как и в аналогичных зонах других разрезов на территории Беларуси, преобладает пыльца *Pinus sylvestris* и *Betula sect. Albae*, однако характерно появление значительного количества пыльцы термофильных пород, особенно *Quercus robur* (до 15% в разрезах на территории западной части, до 13,2% – центральной и до 10,6% – восточной части региона Центральной Беларуси). Минимальное содержание *Quercus* зафиксировано в северном разрезе Черный Берег (до 5%), а максимальное – в юго-восточной части Белорусского Полесья (22%, разрез Борхов [27]).

Таблица 2 – Палиностратиграфия муравинских отложений территории Центральной Беларуси

Горизонт		Таксоны	
Западная часть Центральной Беларуси		Горизонт	
R PAZ		Горизонт	
Муравинский	mr 9	<i>Pinus</i>	<i>Picea obovata</i> Ledeb. <i>Larix</i> sp.
	mr 8	<i>Picea–Pinus–Carpinus</i>	<i>Pinus sylvestris</i> L.
	mr 7	<i>Carpinus–Picea</i> (+ <i>Abies</i> + <i>Hedera</i>)	<i>Betula pendula</i> Roth.
	mr 6	<i>Carpinus–Tilia</i> (+ <i>Abies</i> + <i>Hedera</i>)	<i>Betula pubescens</i> Ehrh.
	mr 5	<i>Tilia–Corylus–Carpinus</i> (+ <i>Hedera</i>)	<i>Ephedra distachya</i> L.
	mr 4	<i>Corylus–Quercus–Ulmus</i> (+ <i>Hedera</i>)	<i>Ulmus laevis</i> Pall.
	mr 3	<i>Quercus–Pinus–Corylus</i> (+ <i>Hedera</i>)	<i>Quercus robur</i> L.
	mr 2	<i>Pinus–Betula–Quercus</i> (+ <i>Ulmus</i>)	<i>Acer platanoides</i> L.
	mr 1	<i>Pinus–Betula–Picea</i> (+ <i>Quercus</i> + <i>Ulmus</i>)	<i>Acer campestre</i> L.
Горизонт		Таксоны	
Центральная часть Центральной Беларуси		Горизонт	
R PAZ		Горизонт	
Муравинский	mr 9	<i>Pinus</i>	<i>Picea obovata</i> Ledeb. <i>Larix</i> sp.
	mr 8	<i>Picea–Pinus–Carpinus</i>	<i>Pinus sylvestris</i> L.
	mr 7	<i>Carpinus–Picea</i> (+ <i>Abies</i> + <i>Hedera</i>)	<i>Betula pendula</i> Roth.
	mr 6	<i>Carpinus–Tilia</i> (+ <i>Abies</i> + <i>Hedera</i>)	<i>Betula pubescens</i> Ehrh.
	mr 5	<i>Tilia–Corylus–Carpinus</i>	<i>Ephedra distachya</i> L.
	mr 4	<i>Corylus–Quercus–Tilia</i>	<i>Ulmus laevis</i> Pall.
	mr 3	<i>Quercus–Pinus–Corylus</i>	<i>Quercus robur</i> L.
	mr 2	<i>Pinus–Betula–Quercus</i>	<i>Fraxinus excelsior</i> L.
	mr 1	<i>Pinus–Betula–Picea</i>	<i>Ulmus minor</i> Mill.
Горизонт		Таксоны	
Восточная часть Центральной Беларуси		Горизонт	
R PAZ		Горизонт	
Муравинский	mr 9	<i>Pinus</i>	<i>Picea obovata</i> Ledeb. <i>Larix</i> sp.
	mr 8	<i>Picea–Pinus–Carpinus</i>	<i>Pinus sylvestris</i> L.
	mr 7	<i>Carpinus–Picea</i>	<i>Betula pendula</i> Roth.
	mr 6	<i>Carpinus–Tilia</i>	<i>Betula pubescens</i> Ehrh.
	mr 5	<i>Tilia–Corylus–Carpinus</i>	<i>Ephedra distachya</i> L.
	mr 4	<i>Corylus–Quercus–Tilia</i>	<i>Ulmus laevis</i> Pall.
	mr 3	<i>Quercus–Pinus–Corylus</i>	<i>Quercus robur</i> L.
	mr 2	<i>Pinus–Betula–Quercus</i>	<i>Fraxinus excelsior</i> L.
	mr 1	<i>Pinus–Betula–Picea</i>	<i>Ulmus minor</i> Mill.
Горизонт		Таксоны	

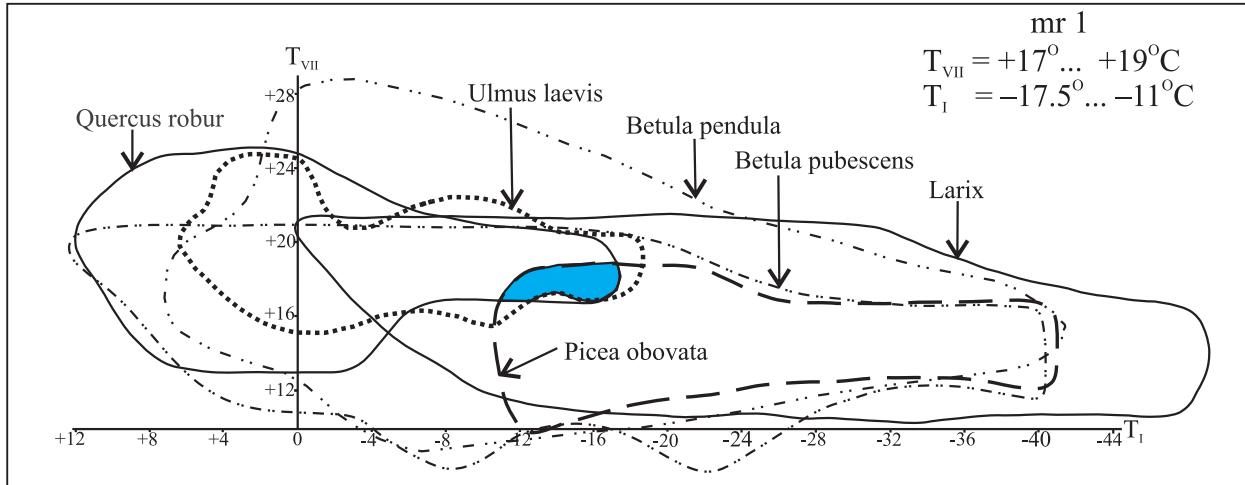


Рисунок 2 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы
mr 1 *Pinus-Betula-Picea* (+ *Quercus* + *Ulmus*)
муравинского межледникового на территории западной части Центральной Беларуси

Пыльца *Ulmus laevis*, *U. minor* Mill. также содержится в заметном числе: до 11% в западной части (разрез Тимошковичи), что выше, чем в центральной (до 3,8% в разрезе Кузевичи) и восточной частях (до 2,1% в разрезе Мурава, расчистки Главный Овраг и Чертов Куст [44], до 5,3% в разрезе Малое Уланово). Минимальное содержание *Ulmus* – до 1,4% в разрезе Светлогорск [51] на востоке Белорусского Полесья.

В составе спектров в разрезах всей территории Центральной Беларуси единично отмечаются *Fraxinus excelsior* L., *Corylus avellana* L., *Celastraceae* (*Euonymus europaeus* L.), *Adoxaceae* (*Viburnum opulus* L.), *Salix*, *Juniperus communis*, *Ephedra distachya*. В западных районах присутствует *Acer* (*Acer platanoides* L., *A. campestre* L., *A. tataricum* L.).

Фаза муравинского межледникового mr 2. В это время на территории Центральной Беларуси получили распространение смешанные широколиственно-сосновые и сосново-широколиственные леса с примесью березы пушистой (*Betula pubescens*), березы бородавчатой (*B. pendula*) и возрастающим участием дуба черешчатого (*Quercus robur*), вяза гладкого (*Ulmus laevis*), вяза полевого (*U. minor*), с участием ясеня высокого (*Fraxinus excelsior*) и клена полевого (*Acer campestre*), клена платановидного (*A. platanoides*) и клена татарского (*A. tataricum*) в западной части региона. При этом роль вяза в западной части региона была более существенной по сравнению с центральной и восточной. Дуб черешчатый, по-видимому, также имел несколько более широкое распространение в лесах западной и центральной частей региона. Максимальное участие в лесах того времени дуб принимал на территории Белорусского Полесья,

а минимальное – в северной части Беларуси. На ветвях лиственных деревьев селилась омела белая (*Viscum album* L.) – паразитирующее вечнозеленое растение. В лесных ассоциациях присутствовали лещина обыкновенная (*Corylus avellana*), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*), бересклет европейский (*Euonymus europaea*), крушина ломкая (*Frangula alnus*), калина обыкновенная (*Viburnum opulus*), ива (*Salix* sp.) и др. В состав ксерофитной растительности входил хвойник двухколосковый (*Ephedra distachya*).

Для фазы mr 2 для западной и центральной частей региона получен такой диапазон летних температур: $t_{VII} = + 16^{\circ}\dots + 21^{\circ}\text{C}$ ($+ 18,5^{\circ}\text{C}$). Январская температура находилась в диапазоне $t_1 = -11^{\circ}\dots + 3^{\circ}\text{C}$ (-4°C) (рис. 3А). Для соответствующей фазы в восточной части Центральной Беларуси получены такие летние температуры: $t_{VII} = + 16,5^{\circ}\dots + 19,5^{\circ}\text{C}$ ($+ 18^{\circ}\text{C}$). Январская температура находилась в диапазоне $t_1 = 0^{\circ}\dots -12,5^{\circ}\text{C}$ ($-6,25^{\circ}\text{C}$) (рис. 3Б).

mr 3 *Quercus* – *Pinus* – *Corylus* (mr 3a *Pinus*, mr 3b *Corylus*) – Беларусь

mr 3 *Quercus* – *Pinus* – *Corylus* (+ *Hedera*) (mr 3a *Pinus*, mr 3b *Corylus*) – западная часть Центральной Беларуси

mr 3 *Quercus* – *Pinus* – *Corylus* (mr 3a *Pinus*, mr 3b *Corylus*) – центральная и восточная части Центральной Беларуси

Участие пыльцы *Pinus sylvestris* в спорово-пыльцевых спектрах нижней части пыльцевой зоны в разрезах на территории исследований значительное: до 60–70%, но в ее верхней части оно быстро сокращается. В составе спектров резко возрастает

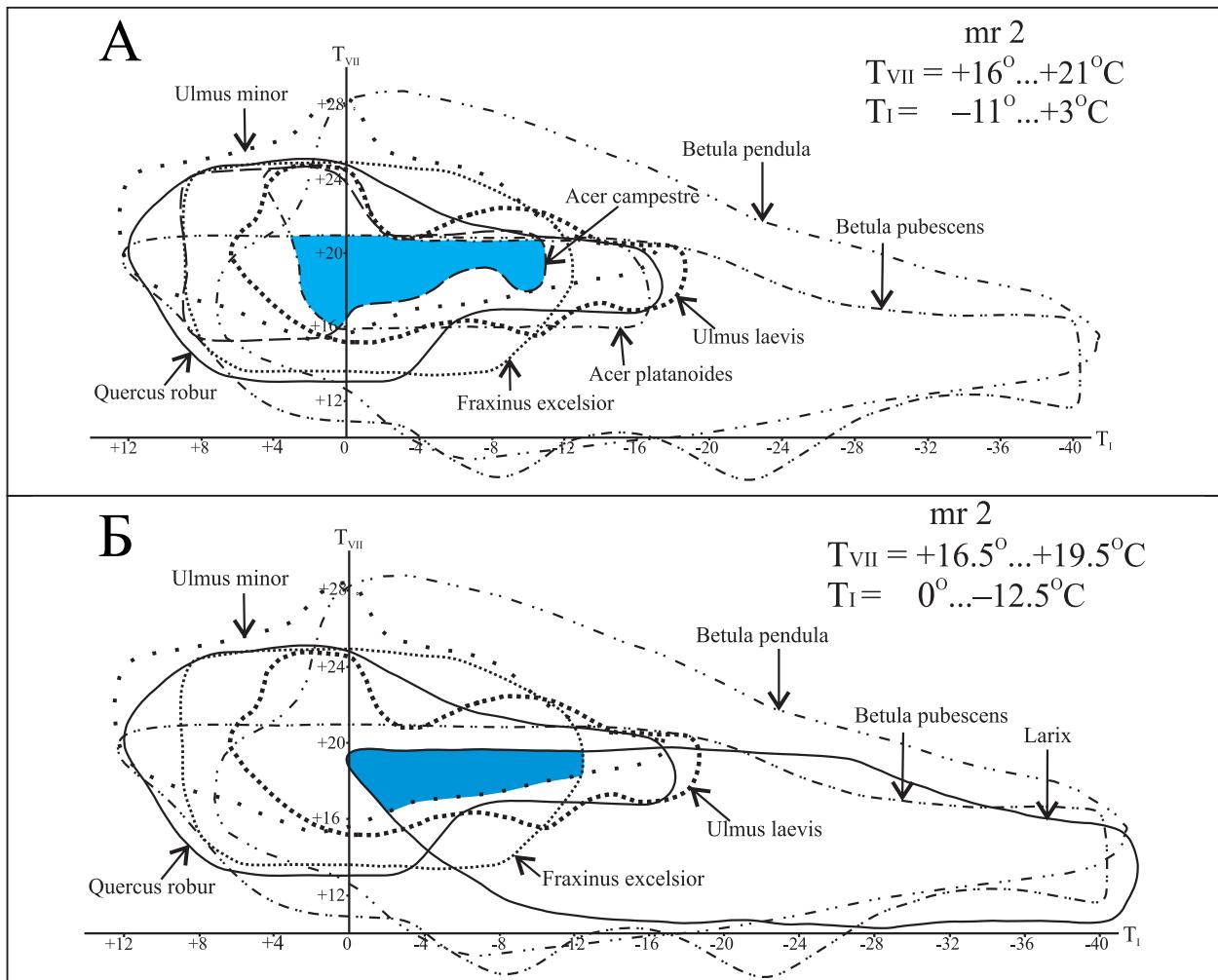


Рисунок 3 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы mr 2 муравинского межледниковаья на территории западной и центральной (А), восточной (Б) частей Центральной Беларуси

количество пыльцы термофильных пород, особенно *Quercus* (*Q. robur*, реже *Q. petraea* Liebl., *Q. pubescens* Willd.). В данной пыльцевой зоне оно является максимальным для межледникова (в разрезах западной части региона до 44,8% – разрез Тимошковичи). Близкие показатели отмечены также в других разрезах всей территории исследований.

Содержание пыльцы *Ulmus* (*U. laevis*, *U. minor*) заметно возрастает, при этом наиболее высоким оно является в западных разрезах региона (до 12% в разрезе Пышки, до 15,2% в Тимошковичах), что заметно существеннее, чем в разрезах центральной (Карачевщина – до 6% [49], Кузевичи – 6,3%) и особенно восточной части (Мурава, расчистка Чертова Куст – 2,6%, разрез Черноосово – 1,5% [46]). Очень низкие значения пыльцы *Ulmus* отмечены также в юго-восточных районах Белорусского Полесья (разрезы Ведрич – до 2,5% [39], Лоев – до 3,3% [60], Борхов – до 3,5% [27] и др.)

Пыльца *Tilia* в западных разрезах представлена единично, очень несущественно ее количество и в

восточных (до 1,6% в разрезе Гребенево). Наибольшие значения *Tilia* имеет в центральной части региона (до 5,5% в разрезе Кулаки, до 7,6% в разрезе Долгое).

Содержание пыльцы *Corylus* (*Corylus avellana*, единично *C. colurna* L.) практически во всех разрезах Центральной Беларуси возрастает в верхней части зоны до 20–25%. Пыльца *Acer* присутствует в количестве около 1,0–1,5% в большинстве разрезов, а *Fraxinus excelsior* – единично. Только в западных разрезах представлена пыльца *Ligustrum vulgare* L. В разрезах Центральной Беларуси единично отмечаются пыльцевые зерна *Adoxaceae* (*Sambucus nigra* L., *Viburnum opulus*), *Juniperus communis*, *Salix*, *Frangula alnus*, *Ephedra distachya*. Следует отметить присутствие в западной части региона пыльцы *Hedera helix* L., которая не обнаружена в разрезах центральной и восточной частей территории исследований. В небольшом количестве отмечается пыльца *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn и *Alnus incana* (L.) Moench.

Фаза муравинского межледникова *mr 3*.

В начале данной фазы на территории Центральной Беларуси произрастали хвойно-широколиственные леса, в которых преобладала сосна (*Pinus sylvestris*), участие берескета (*Betula pubescens*, *B. pendula*) сокращалось, а роль термофильных пород, прежде всего дуба, быстро возрастала, и во второй половине фазы территорию заняли широколиственные, преимущественно дубовые леса с участием лещины, вяза, липы, ясения, клена. Преобладал дуб черешчатый (*Quercus robur*), реже произрастали дуб скальный (*Q. petraea*) и дуб пушистый (*Q. pubescens*). В лесных сообществах этого времени на территории всей Беларуси, а также в пределах соседних стран роль дуба была максимальной по сравнению с другими фазами межледникова [11; 22; 27; 35; 55; 57 и др.]. Произрастали также вяз гладкий (*Ulmus laevis*), вяз полевой (*U. minor*), ясень высокий (*Fraxinus excelsior*), клен платановидный (*Acer platanoides*), клен полевой (*A. campestre*) и клен татарский (*Acer tataricum*). Участие вяза в составе лесной растительности западной части региона было значительнее, чем в центральной и восточной. Липа (*Tilia cordata* Mill., реже *T. platyphyllos* Scop.), несомненно, произрастала в лесах центральной части региона, в отличие от западной и восточной, где она встречалась лишь в виде несущественной примеси. К концу фазы все большую роль в лесных ассоциациях играла лещина (*Corylus avellana*, изредка *C. colurna*). Ее участие в центральной части региона было наибольшим на территории исследований. Произрастали также бересклет европейский (*Euonymus europaeus*), бузина черная (*Sambucus nigra*), калина обыкновенная (*Viburnum opulus*), крушина ломкая (*Frangula alnus*), ива (*Salix* sp.), хвойник двухколосковый

(*Ephedra distachya*), омела белая (*Viscum album*). В состав лесных фитоценозов только западной части региона входила бирючина обыкновенная (*Ligustrum vulgare*) и плющ обыкновенный (*Hedera helix*). По увлажненным местам произрастали ольха черная (*Alnus glutinosa*) и ольха серая (*Alnus incana*).

Для фазы *mr 3* на территории всей Центральной Беларуси получены одинаковые диапазоны палеотемператур: $t^{\circ}_{\text{VII}} = +18^{\circ}\dots+21^{\circ}\text{C}$, $t^{\circ}_I = -4^{\circ}\dots+3^{\circ}\text{C}$ (рис. 4). Приведенные данные свидетельствуют о том, что средняя июльская температура составляла $+19,5^{\circ}\text{C}$, а средняя январская $-0,5^{\circ}\text{C}$.

mr 4 Corylus – Quercus – Ulmus – Беларусь

mr 4 Corylus – Quercus – Ulmus (+ Hedera) – западная часть Центральной Беларуси

mr 4 Corylus – Quercus – Tilia – центральная и восточная части Центральной Беларуси

Для состава спектров данных пыльцевых зон характерно максимальное содержание пыльцы термофильных пород. Абсолютный максимум в разрезах исследуемого региона, как и на всей территории Беларуси, имеет пыльца *Corylus* (*Corylus avellana*, изредка *C. colurna*). Ее содержание в разрезах западной части региона достигает 80% (разрез Пышки). Эти значения близки к таковым в центральной (до 74% в разрезе Заславль [31]) и восточной частях региона (до 75% в разрезе Мурава, расчистка Чертова Куста) (6).

Содержание пыльцы *Quercus* (*Q. robur*, реже *Q. petraea* и *Q. pubescens*) снижается по сравнению с предыдущей пыльцевой зоной, однако остается значительным. Причем в западных разрезах оно несколько выше (до 18% в разрезе Княжеводцы, до 20% в разрезе Пышки), чем в разрезах центральной части региона (Уручье – 6% [20; 38], Петров-

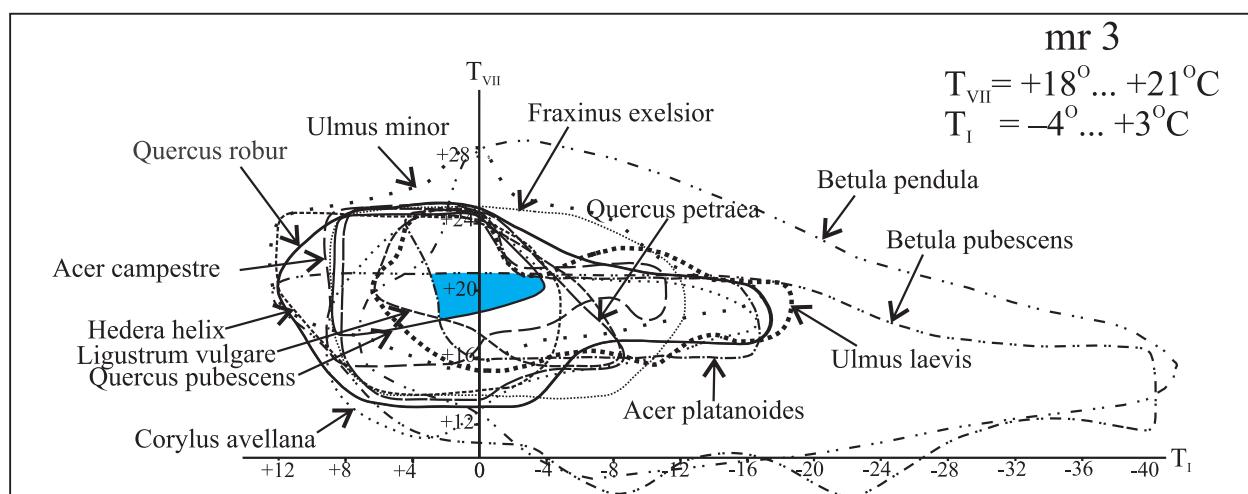


Рисунок 4 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы *mr 3* муравинского межледникова на территории Центральной Беларуси

щина – до 8% [37]), однако ниже, чем в восточной (27,2% в разрезе Азаричи, 31,7% в разрезе Черноосово), а также в разрезах восточных районов Белорусского Полесья (23,6% в разрезе Зеленые Луки, 25,3% в разрезе Борхов) [42].

В составе спектров содержание пыльцы *Tilia* (*T. cordata*, реже *T. platyphyllos*) несущественно изменяется в пределах территории исследований (до 20–23%). Максимальное количество пыльцы *Ulmus* (*U. laevis*, *U. minor*) отмечено в разрезах, расположенных в западных районах региона (12% в разрезе Пышки, 20,6% в разрезе Тимошковичи), но лишь 5% в разрезе Кузевичи, 9% – в разрезе Долгое в центральной части, до 4,2% в разрезе Азаричи, до 9,6% в разрезе Малое Уланово в восточной части исследуемой территории. Минимальное количество этой пыльцы содержится в восточных разрезах Белорусского Полесья (до 2,5% в разрезе Борхов, до 1,9% в разрезе Прудице [39]).

Содержание пыльцы *Carpinus betulus* L. в разрезах, расположенных в пределах территории Центральной Беларуси, составляет обычно 2,4–3,0% (исключение – разрез Жукевичи – до 12,4%), что близко к показателям в разрезах Белорусского Полесья (0,6% в разрезе Борхов, 1,9% в разрезе Лоев).

Пыльца *Ligustrum vulgare* отмечена только на западе региона. В незначительном числе или единично в разрезах представлена пыльца *Fraxinus excelsior*, *Acer* (*A. platanoides*, *A. campestre*, *A. tataricum*), *Viburnum opulus*, *Frangula alnus*, *Sambucus nigra*, *Viscum album*, *Ephedra distachya*. Пыльца *Hedera helix* присутствует только в западных разрезах Центральной Беларуси (Пышки, Тимошковичи). Во всех разрезах территории исследований существенно возрастает содержание пыльцы *Alnus* (до 19,5% в Караваевщине, до 18% в разрезе Мурава, до 22,3% в разрезе Гребенево).

Фаза муравинского межледникова **mr 4.** В рассматриваемом регионе, как и на всей территории Беларуси, максимума в лесных сообществах достигла доля термофильных древесных пород, прежде всего, лещины (*Corylus avellana*, изредка *C. colurna*). Произрастали широколистственные дубово-лещиновые леса со значительным участием вяза и липы, реже – ясения и клена. Вероятно, в это время существовали самостоятельные лещиновые леса, представленные как древесными, так и кустарниковыми формами [18; 41; 57; 59].

Участие дуба в составе лесных ассоциаций сократилось по сравнению с предыдущей фазой, однако на западе было несколько существеннее, чем в центральной части региона, но менее значительным, чем в восточной. Дуб по-прежнему был пред-

ставлен несколькими видами: дуб черешчатый (*Quercus robur*), реже дубы скальный (*Q. petraea*) и пушистый (*Q. pubescens*). Вяз гладкий (*Ulmus laevis*) и вяз полевой (*U. minor*) на западе территории исследований, несомненно, имели более широкое распространение по сравнению с другими районами Центральной Беларуси. Липа (липа сердцевидная – *Tilia cordata* Mill., липа крупнолистная – *T. platyphyllos* Scop., липа серебристая – *T. tomentosa* Moench) уже имела существенное значение в составе лесных сообществ всей территории исследований. Произрастали также ясень высокий (*Fraxinus excelsior*), клен полевой (*Acer campestre*), клен платановидный (*A. platanoides*) и клен татарский (*Acer tataricum*). Роль граба обыкновенного (*Carpinus betulus* L.), который появился в это время в лесных ассоциациях, была несущественной на всей территории Беларуси, за исключением некоторых районов Белорусского Полесья.

В состав растительных сообществ входили также бересклет европейский (*Euonymus europaeus*), калина обыкновенная (*Viburnum opulus*), крушина ломкая (*Frangula alnus*), ива (*Salix* sp.), а также омела белая (*Viscum album*). В лесах западной части региона в отличие от центральной и восточной произрастали бирючина обыкновенная (*Ligustrum vulgare*) и плющ обыкновенный (*Hedera helix*). Среди ксерофитов встречался хвойник двухколосковый (*Ephedra distachya*). Низкие и увлажненные места рельефа занимали ольшаники (*Alnus glutinosa*, реже *A. incana*).

Для фазы **mr 4** муравинского межледникова на территории Центральной Беларуси получены такие палеотемпературы: $t^o_{VII} = +18^\circ\ldots+23^\circ C$ ($+20,5^\circ C$); $t^o_I = -4^\circ\ldots+4^\circ C$ ($0^\circ C$). Эти значения были самыми высокими в климатическом оптимуме межледникова (рис. 5).

mr 5 *Tilia* – *Corylus* – *Carpinus* – Беларусь

mr 5 *Tilia* – *Corylus* – *Carpinus* (+ *Hedera*) – западная часть Центральной Беларуси

mr 5 *Tilia* – *Corylus* – *Carpinus* – центральная и восточная части Центральной Беларуси

Для данной пыльцевой зоны в разрезах территории исследований, как и всей Беларуси, характерно максимальное количество пыльцы *Tilia* (*T. cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa* Moench) – до 40% в западной части региона (разрез Комотово), до 44,4% в центральной (разрез Долгое), до 49,3% в восточной (разрез Мурава, расчистка Чертов Куст). Меньшее содержание пыльцы *Tilia* отмечено в разрезах восточного Полесья (14,3–30,4%). Однако в разрезах юго-западной части Белорусского

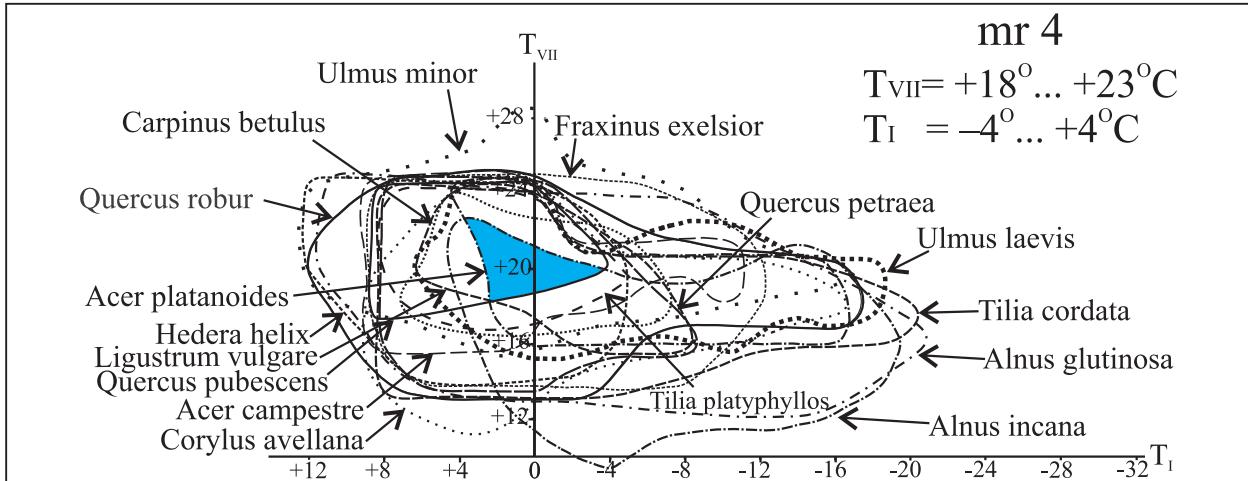


Рисунок 5 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы mr 4 муравинского межледникова на территории Центральной Беларуси

Полесья и приграничной территории Польши содержание *Tilia* минимальное (до 12–20%) [41].

Количество пыльцы *Corylus* (*Corylus avellana*, *C. colurna*) заметно снижается по сравнению с предыдущей зоной, но остается значительным во всех разрезах Центральной Беларуси (до 56% в разрезе Богатыревичи в западной части региона, до 61% в разрезе Заславль в центральной, до 60% в разрезе Мурава (расчистка Чертов Куст) в восточной).

Содержание пыльцы *Carpinus betulus* на всей территории исследований возрастает и составляет примерно 20–35%. Пыльца *Quercus* (*Q. robur*) представлена во всех разрезах в количестве до 8–10%, а пыльца *Ulmus* (*U. laevis*, *U. minor*) – до 4–6%. Изредка присутствует пыльца *Acer* (*A. platanoides*, *A. campestre*, *A. tataricum*), а также кустарников *Juniperus communis*, *Salix*, *Viburnum opulus*, *Frangula alnus*, *Sambucus nigra* и др. Единично отмечены пыльцевые зерна *Viscum album*.

Количество пыльцы *Pinus* и *Betula* в данной зоне сокращается до минимума. В значительном числе в составе спектров представлена пыльца *Alnus* – до 20–27%. Следует отметить присутствие пыльцы *Hedera helix* в западных разрезах территории исследований (разрез Богатыревичи), как и на западе Белорусского Полесья [41], в отличие от других регионов Беларуси.

Фаза муравинского межледникова mr 5 на исследуемой территории Центральной Беларуси характеризовалась распространением широколиственных лесов, в которых главной лесообразующей породой стала липа. Ее участие в лесах было заметно более существенным, чем на территории Белорусского Полесья. Произрастали липа сердцевидная (*Tilia cordata*), липа крупнолистная (*T. platyphyllos*), а также липа серебристая

(*T. tomentosa*). В это время распространение липы на территории Беларуси было максимальным не только по отношению ко всему межледниковью, но и в целом в плейстоцене.

Участие лещины (*Corylus avellana*, изредка *C. colurna*) несколько снизилось по сравнению с предыдущей фазой, однако эта порода по-прежнему занимала существенное место в составе лесных ассоциаций. Роль граба обыкновенного (*Carpinus betulus*) постепенно возрастала, несколько большее распространение в это время он получил в центральной части региона исследований. Участие дуба в лесных фитоценозах заметно снизилось, представлены были дуб черешчатый (*Quercus robur*) и дуб скальный (*Q. petraea*). Сократилась роль вяза гладкого (*Ulmus laevis*) и вяза полевого (*U. minor*). Ясень высокий (*Fraxinus excelsior*), клены полевой (*Acer campestre*), платановидный (*A. platanoides*) и татарский (*Acer tataricum*) образовывали небольшую примесь в широколиственных лесах. В числе кустарниковых пород отмечались ива (*Salix* sp.), калина обыкновенная (*Viburnum opulus*), крушина ломкая (*Frangula alnus*) и др. Только на западе региона исследований, как и по всей западной части территории Беларуси, произрастал плющ обыкновенный (*Hedera helix*). Широкое распространение формаций из ольшаников (*Alnus glutinosa*, *A. incana*) указывает на увеличение грунтовой влажности.

Климат на территории Центральной Беларуси на протяжении данной фазы оставался теплым, но, как свидетельствует характер растительности, стал более влажным. Для всего региона исследований получен следующий диапазон палеотемператур: $t^o_{vii} = +17^\circ \dots +23^\circ C (+20^\circ C)$; $t^o_1 = -5^\circ \dots +4^\circ C (-0,5^\circ C)$ (рис. 6).

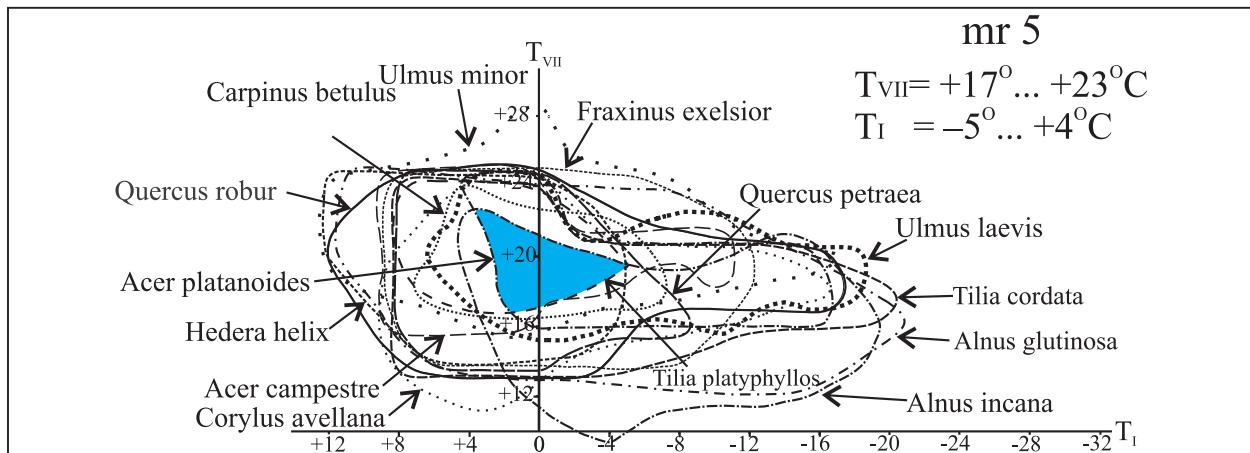


Рисунок 6 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы mr 5 муравинского межледникова в Центральной Беларуси

mr 6 *Carpinus* – *Tilia* – Беларусь

mr 6 *Carpinus* – *Tilia* (+ *Abies* + *Hedera*) – западная и центральная части Центральной Беларуси

mr 6 *Carpinus* – *Tilia* – восточная часть Центральной Беларуси

Для состава спектров этой зоны характерно значительное возрастание количества пыльцы *Carpinus* (*Carpinus betulus*, изредка *C. orientalis*) в пределах всей территории исследований, однако максимум ее отмечается в западных разрезах (до 72% в разрезе Княжеводцы, до 80,5% в разрезе Понемунь). Несколько ниже ее содержание в разрезах центральной (до 65% в разрезах Заславль и Кузевичи, до 66% в разрезе Долгое) и восточной (до 60% в разрезе Чертов Куст, до 69% в разрезе Полна) частей региона.

Количество пыльцы *Tilia* (*T. cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa*) в западных разрезах (до 15% в разрезе Комотово, 28,2% в Понемунь) несколько выше, чем в разрезах центральной (до 17–20% в разрезах Заславль, Петровщина) и особенно восточной (до 12% в Черноосово, до 13,8% в Гребенево) частей Центральной Беларуси. Однако все эти значения заметно выше, чем в разрезах восточной части Белорусского Полесья (до 3% в разрезе Ведрич, до 4–4,5% в Дорошевичах и Светлогорске, до 6% в Борхове и Лоеве).

Роль пыльцы других термофильных пород на территории всей Центральной Беларуси несущественна: *Quercus* (*Q. robur*, *Q. petraea*) – до 4,5%, *Ulmus* (*U. laevis*, *U. minor*) – до 6%, *Fraxinus excelsior* – до 1,1%, *Acer* – единично.

Пыльца *Corylus* (*Corylus avellana*, изредка *C. colurna*) в значительном количестве (33–38%) представлена в пыльцевых спектрах западных разрезов (до 38% в разрезе Комотово). Близкие значения имеет эта пыльца в восточной части региона

(до 31,6% в разрезе Гребенево). Более высокие показатели указаны для разрезов центральной части исследуемой территории (до 62% в разрезе Заславль), а также восточной части Белорусского Полесья (до 63% в разрезе Лоев). Минимальное количество этой пыльцы отмечено в северных районах Беларуси – 13–20% (разрез Черный Берег). Содержание пыльцы *Alnus* (*A. incana*, *A. glutinosa*) в разрезах всей территории исследований очень высокое – до 40% в разрезе Тимошковичи, до 36,8% в разрезе Долгое, до 25,5% в разрезе Гребенево. Среди пыльцы кустарников присутствуют *Juniperus communis*, *Frangula alnus*, *Salix* sp. и др.

Для данной пыльцевой зоны в разрезах всей территории Центральной Беларуси характерно появление пыльцы *Picea abies* (L.) Karst.: до 4,0–10,4% в западных разрезах Тимошковичи, Богатыревичи, Понемунь, до 10% в разрезе Кузевичи в центральной части региона, до 6,4% в разрезе Полна в восточной. В разрезах западной и центральной частей региона отмечена пыльца *Abies alba* Mill. и *Hedera helix*, которая присутствует также в разрезах западного Полесья, но отсутствует на востоке территории исследований и в восточной части Белорусского Полесья.

Фаза муравинского межледникова mr 6. Данная фаза муравинского межледникова на территории Центральной Беларуси характеризовалась распространением широколиственных грабовых и липово-грабовых лесов с существенным участием лещины, примесью дуба, вяза, клена, ясения, а также хвойных пород – ели европейской (*Picea abies*), изредка – пихты белой (*Abies alba*). Основными лесообразующими породами были граб (граб обыкновенный (*Carpinus betulus*), граб восточный (*C. orientalis*), липа (липа сердцевидная (*Tilia cordata*), крупнолистная (*T. platyphyllos*),

серебристая (*T. tomentosa*), лещина обыкновенная (*Corylus avellana*). В западной части региона, как и на всей территории западной Беларуси, граб имел несколько большее распространение, чем в центральной и восточной частях исследуемой территории. Роль липы в это время здесь также была несколько выше, чем в центральной части региона, и несомненно существеннее, чем в восточной, а также юго-восточных районах Белорусского Полесья [42]. Лещина имела значительное распространение по всей территории Центральной Беларуси, но меньшее, чем в восточной части Белорусского Полесья.

В виде примеси встречались вяз гладкий и полевой (*Ulmus laevis*, *U. minor*), дубы черешчатый и скальный (*Quercus robur*, *Q. petraea*), клены платановидный, полевой и татарский (*Acer platanoides*, *A. campestre*, *A. tataricum*), ясень высокий (*Fraxinus excelsior*). Среди кустарников присутствовали можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*), крушина ломкая (*Frangula alnus*), ива

(*Salix sp.*) и др. Как и в предыдущей фазе, на западе региона произрастал плющ обыкновенный (*Hedera helix*), который в это время отмечался также и в центральной части региона. Ольха по-прежнему имела широкое распространение.

Характерно заметное возрастание роли ели европейской (*Picea abies*) по сравнению с предыдущей фазой, а также присутствие в составе лесов на западе региона редкой примеси пихты белой (*Abies alba*), как и в центральной части исследуемой территории, в отличие от восточных районов, где пихта отсутствовала.

В результате выполненной реконструкции для фазы **mr 6** на территории западной и центральной частей Центральной Беларуси получены следующие диапазоны летних и зимних палеотемператур: $t^{\circ}_{VII} = +17^{\circ}\dots+20,5^{\circ}\text{C}$ ($+18,75^{\circ}\text{C}$), $t^{\circ}_I = -4^{\circ}\dots+0,5^{\circ}\text{C}$ ($-1,75^{\circ}\text{C}$) (рис. 7А). Для восточной части региона получены такие же летние, но несколько более низкие зимние палеотемпературы: $t^{\circ}_I = -5^{\circ}\dots+0,5^{\circ}\text{C}$ ($-2,25^{\circ}\text{C}$) (рис. 7Б).

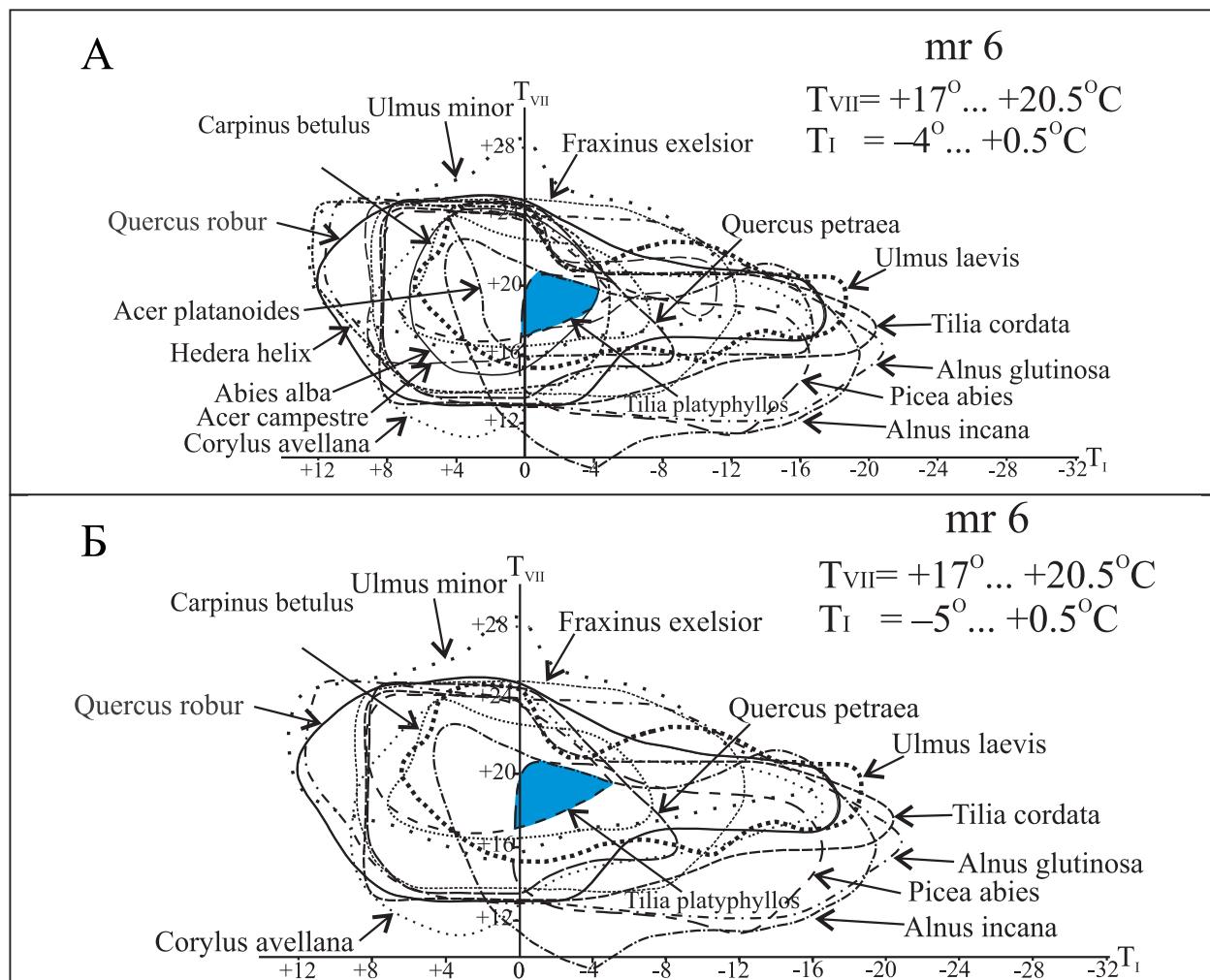


Рисунок 7 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы mr 6 муравинского межледникового на территории западной и центральной (А), восточной (Б) частей Центральной Беларуси

mr 7 *Carpinus – Picea* – Беларусь

mr 7 *Carpinus – Picea* (+ *Abies* + *Hedera*) – западная и центральная части Центральной Беларуси

mr 7 – *Carpinus – Picea* – восточная часть Центральной Беларуси

Состав спектров данных зон характеризуется дальнейшим снижением количества пыльцы большей части термофильных пород (*Corylus*, *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Fraxinus* и др.). В то же время содержание пыльцы *Carpinus* (*Carpinus betulus*, изредка *C. orientalis*) остается очень высоким в пределах всей территории исследований (до 72–80,5% в разрезах Княжеводцы и Понемунь в западных районах, до 78,6% в разрезе Долгое в центральной части региона, до 72,4% – в разрезе Гребенево в восточной).

Характерно существенное возрастание значения пыльцы *Picea abies* (до 40% в западном разрезе Понемунь, до 42 и 57,5% в разрезах Уручье и Каравчевщина в центральной части региона, но лишь до 20–22% в разрезах Азаричи и Полна – в восточной). В северном разрезе Черный Берег пыльца *Picea* существует в количестве до 76%. Все эти значения заметно выше, чем в разрезах Белорусского Полесья (до 2,5–5,8%), где участие *Picea* является минимальным для территории Беларуси [41; 42]. Содержание пыльцы *Pinus sylvestris* постепенно возрастает и в верхней части зоны достигает 44–75%. Количество пыльцы *Corylus* еще более снижается, но остается существенным (до 24% в западных разрезах Комотово и Богатыревичи, до 20% в разрезе Петровщина в центральной части региона, до 20,5% в разрезе Гребенево в восточной части).

В разрезах западной и центральной частей региона в отличие от восточной представлена пыльца *Abies alba* и *Hedera helix*. Среди пыльцы кустарников в разрезах всей территории исследований встречаются *Juniperus communis*, *Salix* sp., *Frangula alnus* и др. По-прежнему в значительном количестве присутствуют *Alnus glutinosa* и *A. incana*.

Фаза муравинского межледникова **mr 7.**

В это время на территории западной и центральной частей Центральной Беларуси были распространены широколиственные грабовые и грабово-еловые леса, а в восточной части – преимущественно грабовые и елово-грабовые леса с заметно сократившимся участием таких термофильных пород, как лещина обыкновенная (*Corylus avellana*), липа сердцевидная (*Tilia cordata*), дуб черешчатый (*Quercus robur*), вяз гладкий (*Ulmus laevis*), клен платановидный (*Acer platanoides*), полевой (*A. campestre*) и татарский (*A. tataricum*), ясень высокий (*Fraxinus excelsior*). Роль граба (граб обыкновенный (*Carpinus betulus*), граб восточный (*C. orientalis*)) в лесах того времени

была очень существенной. Участие лещины сократилось, однако она все еще занимала значительное место в лесных ассоциациях на всей территории исследований.

Ель европейская (*Picea abies*) имела широкое распространение особенно в западной и центральной частях региона исследований по сравнению с восточными районами. Ее роль в лесных сообществах была более значимой, чем на территории Белорусского Полесья, но меньшей, чем в северной части Беларуси, где она была главной лесообразующей породой. Значение сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) на протяжении данной фазы постепенно возрастало. В лесах встречались пихта белая (*Abies alba*) и плющ обыкновенный (*Hedera helix*), которые входили в состав лесной растительности всей западной Беларуси и изредка – центральной части Беларуси в отличие от восточной, где они не произрастали.

Среди кустарников встречались можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*), ива (*Salix* sp.), крушина ломкая (*Frangula alnus*) и др. Ольшаники (*Alnus glutinosa*, реже *A. incana*) по-прежнему имели широкое распространение.

Для западной и центральной частей региона диапазоны палеотемператур для фазы **mr 7** получены такие же, как и для предыдущей фазы **mr 6**: $t_{\text{VII}}^{\circ} = +17^{\circ}\dots+20,5^{\circ}\text{C}$ ($+18,75^{\circ}\text{C}$), $t_{\text{I}}^{\circ} = -4^{\circ}\dots+0,5^{\circ}\text{C}$ ($-1,75^{\circ}\text{C}$) (рис. 7А). Для восточной части региона, как и в фазе 6, получены лишь несколько более низкие зимние палеотемпературы: $t_{\text{I}}^{\circ} = -5^{\circ}\dots+0,5^{\circ}\text{C}$ ($-2,25^{\circ}\text{C}$) (рис. 7Б).

mr 8 *Picea – Pinus* – Беларусь

mr 8 *Picea – Pinus* – *Carpinus* – Центральная Беларусь

В составе спектров данных пыльцевых зон доминирует пыльца хвойных пород *Picea abies* и *Pinus sylvestris*, причем в разрезах западной части Центральной Беларуси содержание *Picea* достигает максимума: до 74,3% (разрез Понемунь), несколько ниже количество этой пыльцы в разрезах центральной части региона – до 61% в разрезе Кузевичи и еще ниже – в разрезах восточной части – до 41 и 47,8% (разрезы Полна и Черноосово). Самое высокое содержание *Picea* отмечено в разрезе Черный Берег (до 81%), а самое низкое – в разрезах на территории Белорусского Полесья (6,5% в разрезе Светлогорск, 8% в разрезе Кулаки, 13,5% в разрезе Полуботки [27]).

Пыльца *Pinus sylvestris*, как и на всей территории Беларуси, содержится в значительном количестве: до 70–95% в разрезах Богатыревичи и Комотово на западе Центральной Беларуси, до 75,5–81,5% в разре-

зах Кузевичи и Каравецина в центральной части региона. Эти показатели несколько выше, чем в восточной части территории исследований (до 62–65% в разрезах Полна и Мурава (расчистка Чертов Куст)). Максимальные значения *Pinus sylvestris* указаны в разрезах восточной части Белорусского Полесья (до 90% в разрезе Дорошевичи, до 98,2% в разрезе Светлогорск). В западных разрезах региона исследований отмечено единичное присутствие пыльцы *Abies alba* и *Larix* sp.

Количество пыльцы термофильных пород в спектрах сокращается до минимума, в несколько большем числе представлена пыльца *Carpinus* (до 12% в разрезе Комотово, до 17% в разрезе Богатыревичи-2, до 23,6% в разрезе Понемунь). Эти значения выше, чем в разрезах центральной части региона (до 11% в разрезе Кузевичи), но несколько ниже, чем восточной (до 28% в разрезе Гребенево, до 30,7% в разрезе Полна). В разрезе Черный Берег отмечено лишь до 7% пыльцы *Carpinus*, а на территории Белорусского Полесья указано минимальное содержание этой пыльцы (Светлогорск и Дорошевичи – до 3,5%). Участие пыльцы *Corylus* в целом незначительно и лишь в разрезах на территории восточной части региона достигает 13% (разрез Гребенево). Роль пыльцы *Alnus* заметно снижается.

В фазе муравинского межледникова **mr 8** на территории Центральной Беларуси были распространены хвойные еловые, сосново-еловые, еловососновые, а также широколиственно-хвойные леса, в которых заметную роль играл граб обыкновенный (*Carpinus betulus*); роль последнего в центральной части региона была наименьшей по сравнению с западной и восточной. Доминирующими породами были ель европейская (*Picea abies*) и со-

сна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). Ель в это время получила здесь максимальное распространение в сравнении с другими фазами межледникова. Ее участие в западных районах территории исследований было более значительным, чем в центральных и особенно восточных. Лишь в северной части Беларуси в это время господствовали еловые леса. Наименьшее значение ель имела на территории Белорусского Полесья.

Участие граба обыкновенного (*Carpinus betulus*) в составе лесной растительности всей Центральной Беларуси сократилось, однако оставалось довольно существенным особенно на востоке региона. Наименьшее участие граб принимал в составе лесных ассоциаций в центральной части территории исследований. Грабу сопутствовали лещина обыкновенная (*Corylus avellana*), реже липа сердцевидная (*Tilia cordata*). Количество других термофильных пород (дуба, вяза) сократилось до минимума. Бересика присутствовала лишь в виде очень незначительной примеси. Ольшаники имели заметно меньшее распространение, чем в предыдущей фазе.

Изменения, произошедшие в составе лесной растительности, свидетельствуют о дальнейшем снижении теплообеспеченности территории. Для рассмотренного промежутка времени для территории Центральной Беларуси получены несколько более низкие показатели палеотемператур, чем для предыдущей фазы: $t^o_{VII} = +16,5\dots+20,5^oC$ ($+18,5^oC$), $t^o_1 = -7\dots+0,5^oC$ ($-3,5^oC$) (рис. 8), то есть средняя июльская температура на $0,5^oC$ превышала среднюю современную температуру июля в западной части территории исследований; средняя январская ($-3,5^oC$) также была выше современной примерно на $0,5^oC$ [10].

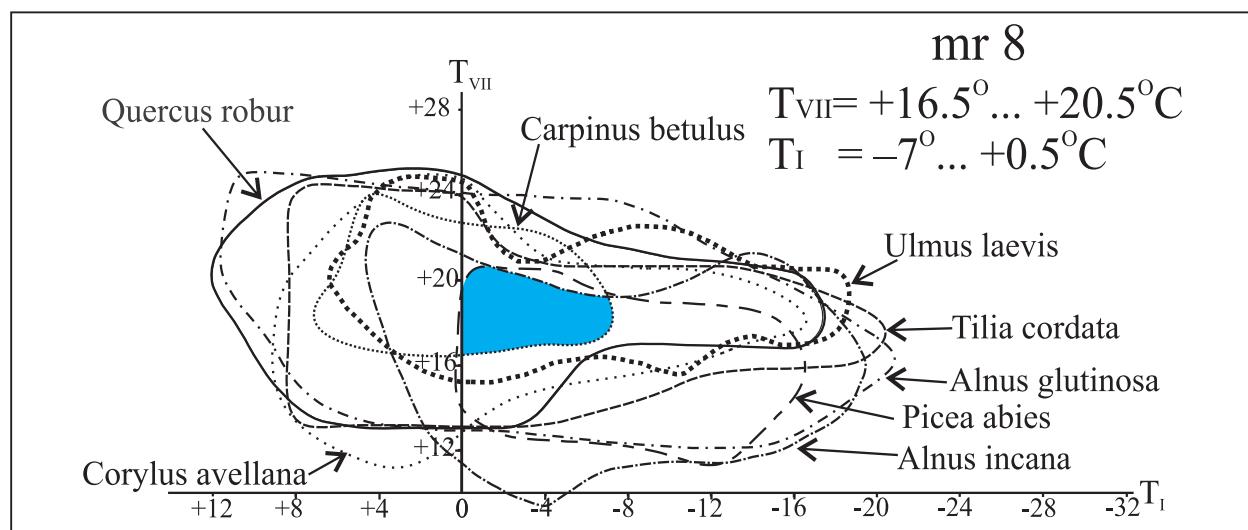


Рисунок 8 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы mr 8 муравинского межледникова на территории Центральной Беларуси

mr 9 *Pinus* – Беларусь

mr 9 *Pinus* – Центральная Беларусь

В разрезах на территории Центральной Беларуси, как и всей Беларуси, в составе пыльцевых спектров преобладает пыльца хвойных пород, в основном *Pinus sylvestris* (до 90% в Комотово, до 99% в Уручье, до 80% в Азаричах). Пыльца *Picea abies* примерно в равном количестве присутствует в разрезах западной (до 10% в разрезе Комотово, до 15% в разрезе Понемунь) и центральной (до 11,5% в разрезе Кузевичи) частей региона. Эти значения несколько выше, чем в разрезах его восточной части (до 2–3% в разрезах Азаричи, Черносово, Гребенево), а также расположенных на территории Белорусского Полесья. Следует отметить единичное присутствие пыльцевых зерен *Larix* sp. Пыльца *Betula* и *Alnus* содержится в незначительном числе. В разрезах всей территории исследований отмечается небольшое возрастание количества пыльцы травянистых растений.

Фаза mr 9 муравинского межледникова. В заключительной фазе муравинского межледникова на территории Центральной Беларуси произрастали хвойные леса из сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) с примесью ели европейской (*Picea abies*). Участие ели в лесах западной и центральной частей региона было сходным, но более существенным, чем в восточной части. Небольшую примесь составляли береза пушистая и бородавчатая (*Betula pubescens*, *B. pendula*), лиственница (*Larix* sp.), ольха черная (*Alnus glutinosa*) и серая (*A. incana*). Характерно небольшое расширение участков, занятых травянистой растительностью, свидетельствующее о постепенной деградации лесов и прогрессирующем похолодании климата.

Для всей территории Центральной Беларуси данной фазе соответствовали такие диапазоны палеотемператур: $t_{VII}^o = +11,5\dots+20,5^\circ\text{C}$ ($+16^\circ\text{C}$), $t_I^o = 0\dots-16^\circ\text{C}$ (-8°C) (рис. 9).

Динамика температурных параметров на территории западной, центральной и восточной частей Центральной Беларуси на протяжении последовательных фаз развития растительности муравинского межледникова плейстоцена представлена на рис. 10.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детальный анализ палинологических данных по 27 наиболее представительным геологическим разрезам муравинских межледниковых отложений, расположенным в пределах Центральной Беларуси, позволил выполнить их палиностратиграфическое расчленение на локальные пыльцевые зоны и сопоставить с региональными зонами, характеризующими муравинские отложения в целом на территории Беларуси.

Полученные данные показали наличие несомненных различий в направлении с запада на восток, как в отношении состава палинофлоры, так и количественного участия некоторых ее компонентов. Сравнительный анализ с соответствующими данными по соседним регионам позволил предложить палиностратиграфические схемы муравинских отложений для западной, центральной и восточной частей территории Центральной Беларуси, которые уточняют региональную палиностратиграфическую схему муравинских межледниковых отложений Беларуси.

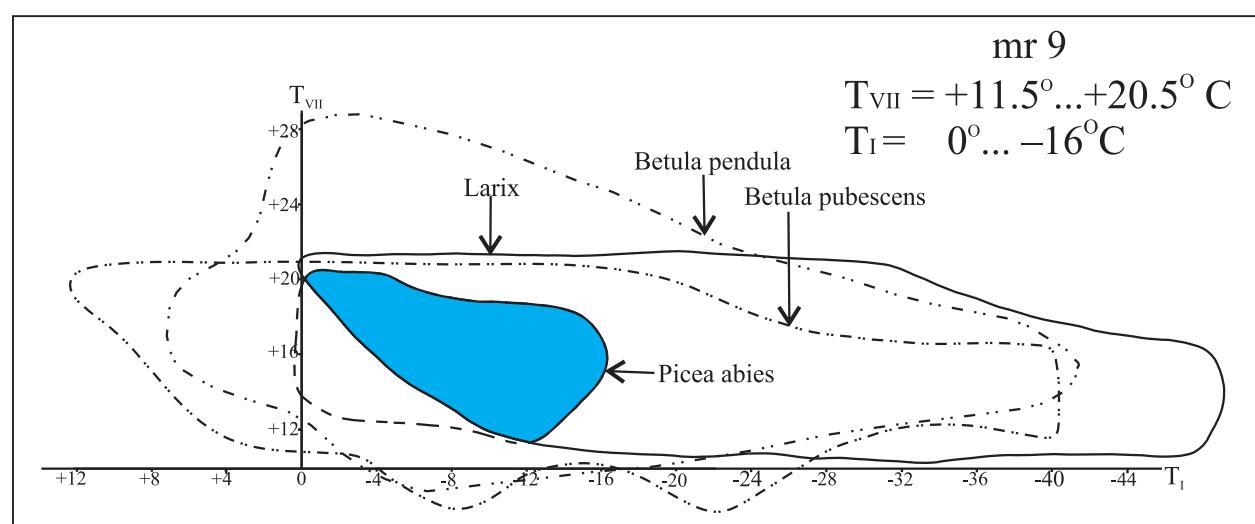


Рисунок 9 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы mr 9 *Pinus* муравинского межледникова на территории Центральной Беларусь

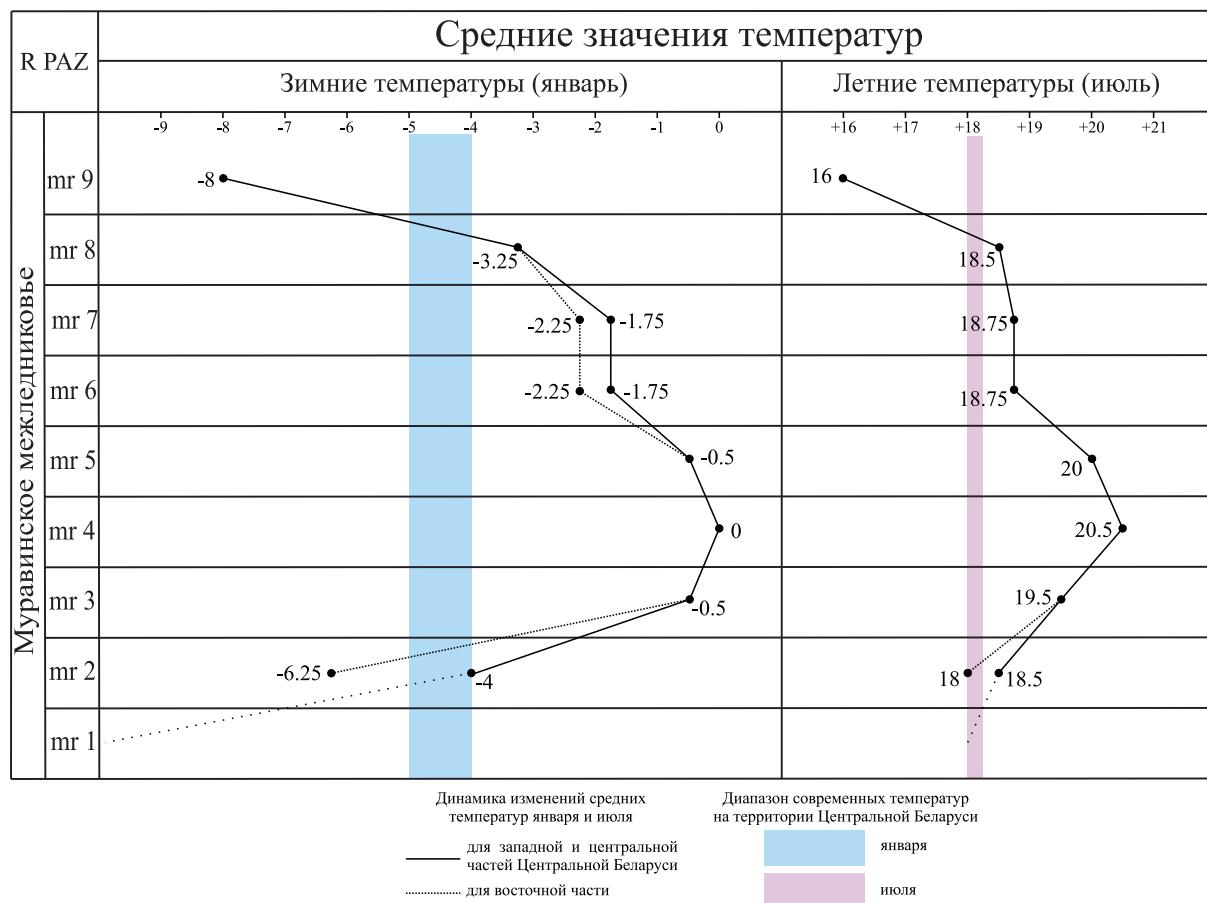


Рисунок 10 – Динамика палеотемпературных показателей на протяжении муравинского межледникового плейстоцена на территории западной, центральной и восточной частей Центральной Беларуси

На основании данных о составе спектров пыльцевых зон, представленных в изученных геологических разрезах, для каждой части региона дана характеристика 9 фаз развития растительности на протяжении муравинского межледникового. Несмотря на значительное сходство в пределах всей территории исследований выявлены некоторые их региональные особенности.

Для всей территории Центральной Беларуси в начале межледникового было характерно меньшее участие в лесных ассоциациях ели сибирской, чем в северных районах, а минимальное участие в составе лесов этого времени ель сибирская принимала на территории Белорусского Полесья. В первой фазе межледникового на западе территории Центральной Беларуси, как и на территории западного Полесья, в виде примеси уже появились вяз и дуб, которые в других районах отмечались единично или отсутствовали. С потеплением климата роль этих пород возрастила, оставаясь более существенной в западных районах Беларуси.

В начале климатического оптимума дуб имел максимальное распространение на всей территории, причем его роль в лесных сообществах

Центральной Беларуси была несколько меньшей, чем на территории Белорусского Полесья, а минимальное участие в составе лесов дуб принимал в северных районах Беларуси. Вяз имел большее распространение на западе исследуемого региона, оно сокращалось в восточном направлении. В это время липа несомненно произрастала в центральной части региона, а в западной и восточной не имела существенного значения. Присутствие бирючины и плюща выявлено только в западных районах.

В самой теплой фазе климатического оптимума широколиственные лещиновые и дубово-лещиновые леса со значительным участием вяза, липы, реже ясеня, клена и других пород произрастали на всей территории исследований. Роль граба обыкновенного, который появился в лесах в это время, была незначительной по сравнению с территорией Белорусского Полесья, где он принимал большее участие в лесных фитоценозах. Вяз имел максимальное распространение в западных районах территории исследований, а роль дуба возрастала в восточном направлении и была наиболее существенной в восточной части Белорусского Полесья. Бирючина и плющ входили в состав лесной расти-

тельности только западных районов Центральной Беларуси.

Во второй половине климатического оптимума на территории Центральной Беларуси были распространены липовые и липово-лещиново-грабовые леса с примесью дуба, ясения, вяза, клена и других, а затем грабовые, елово-грабовые и грабово-еловые леса. Участие липы в составе лесов на всей территории исследований было более существенным, чем в районах Белорусского Полесья. В западной и центральной частях региона в отличие от восточной в составе лесных сообществ изредка присутствовали пихта и плющ.

Следует отметить, что плющ обыкновенный входил в состав фитоценозов западной части Центральной Беларуси на протяжении всех фаз климатического оптимума межледниковых (mr 3 – mr 7), еще ранее он появился в юго-западных районах Белорусского Полесья (mr 2). В центральной части региона он произрастал только в заключительные фазы климатического оптимума (mr 6 – mr 7), а в восточной отсутствовал.

В постоптимальные фазы межледниковых на территории исследований произрастали еловые и сосново-еловые леса с грабом и небольшим участием других термофильных пород в западной и центральной частях региона. Присутствие в них ели европейской было наиболее значительным на западе по сравнению с центральными и особенно восточными районами. Завершающая фаза межледниковых характеризовалась распространением сосновых лесов с участием ели европейской и небольшой примесью лиственницы и березы.

Палеотемпературные показатели на протяжении межледниковых, как видно из приведенных данных, в западной и центральной частях территории исследований несмотря на некоторые отличия в составе флоры и характере растительности были

практически одинаковыми. Что касается восточной части региона, то для этой территории получены несколько более низкие показатели июльских и январских температур для начала межледниковых (фаза mr 2) и заметно более низкие показатели январских температур для заключительных фаз климатического оптимума (фазы mr 6 – mr 7). На всей территории Центральной Беларуси отклонения зимних температур от современных были намного существеннее, чем летних.

Регулярное участие в лесных сообществах западной, реже – центральной частей территории исследований, дуба пушистого, липы серебристой, плюща обыкновенного, пихты белой и других растений, требовательных к климатическим условиям, прежде всего к зимним температурам, отражало более заметное влияние океанического климата по сравнению с восточными районами Беларуси.

Полученные данные об общих закономерностях и региональных особенностях развития растительности, а также климатических изменениях на протяжении муравинского межледникового в Центральной Беларуси расширяют представления об эволюции природной среды на территории страны в позднем плейстоцене. Поскольку оптимумы межледниковых по своим климатическим параметрам могли быть вполне сопоставимы с глобальной температурой, ожидаемой в нынешнем веке, эти данные следует учитывать при ландшафтно-климатических реконструкциях и прогнозной оценке состояния окружающей среды как при естественном природном процессе в сторону похолодания, так и в условиях глобального потепления климата, в том числе для прогноза возможных вариантов развития растительности и особенностей распространения отдельных лесообразующих пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисова, О. К. Палеофлористический метод / О. К. Борисова, Э. М. Зеликсон // Климаты и ландшафты Северной Евразии в условиях глобального потепления. Ретроспективный анализ и сценарии. – Москва : ГЕОС, 2010. – Вып. 3. – С. 34–42.
2. Вальчик, М. А. К палеогеографии Минской возвышенности в неоплейстоцене / М. А. Вальчик, Я. К. Еловичева // Геология и гидрogeология кайнозоя Беларуси : сб. ст. – Минск : Наука и техника, 1985. – С. 120–128.
3. Вальчик, М. А. К палеогеографии окрестностей Гродно во время формирования горницеckой аллювиальной свиты / М. А. Вальчик, Т. Б. Рылова, Г. К. Хурсевич // Материалы VI научной конференции молодых геологов Белоруссии : сб. ст. – Минск : БелНИГРИ, 1976. – С. 12–14.
4. Вальчик, М. А. Новый разрез муравинских аллювиальных отложений в долине Немана / М. А. Вальчик, В. Л. Шалабода // Материалы VI научной конференции молодых геологов Белоруссии : сб. ст. – Минск : БелНИГРИ, 1976. – С. 15–17.
5. Вальчик, М. А. Новый разрез муравинских аллювиальных отложений в долине Немана / М. А. Вальчик, В. Л. Шалабода // Докл. АН БССР. – 1977. – Т. 21, № 1. – С. 59–62.

6. Вальчик, М. А. Опорный разрез муравинско-нижневалдайской аллювиальной толщи в долине р. Березины / М. А. Вальчик, В. М. Феденя, И. Е. Красавина // Докл. АН БССР. – 1989. – Т. 33, № 7. – С. 649–652.
7. Вальчик, М. А. Строение аллювиальных отложений в обнажении Жукевичи на р. Горница / М. А. Вальчик // Геология и geoхимия антропогена Белоруссии : сб. науч. тр. / под ред. В. А. Кузнецова. – Минск : Наука и техника, 1974. – С. 49–53.
8. Величкевич, Ф. Ю. Плейстоценовые флоры ледниковых областей Восточно-Европейской равнины / Ф. Ю. Величкевич. – Минск : Наука и техника, 1982. – 239 с.
9. Вознячук, Л. Н. Отложения последнего межледникового на территории Беларусь / Л. Н. Вознячук // Материалы по антропогену Беларусь : сб. ст. – Минск : АН БССР, 1961. – С. 159–217.
10. Географический атлас учителя: пособие для учителей учреждений общего среднего образования / Л. В. Компанец [и др.]. – Минск : Белкартография, 2017. – 392 с.
11. Гричук, В. П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене / В. П. Гричук. – Москва : Наука, 1989. – 181 с.
12. Гричук, В. П. Реконструкция климатических показателей раннего кайнозоя по палеофлористическим данным / В. П. Гричук, Э. М. Зеликсон, О. К. Борисова // Климаты Земли в геологическом прошлом : сб. ст. – Москва : Наука, 1987. – С. 69–77.
13. Даўна Нёмана ў раёне Гродзенскага ўзвышша. Жукевічы – апорны разрез верхнедняпроўска-муравінскіх адкладаў Беларусі / А. Ф. Санько [і інш.] // Проблемы палеагеаграфіі позняга плейстацэну і галацэну : мат. бел.-польск. семінара, Гродна, 26–29 верасня 2000 г. – Мінск, 2000. – С. 117–122.
14. Еловичева, Я. К. Геология, палеонтология и геохронология памятника природы – разреза Заславль / Я. К. Еловичева, А. Ф. Санько, Е. Н. Дрозд // Четвертичная геология, геоморфология, геоэкология Беларусь и со-предельных территорий : материалы междунар. науч. семинара, посвящ. 80-летию со дня рожд. Л. Н. Вознячука. – Минск : Право и экономика, 2009. – С. 133–139.
15. Еловичева, Я. К. Заславль – опорный разрез муравинского межледникового Беларусь / Я. К. Еловичева, Е. Н. Дрозд ; БГУ. – Минск, 2005. – 81 с. – Деп. в ГУ «БелІСА» 24.08.2005, № Д200558.
16. Еловичева, Я. К. Новые данные по стратотипу муравинского межледникового Беларусь / Я. К. Еловичева, А. Ф. Санько // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. Г. В. Богомолова, Минск, 1–3 июня 2005 г. : в 2 т. – Минск : ИГиГ НАН Беларусь, 2005. – Т. 2. – С. 240–242.
17. Еловичева, Я. К. Разрез муравинских межледниковых отложений у Черикова / Я. К. Еловичева // Вопросы геологии, геохимии и геофизики земной коры Белоруссии : материалы 1-й науч. конф. молодых ученых, Минск, 12–13 мая 1974 г. – Минск : Наука и техника, 1975. – С. 133–137.
18. Зеликсон, Э. М. О палеогеографической интерпретации спорово-пыльцевых спектров с большим содержанием пыльцы орешника / Э. М. Зеликсон // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1983. – № 2. – С. 102–112.
19. Карабанаў, А. К. Даўна Нёмана ў раёне Гродзенскага ўзвышша. Разрез Панемунь / А. К. Карабанаў, Т. Б. Рылова, С. В. Дзямідава // Проблемы палеагеаграфіі позняга плейстацэну і галацэну: матэрыялы бел.-польск. семінара, Гродна, 26–29 верасня 2000 г. – Мінск, 2000. – С. 108–115.
20. Карабанов, А. К. Первая находка остатков ископаемого слона рода *Palaeoloxodon* Matsumoto на территории Беларусь / А. К. Карабанов, А. Н. Мотузко, А. Д. Писаненко // Доклады НАН Беларусь. – 2007. – Т. 51, № 4. – С. 109–114.
21. Количественные реконструкции климата Восточно-Европейской равнины за последние 450 тыс. лет / А. А. Величко [и др.] // Известия РАН. Сер. геогр. – 2004. – № 1. – С. 7–25.
22. Кондратене, О. П. Стратиграфия и палеогеография квартера Литвы по палеоботаническим данным / О. П. Кондратене. – Вильнюс : Academia, 1996. – 211 с.
23. Крыгер, М. И. Адорвень міжледавіковых дыятамітаў Панемунь II ля г. Гродна / М. И. Крыгер, И. А. Купцова, Л. В. Кур'єрава // Антрапаген Беларусь : зб. прац. – Мінск : Навука і тэхніка, 1971. – С. 45–52.
24. Ліцвінюк, Г. І. Княжаводцы / Г. І. Ліцвінюк, В. Л. Шалабода // Проблемы палеагеаграфіі позняга плейстацэну і галацэну : мат. бел.-польск. семінара, Гродна, 26–29 верасня 2000 г. – Мінск, 2000. – С. 130–133.
25. Логинова, Л. П. Палеогеография микулинских озер юга Минской области / Л. П. Логинова, Н. А. Махнач, В. Л. Шалабода // Палеогеография кайнозоя Белоруссии : сб. науч. тр. – Минск : Наука и техника, 1989. – С. 152–160.
26. Матвеев, А. В. Ландшафты западной части Белорусского Полесья в климатическом оптимуме муравинского межледникового / А. В. Матвеев, Т. Б. Рылова // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 83–94.

27. **Махнac, Н. А.** Этапы развития растительности Белоруссии в антропогене / Н. А. Махнac. – Минск : Наука и техника, 1971. – 211 с.
28. **Межрегиональная корреляция верхнеприпятских (Upper Wartanian), муравинских (Eemian) и нижнепоозерских (Lower Wistulian) пыльцевых зон Беларуси и Польши** / Т. Б. Рылова [и др.] // Літасфера. – 2008. – № 1 (28). – С. 64–75.
29. **Муравинское/мяркинское** межледниковые на приграничной территории Беларуси и Литвы / Т. Б. Рылова [и др.] // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 36–57.
30. **Нацыянальны атлас Рэспублікі Беларусь / Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савецце Міністэрства Рэспублікі Беларусь.** – Мінск : Белкартаграфія, 2002. – 292 с.
31. **Новые данные комплексного исследования отложений верхнего плейстоцена в разрезе Заславль** / А. К. Карабанов [и др.] // Актуальные проблемы наук о Земле. Геологические и географические исследования трансграничных регионов : сборник материалов Международного научно-практического семинара, Брест, 21–25 сент. 2015 г. – Брест : БрГУ, 2015. – С. 98–103.
32. **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.
33. **Паўлоўская, І. Э.** Позні плейстацэн на ўсходзе Беларусі / І. Э. Паўлоўская, Т. В. Якубоўская, І. Я. Саўчанка // Літасфера. – 2004. – № 1 (20). – С. 22–34.
34. **Природные условия микулинского (эемского) межледниковых в Центральной и Восточной Европе. Сравнительный анализ** / А. А. Величко [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2004. – № 6. – С. 41–57.
35. **Растительность и климат территории Беларуси и Польши в позднеприпятское (поздняя одра), муравинское (эем) и раннепоозерское (ранний вистулиан) время** / Т. Б. Рылова [и др.] // Літасфера. – 2013. – № 2 (39). – С. 3–23.
36. **Рылова, Т. Б.** Ландшафты восточной части Белорусского Полесья в климатическом оптимуме муравинского межледниковых / Т. Б. Рылова, А. В. Матвеев, А. В. Шидловская // Природопользование. – 2020. – № 2. – С. 64–76.
37. **Рылова, Т. Б.** О возрасте плейстоценовых отложений в разрезе Петровщина, г. Минск / Т. Б. Рылова, А. Ф. Санько, Е. В. Гурская // Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых : материалы VII Университетских геологических чтений, Минск, 4–6 апр. 2013 г. – Минск : БГУ, 2013. – С. 100–102.
38. **Рылова, Т. Б.** Палинологические данные к определению возраста отложений с фауной крупных млекопитающих в местонахождении Уручье, г. Минск / Т. Б. Рылова, И. Е. Савченко // Актуальные проблемы геологии Беларуси и смежных территорий : материалы Между. науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рожд. акад. НАН Беларуси А. С. Махнача, г. Минск, 9–10 дек. 2008 г. – Минск, 2008. – С. 253–257.
39. **Рылова, Т. Б.** Палинологические исследования новых разрезов муравинского межледниковых юго-востока Белоруссии / Т. Б. Рылова // Ботаника (исследования). – 1988. – Вып. 29. – С. 133–140.
40. **Рылова, Т. Б.** Развіццё вадаёмаў і расліннасці ваколіц Гродна на працягу муравінскага міжледавікоўя / Т. Б. Рылова, Г. К. Хурсевіч // Даследаванні антрапагену Беларусі : зб. прац. – Мінск : Навука і тэхніка, 1978. – С. 139–150.
41. **Рылова, Т. Б.** Растительность и климат территории западной части Белорусского Полесья в муравинское межледниковые / Т. Б. Рылова, И. Е. Савченко // Літасфера. – 2018. – № 2 (49). – С. 17–32.
42. **Рылова, Т. Б.** Растительность и климат территории восточной части Белорусского Полесья в муравинское межледниковые / Т. Б. Рылова // Літасфера. – 2020. – № 1 (52). – С. 89–104.
43. **Рылова, Т. Б.** Стратиграфия муравинских отложений территории северо-западной Беларуси и палеогеографические реконструкции по палеоботаническим данным / Т. Б. Рылова, С. В. Демидова, А. В. Шидловская // Літасфера. – 2020. – № 2 (53). – С. 50–68.
44. **Савченко, И. Е.** Биостратиграфическое расчленение муравинских и нижнепоозерских отложений плейстоцена на территории Беларуси по палинологическим данным / И. Е. Савченко, Т. Б. Рылова // Доклады НАН Беларуси. – 2001. – Т. 45, № 2. – С. 93–99.
45. **Санько, А. Ф.** Неоплейстоцен северо-восточной Белоруссии и смежных районов РСФСР / А. Ф. Санько. – Минск : Наука и техника, 1987. – 178 с.
46. **Санько, А. Ф.** Цэнтральнабярэзінская раўніна ў неаплейстацэне (па матэрыялах вывучэння св. ТЛ–62 Чарнавосава) / А. Ф. Санько, І. Я. Саўчанка, С. У. Дзямідава // Праблемы палеагеаграфіі позняга плейстацэну і галацэну : мат. бел.-польск. семінара, Гродна, 26–29 верасня 2000 г. – Мінск, 2000. – С. 83–85.
47. **Санько, А. Ф.** Четвертичные отложения Логойской астроблемы / А. Ф. Санько, Т. Б. Рылова, Г. И. Литвинюк // Четвертичная геология, геоморфология, геоэкология Беларуси и сопредельных территорий : материалы меж-

дунар. научн. семинара, посвяще. 80-летию со дня рожд. Л. Н. Вознячука. – Минск : Право и экономика, 2009. – С. 107–110.

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

49. *Стратиграфія* и некоторыя асаблівасці гісторы расліннасці Беларусі па матэрыялах вывучэння апорнага разрезу Карабоўшчына / Л. М. Вазнячук [і інш.] // Даследаванні антрапагену Беларусі : зб. прац. – Мінск : Навука і тэхніка, 1978. – С. 110–184.

50. *Флора* и растительность Белоруссии в палеогеновое, неогеновое и антропогеновое время / Н. А. Махнач [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1981. – 106 с.

51. *Хурсевич, Г. К. Биостратиграфия верхнего плейстоцена по опорным разрезам Юго-Восточной Беларуси* / Г. К. Хурсевич, Т. Б. Рылова, С. А. Феденя // *Літасфера*. – 1995. – № 2. – С. 57–67.

52. *Цапенко, М. М. Антропогенные отложения Белоруссии* / М. М. Цапенко, Н. А. Махнач. – Минск : АН БССР, 1959. – 225 с.

53. *Шалабода, В. Л. Палеобатанічна харкторыстыка муравінскіх адкладаў в. Пышкі ля Гродна* / В. Л. Шалабода, Т. В. Якубоўская // Даследаванні антрапагену Беларусі : зб. прац. – Мінск : Навука і тэхніка, 1978. – С. 150–157.

54. *Dyakowska, J. Interglacial w Ponemuniu pod Grodnem* / J. Dyakowska // *Starunia*. – 1936. – № 14. – Р. 1–11.

55. *Granoszewski, W. Late Pleistocene vegetation history and climatic changes at Horoszki Duże, Eastern Poland: a palaeobotanical study* / W. Granoszewski // *Acta Palaeobotanica*. – 2003. – Suppl. 4. – Р. 1–95.

56. *Karabanov, A. K. Geological objects of excursions. «Zaslavl» quarry* / A. K. Karabanov, Ya. K. Yelovicheva // Excursions Guide book «Quaternary deposits and neotectonics in the area of Pleistocene glaciations», Minsk, May 12–16, 1997. – Р. 15–18.

57. *Mamakowa, K. Late Middle Polish Glaciation, Eemian and Early Vistulian vegetation at Imbramowice near Wrocław and the pollen stratigraphy of this part of the Pleistocene in Poland* / K. Mamakowa // *Acta Palaeobotanica*. – 1989. – Vol. 29, № 1. – 229 p.

58. *Muravian (Eemian) sediments at Poniemun as a key to definition of the last glaciation limit and evolution of the Neman valley* / I. Pavlovskaya [et al.] // Excursion guide of Field Symposium on Quaternary Geology and Geodynamics in Belarus, Grodno – Minsk, May 20–25 2002. – Р. 39–45.

60. *Savchenko, I. Muravian (Eemian) and Early Poozerian (Early Weichselian) sequence at Azarichi section (Eastern Belarus)* / I. Savchenko, I. Pavlovskaya // *Acta Palaeobotanica*. – 1999. – Suppl. 2. – Р. 523–527.

61. *Shalaboda, V. L. Characteristic features of Muravian (Eemian) pollen succession from various regions of Belarus* / V. L. Shalaboda // *Acta Palaeobotanica*. – 2001. – № 41 (1). – Р. 27–41.

62. *Walanus, A. POLPAL program for counting pollen grains, diagrams plotting and numerical analysis* / A. Walanus, D. Nalepka // *Acta Palaeobotanica*. – 1999. – Suppl. 2. – Р. 57–67.

Статья поступила в редакцию 27.06.2022

Рецензент С.В. Демидова

**РЭГІЯНАЛЬНЫЯ АСАБЛІВАСЦІ ПАЛІНАСТРАЦІГРАФІ МУРАВІНСКІХ АДКЛАДАЎ,
МІЖЛЕДАВІКОВАЙ РАСЛІННАСЦІ І КЛІМАТУ НА ТЭРЫТОРЫІ ЦЭНТРАЛЬНАЙ
БЕЛАРУСІ**

Т.Б. Рылова, Г.В. Шидлоўская

Інстытут прыродакарыстання НАН Беларусі
вул. Ф. Скарыны, 10, 220076, Мінск, Беларусь
E-mail: rylova_tatyana18@mail.ru, anne.shidlovsk@gmail.com

Абагульнены паліналагічныя даныя па апорных разрэзах муравінскіх адкладаў верхняга плейстацэну на тэрыторыі Цэнтральнай Беларусі. Выяўленыя асаблівасці фларыстыгчнага складу і колькаснага ўдзелу кампанентаў спорава-пыльцевых спектраў у лакальных пыльцевых зонах вывучаных разрэзаў паслужылі асновай для ўдакладнення палінастратыграфічнай схемы муравінскіх адкладаў для заходняй, цэнтральнай і ўсходняй частак доследнай тэрыторыі, а таксама для выяўлення рэгіянальных асаблівасцей расліннасці і клімату.

**REGIONAL FEATURES OF THE MURAVIAN DEPOSITS, PALYNOSTRATIGRAPHY,
INTERGLACIAL VEGETATION AND CLIMATE ON THE TERRITORY OF CENTRAL
BELARUS**

T. Rylova, A. Shidlovskaya

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
10 F. Skaryna St, 220076, Minsk, Belarus
E-mail: rylova_tatyana18@mail.ru, anne.shidlovsk@gmail.com

Palynological data on the reference sections of the Muravian deposits (Upper Pleistocene) on the territory of Central Belarus have been summarized. The features of the floristic composition and the quantitative participation of the spore-pollen spectrum components in the local pollen zones of the studied sections served as the basis for clarifying the palynostratigraphic scheme of the Muravian deposits for the western, central, and eastern parts of the studied area, as well as for identifying regional features of vegetation and climate.

ГЕАЛОГІЯ

УДК 550.8.012

МИГРАЦИЯ НЕФТИ В ПУСТОТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ГОРНЫХ ПОРОД: ЛАТЕРАЛЬНАЯ ИЛИ ВОСХОДЯЩАЯ

И.Р. Захария

Государственное предприятие «НПЩ по геологии»

Филиал «Институт геологии»

ул. Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь

E-mail: ramzes0409@gmail.com

В формировании природных скоплений нефти (залежей, месторождений) весьма важную, определяющую роль играет миграция нефтяных углеводородов в земной коре. Процесс миграции в недрах недостаточно изучен для однозначных выводов о ее роли в образовании скоплений. Обосновано, что на процесс массопереноса флюидов в пустотном пространстве реальных горных пород особо сильное влияние оказывают признаки, определяющие взаимодействие фаз и самих флюидов: это энергетические свойства фаз и дисперсность породы. Детально рассмотрен процесс сорбции нефти, газов и воды на поверхности пустот породы. Показано преимущество смачиваемости и обратимость процесса физической адсорбции. Сделаны выводы о том, что основная сила, препятствующая движению нефти в пустотном пространстве горных пород – это сила межмолекулярного взаимодействия двух фаз, и о невозможности латеральной миграции нефти на сколько-нибудь значимые расстояния.

ВВЕДЕНИЕ

Успешность геологоразведочных работ (ГРР) на нефть и газ всегда определялась состоянием научных разработок по вопросам происхождения, миграции и аккумуляции в залежи [20]. Эффективность поисков тем значительнее, чем большие успехи достигнуты в разработке теорий генезиса углеводородов (УВ) и их миграции. Но реалии таковы, что средние коэффициенты успешности поискового бурения много лет остаются на уровне 20%. В последние десятилетия нет видимых успехов нефтегазовой геологии, как и в геологии в целом: стагнация, о которой писал еще известный геолог и философ И.П. Шарапов (1989), продолжается по причине недостаточного внимания к теоретическому знанию в геологии и открытию и формулированию законов геологической науки [33].

В нефтегазовой геологии, как нам видится, причины застоя кроются и в необходимости следования правильности применения понятий, определений, терминов (следовательно, и понимания?): явные гипотезы иногда возводятся в ранг теорий.

Эта ошибка особенно губительна в отношении самого важного вопроса нефтегазовой геологии – вопроса происхождения нефти. К понятию теории есть четкие требования: каждая теория* должна объективно отражать действительность и отвечать требованиям полноты, непротиворечивости, новизны, доказуемости, **фактоустойчивости**, простоты и эффективности [33].

Если рассмотреть в свете этих требований объяснения происхождения нефти с позиций биогенных, то объективно видно, что большинству вышеперечисленных требований эти объяснения не удовлетворяют. Следовательно, это еще не теория, а одна из гипотез, истинность которой нужно доказать для перехода ее в ранг теории. Поэтому необходимо искать разумные объяснения всем фактам, формулировать законы и формировать теорию нафтигенеза. Аналогично и abiогенное

* Теория – это достаточно полная, внутренне непротиворечивая система новых (для времени своего появления), логически истинных идей вообще и номологических высказываний в особенности, причем система, имеющая описательную, номологически-объяснительную, эвристическую, экстраполяционную, практическую и эротематическую способности.

объяснение происхождения нефти еще не достигло стройности теоретического знания и находится в ранге гипотезы.

Обоснованное решение вопроса о возможности латеральной миграции и ее долевом вкладе в объемы перемещающихся пластовых флюидов в недрах могло бы оказаться ключевым как в извечном споре о генезисе нефти, так и отсюда вытекающей стратегии поисков. А выбор правильной стратегии – очень даже мощный экономический фактор, который позволит существенно повысить успешность ГРР на нефть и газ, которая, несмотря на сегодняшние всеохватывающие успехи научно-технического прогресса, почему-то никак не растет. И.П. Шарапов говорил, что геология – еще не наука, а пока еще «дисциплина описательная», так как наука должна базироваться на четких законах, коих в геологии практически нет [33]. Вопросы миграции, как и тесно связанные с ними (но редко увязываемые в едином рассмотрении) вопросы движения и взаимодействия пластовых флюидов в пустотном пространстве горных пород (не только фильтрации, так как в реальных средах далеко не все просто фильтруется), явно недостаточно научно разработаны, обоснованы для реального переноса знания механизма на ГРР. А научное обоснование поисков и разведки нефти и природного газа немыслимо без отчетливого представления о процессах миграции [6].

ПРОЦЕСС ДВИЖЕНИЯ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ В ПУСТОТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Что же подразумевается под понятием «миграция нефти»? По логике вещей, это процесс перемещения, движения нефти в пустотном пространстве (ПП) горных пород по системе пустот – пор, каверн, трещин, разломов от места ее образования (места рождения) до места аккумуляции – скопления, залежи (отсюда термин «месторождение» по отношению к скоплениям УВ, как и ряда других полезных ископаемых, некорректен). При миграции нефти происходит сложное взаимодействие с минеральным скелетом горных пород и с другими пластовыми флюидами в ПП.

Процесс движения флюидов в горной породе, в том числе и нефти, определяется целым рядом признаков (показателей), характеризующих породы и флюиды:

- строением пустотного пространства;
- размерами пустот;
- дисперсностью;

- минеральным составом скелета и энергетической характеристикой его поверхности;
- пустотностью;
- проницаемостью;
- удельной поверхностью;
- величиной смачиваемости поверхности пустот;
- величинами водо-, нефте- и газонасыщенности;
- характеристиками и свойствами нефти, газа, воды (реологическими, энергетическими, сольватантными);
- пластовыми давлением, температурой и градиентами давления в рассматриваемом пространстве;
- гидродинамическим режимом пластовых систем (гидрогеологический этаж и зона водообмена), степенью закрытости системы.

Определение приоритета и степени влияния каждого «причастного» к процессу признака, показателя должно помочь в раскрытии тайн не только аккумуляции нефти и образования скоплений, но и ее генерации.

Все перечисленные признаки можно разделить на признаки, относящиеся к строению и свойствам пустотного пространства – вместелища флюидов; к количеству, соотношению и свойствам пластовых флюидов; к гидродинамическим и термобарическим параметрам системы. Особый же интерес, особо сильное влияние собственно на процесс массопереноса флюидов в пустотном пространстве реальных горных пород оказывают признаки, определяющие взаимодействие фаз и самих флюидов, в частности это энергетические свойства фаз.

Всякий процесс имеет свои движущие силы и факторы, благоприятствующие процессу и/или препятствующие. Первейший фактор, побуждающий движение нефти в пустотном пространстве горных пород – присутствие нескольких флюидов разной плотности, отсюда и первая, и самая существенная, движущая сила – разность плотностей нефти и воды, или Архимедова сила, то есть сила всплытия более легкой фазы. Направлена она в соответствии с законом всемирного тяготения вертикально вверх. Влияют и другие силы, действуют и другие факторы (рассмотрены ниже), но их влияние в статике (вне рассмотрения динамических процессов) на порядки меньше.

Процесс перемещения, движения пластовых флюидов в пустотном пространстве горных пород может происходить в разных режимах в зависимости от действующих на пластовую систему факторов, их интенсивности и направленности.

Это динамический режим фильтрации и режимы медленных потоков, названные в литературе файлюацией [2].

Нами ранее [15] было обосновано, что в основном движение пластовых флюидов в недрах (на нижних гидрогеологических этажах) происходит при перепадах давлений, недостаточных для великкомасштабной (напорной) фильтрации, и основная форма движения здесь – молекулярный массоперенос: *формирование осадочных толщ на этапе погружения земной коры сопровождается изоляцией пластовых гидравлических систем.*

Сравнение действующих градиентов напора по латерали с реальными значениями начального градиента фильтрации показывает, что сквозного латерального потока подземных вод из области питания к областям разгрузки по механизму фильтрации практически не наблюдается. Расход фильтрационного потока так мал, что по сравнению с расходом по механизму файлюации его величиной можно пренебречь без существенного ущерба для точности расчетов [1; 3]. Кроме того, в работе [2] А. Арье убедительно доказывает, что и в латеральном, и в вертикальном направлении флюидообмен реализуется в режиме файлюации, но скорость файлюационного потока по латерали составляет не более 10^{-6} его скорости по вертикали; градиент напора в такой гидродинамической системе направлен снизу вверх. То есть *миграция поровых флюидов может реализовываться только в вертикальном направлении.*

Сторонники неорганической гипотезы происхождения нефти на миграции особо не акцентируют внимание, так как здесь все ясно: заполнение ловушек происходит из глубинных источников по ослабленным зонам (зонам тектонической трещиноватости, активным разломам в земной коре) в четком соответствии с законами гидродинамики и учетом термодинамики. А вот у сторонников биогенной гипотезы нет такой четкости и стройности объяснения процесса образования скоплений, поэтому иногда они делают фантастические предположения. Например, утверждают о латеральной дальней миграции нефти из глубокопогруженных зон на расстояния 120–140 км [30], 200–250 и даже до 600 км [28], не обосновав физическую возможность такого перемещения огромных объемов нефти. Причем в случаях, когда для формирования месторождения (Атабаска, Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение) недостаточно генерационного потенциала всего осадочного чехла в пределах месторождений, ищутся и весьма удаленные очаги генерации: так, для месторождения

Атабаска «единственным источником, способным генерировать необходимое количество жидких УВ, могла быть миогеосинклиналь гор Маккензи» – весьма удаленная (500–600 км), но единственная [28, с. 5–7].

Рассмотрим вкратце имеющиеся, устоявшиеся взгляды (пока только взгляды, мнения, суждения – по утверждению И.П. Шарапова – в геологии большая часть умозаключений не опирается на геологические законы по причине их отсутствия [33]) на миграцию-фильтрацию нефти с позиций биогенной (органической) гипотезы происхождения этого ценного сырья. В ней предполагается, что рассеянное органическое вещество (РОВ) так называемых нефтематеринских пород в процессе термодеструкции генерирует такие же рассеянные (или, по логике вещей, ещё более рассеянные!) микроглобулы УВ, которые устремляются в ближайшие ловушки для формирования месторождения нефти. Казалось бы, всё просто: определяем, какие породы были обогащены РОВ, обосновываем, были ли условия для генерации, рассчитываем, сколько её могло генерироваться – и смотрим, куда же могла мигрировать образованная нефть. Но практика порою показывает совсем иное. Вроде и РОВ в подстилающих (так называемых «нефтематеринских») породах много, и ловушка есть, а залежи нет. Или наоборот: открыты крупные или гигантские месторождения нефти (см. пример выше), а генерирующих нефтематеринских пород вблизи нет или явно недостаточно для формирования скопления. Обосновываем тогда нефтеобразную площадь, к примеру, погруженную часть впадины, моноклиналь – и на некотором удалении, на структурном гребне, видим ловушку и обосновываем «зону разгрузки», аккумуляции – то есть формирования скопления. Аргументации – не расчеты, не факты, а всего лишь предположение: нефть образовалась где-то далеко и мигрировала сюда, т.к. здесь ловушка. И не считаясь с фактами, что от «очага генерации» до ловушки – порою путь во многие километры [30, 28], практически всегда через существенные препятствия в виде тектонических нарушений, зон отсутствия коллектора и литологических замещений пород.

Но никто еще не отменял законов диссипации и энтропии реальных физических систем и того, что в природе большинство процессов протекает по пути наименьшего сопротивления. А этот путь для перемещения микрокапельки нефти, которая как бы могла генерироваться, лежит только по направлению вверх: основная сила, на нее действующая, – это сила всплытия, Архимедова сила –

разность плотностей этой самой нефти в капельном виде и вездесущей все заполняющей в пласте воды, тоже пластовой. Но и с вертикальным перемещением капельки не все так просто: В.В. Доценко (2010) указывает, что «...в пористой среде коллектора градиенты давления, способствующие перемещению изолированных пузырьков или капель, отсутствуют...всплытие происходит не отдельными каплями, а струей...» [9, с. 9]. На процесс перемещения микрокапельки нефти, кроме Архимедовой силы, действует и другая, более существенная сила – это сила межмолекулярного взаимодействия двух фаз: энергетическое взаимодействие жидкости и твердого тела, выливающееся в смачиваемость внутренней поверхности пустот породы этой самой микрочастичкой жидкости – нашей капелькой нефти. А эта сила настолько велика, что не только капельку легко размазывает по внутренней поверхности пустот, но и в больших скоплениях нефти (залежах, месторождениях) прочно привязывает к этой самой поверхности от 30 до 80% всей нефти (в зависимости от дисперсности породы и свойств компонентов системы – пластовых флюидов и вмещающих пород)! Как пример, по различным оценкам коэффициенты извлечения нефти из недр в среднем в мире составляют 30–33% [14; 26; 27; 34]; в лабораторных исследованиях процесса вытеснения нефти пластовой водой из образцов горных пород при нефтенасыщенности порядка 80% коэффициенты вытеснения редко достигали 70% [13] – и это при весьма значительных перепадах давления и больших объемах прокачанной через модель воды.

Согласно биогенной гипотезе нефть генерируется в процессе термодеструкции рассеянного в породах органического вещества при температурах порядка 60–150°C на глубинах 2,3–4,6 км в пределах так называемого нефтяного окна [4; 10; 17 и др.]. Но «...никакая УВ молекула тяжелее метана не самообразуется из любых биотических молекул. И термодинамические расчеты, и эксперименты показали, что для синтеза углеводородных систем, сходных по составу с природными, необходима температура 700–1800 К и давление 15–80 кбар. Такие условия существуют в верхней мантии Земли на глубинах 50–240 км» [17, с. 41].

Далее согласно биогенной гипотезе происходит первичная миграция, или эмиграция при уплотнении так называемых нефтематеринских пород (НМП). И здесь тоже отмечается целый ряд несоответствий с реалиями: во-первых, выжимание генерируемых УВ должно было бы происходить только на стадии дегидратации глин (а это весьма

небольшие глубины, далекие от нефтяного окна – «на глубинах 200–300 м нефтематеринские илы и глины превращаются в плотные породы, содержащие органическое вещество (ОВ) в рассеянном состоянии», и это РОВ полностью сорбировано породой: «при содержании углеводородов в материнской породе в количестве сотых долей процента сорбционная емкость глины далека от насыщения» [23, с. 180]. Во-вторых, на стадии дегидратации глин происходит только некоторое изменение РОВ [29] и для образования УВ еще нет условий (соответствующих давлений и температуры). В-третьих, вследствие весьма низкой растворимости в воде этот вариант выноса нефти из нефтематеринских пород не представляется возможным. В-четвертых, высокомолекулярные компоненты и природную нефть в целом невозможно растворить даже в сильных газовых растворителях [23; 31], значит эмиграция в газорастворенном состоянии не происходит. Следовательно, первичная миграция, эмиграция нефти из НМП невозможна ни как отдельной фазы, ни в рассеянно-капельном виде, ни в водо- или газорасторванном [4; 9; 10; 23; 31]. По-видимому, такие выводы и послужили толчком И.И. Нестерову для создания своей гипотезы образования скоплений нефти *in situ* [25; 26]. Таким образом, первичной миграции как таковой не существует, есть собственно миграция флюидов, в том числе и углеводородов, в недрах, которая происходит в соответствии с законами гидравлики, геодинамики и гидродинамики медленных потоков.

Следуя далее биогенной гипотезе, после эмиграции нефти из НМП в породы-коллекторы она перемещается из «очагов генерации» по этим пластам в ближайшие ловушки, образуя скопления. Б.Р. Кусов (2010) приводит обоснование невозможности существования таких нефтесборных площадей [22]. Оно заключается в следующих моментах. Сопоставление плотности запасов нефти на месторождениях с плотностью так называемой генерации из РОВ предполагает сбор нефти с площади, в сотни и тысячи раз превышающей площадь месторождения, что в принципе невозможно по следующим причинам: 1) напрочь отсутствуют следы миграции нефти за пределами контуров залежей, что при весьма высоких величинах остаточной нефтенасыщенности как в лабораторных исследованиях вытеснения нефти водой, так и на разрабатываемых месторождениях свидетельствует, что ее (нефти) в законтурной области и не было; 2) в осадочном чехле не существуют блоки (участки) размерами хотя бы до нескольких десятков километров, лишенные разломов, которые являются

непроницаемыми экранами для флюидов; 3) вследствие литолого-фациального замещения и неоднородности пластов практически не существует выдержаных по площади пород-коллекторов, на некотором удалении от залежей породы могут быть полностью лишены проницаемости вследствие различных процессов. Вышеприведенное свидетельствует о том, что «при формировании нефтяных месторождений *латеральная миграция за их пределами места не имела*» [22, с. 16].

Нельзя не учитывать существенный вклад в процесс миграции конвективного массопереноса пластовых флюидов наряду с молекулярно-диффузионным перемещением [8; 21]. А.Н. Дмитриевский (1997) указывает, что массоперенос флюидов в результате тепловой конвекции значительно превышает таковой ювенильного потока [8]. Например, средний гидротермальный поток в океанических хребтах по меньшей мере в 3000 раз интенсивнее, чем ювенильный поток флюидов. Этот колоссальный массоперенос флюидов должен приводить к различным наблюдаемым следствиям (в частности, к образованию газогидратов). *Вектор суммарного теплового потока Земли направлен вертикально вверх*, и основная часть этого потока – конвективная составляющая – также имеет такую же направленность, а тепло- и массоперенос пропорциональны друг другу. Следовательно, и с позиций конвективного тепло- и массопереноса миграция пластовых флюидов, миграция углеводородов осуществляется в вертикальном направлении, латеральная миграция не принимается в расчет однозначно.

По мнению ряда специалистов, действие капиллярных сил может препятствовать восходящей миграции флюидов в порах. Но это не совсем так – капиллярный эффект может проявляться при фильтрации, то есть динамическом процессе, а в недрах в основном проходят очень медленные процессы перемещения жидкостей – файлюация [2], молекулярный массоперенос, диффузия. А действие собственно капиллярных сил обусловлено, контролируется поверхностными явлениями на границе раздела фаз жидкость – твердое тело. В геологическом времени действие капиллярных сил на процессы миграции не проявляется из-за того, что смачиваемость (основной атрибут капиллярного эффекта) как проявление поверхностных явлений подвержена изменениям в зависимости от свойств жидкой фазы и соотношения фаз, о чём будет сказано ниже.

ПЕРЕНОС УГЛЕВОДОРОДОВ В ПУСТОТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПЛАСТОВЫМИ ВОДАМИ

Существенная «зацепка», аргументация сторонников биогенного синтеза – это перенос УВ в растворенном виде в пластовых водах. Относительно газообразных УВ – да, бесспорно! Пластовые воды являются основным поставщиком свободного газа в газовые скопления: и пластовые воды, и пустотное пространство горных пород имеют такую сорбционную емкость, которая способна аккумулировать огромные количества природного газа – как генерированного РОВ осадочных толщ, согласно точке зрения сторонников биогенной гипотезы, так и поступающего с глубинных источников, согласно неорганической гипотезе [5; 12]. К слову, метан – это единственный углеводород, имеющий и биогенное, и глубинное происхождение. Но растворение в пластовых водах каких-то значительных количеств более тяжелых углеводородов, представляющих собой жидкую фазу, не происходит в пределах допустимого диапазона температур и давлений ни в поверхностных условиях, ни в пластовых [27; 32]. И.И. Нестеров на примере Самотлорского месторождения рассчитал, сколько для образования месторождения потребовалось бы воды с растворенной нефтью «прокачать» через продуктивные пластовые системы (даже при принятой для расчетов неизмеренно высокой растворимости нефти в воде 0,2%) или сколько необходимо газовой смеси с растворенной нефтью – и пришел к выводу, что и первое, и второе невыполнимо, нереально [26, с. 429].

Э.Б. Чекалюк и Ю.И. Филяс на основании экспериментальных и теоретических исследований процесса растворимости различных УВ в воде указывают, что до глубин 6 км, где пластовые температуры обычно не превышают 200°C, растворимость нефти в воде остается еще весьма низкой. «Здесь вода действительно не может играть заметной роли в процессах переноса нефти как эффективный растворитель» [32, с. 119–120]. И далее по тексту: «На больших глубинах (12–15 км) температура в недрах Земли обычно достигает критических значений гомогенизации водонефтяного раствора, но давления на этих глубинах значительно превышают критические давления растворимости, что обуславливает ретроградное расслоение водонефтяного раствора. Тем не менее предел органической растворимости нефти в водной фазе сохраняется здесь относительно высоким, примерно 5–6 об.% нефти в водном растворе. С возрастанием глубины монотонно поднимается и предел насыщения во-

дного раствора нефтью. Можно предполагать, что у подошвы земной коры на глубинах около 35 км вода способна растворять 8–10 об.% нефти, а ниже – в верхней мантии – еще больше» [32, с. 119–120].

Таким образом, глубинные воды, содержащие некоторое количество растворенных УВ нефтяного ряда, по мере их продвижения к поверхности Земли освобождаются от жидких УВ и к глубинам порядка 6 км полностью теряют способность к растворению. Отсюда можно предположить, что значительные резервы открытия новых нефтяных месторождений – на больших глубинах. Все залежи выше этого уровня должны быть вторичными или «впрыснутыми» непосредственно глубинными потоками, образование скоплений происходит в основном при образовании ослабленных проницаемых зон во время тектонических дислокаций.

Из этого следует вывод, что вода может быть переносчиком нефти в растворенном состоянии только глубинной, и ни в коей мере не нефти биогенного происхождения, образующейся в пределах глубин так называемого нефтяного окна, или главной зоны, главной фазы нефтеобразования (ГЗН, ГФН), нижняя граница которой в обоснованиях сторонников биогенной концепции со временем все углубляется – от 3,5 км по работам Н.Б. Вассоевича (1969) («На рубеже жирных и коксовых стадий метаморфизма ОВ, что соответствует глубинам 3,5–4,0 км, ГФН завершается») [7] до 6 км в работах современных геологов-органиков в связи с открытием месторождений нефти на все больших глубинах, что не вписывалось в «теорию» ГЗН, ГФН. Но, по данным К.С. Иванова (2018), уже известны месторождения нефти на глубинах 10,7 км, и экспериментально обосновано существование скоплений как минимум до глубины 12 км [17] – в связи с этим возникает вопрос: опять ГЗН надо сдвигать? Или все-таки концепцию пересматривать? Температуры в пределах «стандартной» ГЗН Н.Б. Вассоевича составляют порядка 60–150°C (нефтяное окно), что сильно не дотягивает до температур растворения нефти в воде. Следовательно, если и могло образоваться некоторое количество нефти в рамках ГЗН, то уж мигрировать она никак не могла – так на месте должна была и остаться как минимум по двум весьма важным причинам: как вследствие весьма низкой растворимости в воде, так и по причине невозможности преодолеть блокирующее действие сорбционных сил, способныхочно привязать значительные количества нефти к поверхности пустотного пространства горных пород. Но на глубинах ГЗН (3,5–6 км) вода уже неспособна была растворять

нефть, чтобы переносить ее «от очага нефтеобразования» в места аккумуляции, а только могла отдавать жалкие остатки неразгруженной еще глубинной нефти, неорганического генезиса.

Еще один весьма важный аргумент, отрицающий возможность формирования скоплений УВ за счет их перемещения пластовыми водами – то, что некоторые исследователи-гидрогеологи обосновывают субвертикальную миграцию пластовых вод ниже зоны активного водообмена и отрицают возможность их латеральной миграции на какие-то значимые расстояния [21; 25; 26].

МЕЖФАЗНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И МИГРАЦИЯ НЕФТИ

Как было упомянуто в начале статьи, особо сильное влияние собственно на процесс массопереноса флюидов в пустотном пространстве реальных горных пород оказывают признаки, определяющие взаимодействие фаз и самих флюидов – это энергетические свойства фаз и дисперсность породы.

На границе раздела фаз нефть – порода возникают поверхностные явления, благодаря действию которых нефть сорбируется на внутренней поверхности пустот и теряет способность свободного перемещения в пустотном пространстве коллектора. Пластовые флюиды находятся в пустотном пространстве горных пород и взаимодействуют с ним. Это взаимодействие и есть очень важный фактор – основной фактор, влияющий как на процессы формирования, существования и разрушения скопления нефти, так и определяющий полностью извлечения нефти при разработке.

Превалирующий процесс, происходящий на границе раздела фаз – физическая адсорбция, где сорбентом служат горные породы, минералы, а сорбатом – пластовые флюиды: нефть, газ, пластовая вода. **Физическая адсорбция** слабоспецифична, обратима, и ее тепловой эффект невелик (единицы кДж/моль) [16].

Поверхностные силы, действующие на границе раздела фаз, способствуют сорбированию, «прилипанию» к поверхности значительного количества пластовых флюидов. Флюиды в пустотном пространстве могут находиться как в свободной фазе, так и быть связанными энергетическими связями с поверхностью пустот; связанный флюид в породах делится на прочный и рыхлосвязанный. В работе [15] детально рассмотрены вопросы сорбции, прочность связи, монослои и другое, здесь же, в данной статье, под сорбирован-

ным флюидом мы подразумеваем именно прочно-связанную его форму, то есть те слои (монослои), которые вступают в непосредственное энергетическое взаимодействие с поверхностью твердых частиц. Объемы сорбата, привязанные к твердой фазе, непосредственно зависят от величины удельной поверхности сорбента. С уменьшением температуры адсорбата адсорбция увеличивается, а с увеличением температуры уменьшается. Чем больше дисперсность твердого вещества, а в нашем случае чем больше соответственно удельная поверхность пустотного пространства, тем больше площадь контакта флюида с породой и количество сорбируемого вещества, то есть нефти, воды, газа. В горных породах-коллекторах, по данным Ф.И. Котякова, удельная поверхность керна ($S_{уд}$) изменяется от $3,8 \cdot 10^4$ до $1,13 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{м}^3$; по данным Иммо Либерота, удельная поверхность илов с диаметром частиц 0,001 мм равна $6 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{м}^3$; по данным Б.Б. Квеско, среднее значение $S_{уд}$ для нефтесодержащих пород, имеющих промышленное значение, изменяется в пределах $4 \cdot 10^4$ – $2,3 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{м}^3$ [11; 18; 19]. Согласно справочным данным, удельная поверхность технических сорбентов – активированного угля и силикагелей при переводе на величины в системе СИ составляет порядка 5 – $6 \cdot 10^8 \text{ м}^2/\text{м}^3$, что можно принять за верхние граничные (предельные) значения удельной поверхности реальных горных пород) [14].

В мелкодисперсных породах, таких как глинистые сланцы, аргиллиты, бажениты, только в 1 м^3 внутренняя поверхность пустот может составлять от 6 до 80 км^2 (или 600 – 8000 Га , или $0,6$ – $8,0 \cdot 10^7 \text{ м}^2$) и содержащийся в пустотах флюид контактирует с такой огромной площадью и взаимодействует с ней! При пустотности, к примеру, 20% и $S_{уд} 1\,000\,000 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ($10^6 \text{ м}^2/\text{м}^3$) – 200 литров нефти рассредоточивается, «размазывается» по площади 100 Га ! И не просто рассредоточивается, она прочно удерживается поверхностными силами. Иммобилизация такой нефти весьма сложная задача, а полная экстракция из коллектора в природных условиях практически (и теоретически тоже) нереальна. Извлекаемое среднее количество при разработке месторождений – в среднем 30% – это, по-видимому, та часть нефти, которая в порах напрямую не контактирует с поверхностью (свободная и частично рыхлосвязанная); более легкий резерв добычи – это рыхлосвязанная нефть: для ее извлечения необходимы процедуры, позволяющие приложить усилия, и превышающие градиент сдвига или увеличивающие подвижность флюида (растворители, электро- и микроволново-

вое воздействие и др.). Для «отмыва» же основного количества прочносвязанной нефти необходимы методы замещения сорбированной нефти на внутренней поверхности пустот (физические, химические), например такие, как воздействие ПАВ и др.

Взаимодействие флюидов с твердой фазой, энергетические характеристики и распределение в пустотах нефти, газа и воды, то есть все, что имеет отношение к адсорбции пластовых флюидов на поверхности пустотного пространства реальных горных пород – довольно сложный и неоднозначный процесс. Он зависит от многих факторов: как от состава, свойств самих горных пород и флюидов, так и от термодинамических параметров системы, а также определяется временем взаимодействия.

Процесс адсорбции флюидов на твердой поверхности определяется поверхностной энергией твердого тела и энергией поверхностного натяжения флюида. Чем менее энергетичны молекулы сорбата, тем легче они адсорбируются на твердой поверхности. Количество адсорбированного вещества зависит от удельной поверхности сорбента, его поверхностных свойств и свойств флюида, проявляемых во взаимодействии.

Поверхность имеет избыток свободной энергии по сравнению с объемом за счет нескомпенсированных химических связей находящихся на ней частиц. Как следствие универсального стремления систем к равновесию, то есть к минимуму свободной энергии, имеют место такие явления, как поверхностное натяжение, коалесценция жидкостей, адсорбция, прилипание, смачивание и др. Адсорбция жидкой фазы на поверхности твердого тела ведет к смачиванию поверхности этой жидкостью.

Смачиваемость твердой поверхности (поверхности пустот коллектора) пластовыми флюидами является одним из важнейших показателей, проявлений поверхностных взаимодействий флюид – твердое тело. В то же время сам процесс смачивания поверхности несколькими флюидами, одновременно находящихся в пустотном пространстве, преимущественно смачивания, замещение на поверхности одного флюида другим недостаточно изучены, что порой выливается в заблуждения. Дело в том, что смачиваемость может меняться во времени. Так как фактор геологического времени – это далеко не одномоментное физическое взаимодействие, то ищутся другие показатели, определяющие процесс вне времени. И эти показатели смачиваемости – преобладающая фаза

многокомпонентного сорбата (пластовых флюидов) и поверхностная энергия участвующих в процессе взаимодействия веществ (энергия взаимодействия сорбата и сорбента).

По отношению к разным жидкостям породы бывают гидрофильными и гидрофобными, олеофильными и олеофобными. Мы рассмотрение вопроса смачиваемости начнем с того, что изначально, априори практически все горные породы «флюидо-фильные» и могут смачиваться как пластовой водой, так и нефтью (что можно наблюдать в лабораторных условиях при создании нефте- и водонасыщенных моделей пласта) [15]. Если вещество (флюид) сорбируется на поверхности, то по отношению к нему поверхность фильна – она принимает этот флюид. Зависит это от поверхностной энергии твердого тела и флюида, а выражается в физических параметрах взаимодействующих компонентов – критическом поверхностном натяжении твердого тела (σ_t) и поверхностном натяжении жидкости ($\sigma_{\text{ж}}$). Разница поверхностных энергий минеральных зерен горной породы и флюида (в пользу первых) всегда привязывает жидкость к поверхности, и *чем больше эта разница, тем прочнее связь, тем больше «-фильность»*. А «-фобность» – отталкивание – происходит уже не между твердым телом и флюидом, а между флюидами. Правильнее сказать, между собственно минеральными зернами горных пород, покрытых пленкой одного флюида, и другим несмешивающимся (нерасторимым) флюидом, имеющим другие свойства и несколько другое поверхностное натяжение.

Этой разницей поверхностных энергий порода-флюид также определяется и преимущество адсорбции жидкостей с меньшим поверхностным натяжением. Так как критическое поверхностное натяжение твердых веществ (σ_t) значительно выше поверхностного натяжения воды ($\sigma_{\text{ж}}$) (например, для чистой поверхности кварца (стекла) $\sigma_t = 260-285$ дин/см, для воды $\sigma_{\text{ж}} = 73$ дин/см), то изначально все горные породы должны смачиваться водой, то есть быть гидрофильными. Но поверхностное натяжение органических жидкостей составляет около 30 дин/см, они имеют преимущество при адсорбции на поверхности твердой фазы, и со временем могут замещать молекулы воды адсорбированного слоя, тем самым гидрофобизируя поверхность. Природный горючий газ обладает еще меньшей поверхностной энергией взаимодействия, поэтому может замещать все жидкости на поверхности твердого тела. Но процесс преимущественного смачивания фазы с мень-

шим поверхностным натяжением обратим: при уменьшении концентрации фазы, имеющей преимущество в смачивании, происходит постепенное вымывание, «вышибание» молекул из монослоя и замещение на молекулы вещества, концентрация которого больше (наряду с этим происходят процессы диффузии и растворения). И если считать, что для этого физического процесса (процесса изменения характера смачиваемости поверхности) геологическое время – это физически бесконечное время, то можно сделать вывод, что смачиваемость горных пород в стационарных закрытых системах определяется преобладающей фазой, ее концентрацией [15]. То есть нефти имеют преимущество в смачиваемости относительно воды вследствие меньшей величины поверхностного натяжения, и со временем вытесняют воду с поверхности твердой фазы, а газы обладают еще меньшей поверхностной энергией взаимодействия, поэтому могут замещать все жидкости на поверхности твердого тела. Несоответствие между смачиваемостью коллектора и характером насыщенности может свидетельствовать о недавнем в геологическом смысле изменении характера насыщенности или термобарических изменениях, процессах формирования или разрушения залежи УВ.

В недрах пустотное пространство горных пород насыщено в основном пластовой водой (за исключением большей части объемов УВ залежей). Водонасыщенные породы практически всегда гидрофильны. Исключение составляют породы с большим содержанием органики, но и здесь не все так однозначно, так как в процессе контактирования такой породы с пластовыми водами в течение длительного геологического времени происходит гидрофилизация поверхности пустот – преимущество в смачивании определяется преобладающей фазой.

Таким образом, приведенная краткая информация о процессах энергетического взаимодействия на границах раздела фаз показывает действительно весьма существенное влияние поверхностных явлений на сам процесс миграции нефти в пласте, обосновывает невозможность эмиграции так называемой микронефти из глинистых пород. Собственно миграция нефти в пустотном пространстве пород как отдельной жидкой фазы в межинверсионные периоды при наличии в пустотах свободной, несвязанной нефти происходит в основном под действием сил всплытия – за счет разности плотностей пластовых флюидов в режиме молекулярно-диффузационного массопереноса. Вектор направленности сил всплытия и определя-

ет вертикальный характер миграции как преобладающий.

Возможна и струйная, потоковая миграция при резких перепадах пластовых давлений вследствие катастрофических геологических процессов (активизация тектонических движений земной коры с раскрытием разломов и разгрузкой по ним пластовых давлений), приводящих к движению флюидов в поровом пространстве пород. Во время таких инверсионных этапов возрождаются или закладываются новые разломы земной коры, происходят контрастные подвижки отдельных блоков, эрозия осадочного чехла, рост складчатых сооружений на периферии осадочных бассейнов. Наступает существенное, охватывающее практически все осадочное выполнение, раскрытие недр и формирование флюидодинамических потоков (этот этап рассматривается некоторыми исследователями как главная фаза эмиграции нефти [24]). При возникновении в пластах значительных перепадов давления может происходить и кратковременная латеральная миграция флюидов по пласту до выравнивания давления при сохранении субвертикального тренда. Но такие процессы в геологической истории очень кратковременны, точечные в геологическом времени, и движение флюидов (в том числе и нефти) к зонам разгрузки быстро затухает и не происходит в каких-то значительных объемах и расстояниях, то есть носит весьма ограниченный локальный характер. К тому же в конечном счете это тоже процессы в основном вертикального перемещения флюидов, так как *разгрузка давления имеет вертикальную направленность* вектора снижения давления – то есть это латеральный подток вертикального потока. Эта сторона возможной «латеральной» миграции нефти только подтверждает роль тектонических разломов в образовании (и разрушении) скоплений УВ и превалирующее вертикальное ее перемещение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подведём итог, какие силы обуславливают движение нефти в пустотной среде горных пород. Прежде всего это сила всплытия – разность плотностей нефти и пластовой воды. Второе – гидродинамическая разгрузка эманаций глубинных процессов, третье – конвективный тепломассоперенос. Все три силы направлены вертикально вверх. Основная сила, препятствующая движению нефти в скопления в пустотном пространстве горных пород, – это сила межмолекулярного взаимодействия двух фаз, энергетическое взаимодействие

нефти и поверхности пустот породы. Она препятствует движению нефти и в латеральном, и в вертикальном направлениях.

Таким образом, если латеральная миграция нефти как таковая в целом не происходит, невозможна на никакие значительные для влияния на процесс образования скоплений УВ расстояния, значит, в принципе невозможно формирование ее скоплений из продуктов переработки РОВ. Следовательно, поступление нефти в ловушки происходит не из «погруженных нефтесборных», нефтегенерирующих зон, а по зонам тектонического разуплотнения пород, по разломам в земной коре из глубинных источников или же из разрушающихся более погруженных скоплений.

И отсюда возникает следующий вопрос: зачем создавать такие сложные (и ложные) конструкции для объяснения гипотезы, которая опровергается целым рядом фактов, приведенных выше? Инъекции глубинных флюидов как в осадочный чехол, так и в разуплотненные зоны кристаллического фундамента (КФ) намного проще и логичнее объясняют процесс формирования залежей УВ, и аргументаций этому процессу предостаточно! И если месторождение нефти в выступе КФ Белый Тигр (Вьетнам) еще пытаются представить таким образом, что здесь нефть все-таки из осадочного чехла мигрировала, так как есть примыкание осадочного чехла к породам КФ (хотя для уже подсчитанных запасов и оцененных ресурсов – это же сколько чехлов понадобилось бы!) – то и весь Ближний Восток, и Атабаска, и Венесуэла являются свидетелями невозможности формирования там огромных запасов нефти из ОВ пород! И не получается объяснить все это дальними очагами генерации [28; 30].

Приведенные выше рассуждения, аргументации и объяснения показывают, открывают важность детального изучения вопроса миграции нефти не только для объяснения образования скоплений, но и для подтверждения ее глубинного происхождения.

В данной короткой статье автор вряд ли смог раскрыть все стороны весьма сложной и многосторонней проблемы миграции нефти, но такая цель здесь и не ставилась: в принципе вертикальная, или восходящая миграция углеводородов в земной коре не вызывает в настоящее время возражения практически у всех исследователей (исключение – И.И. Нестеров, выдвинувший свою гипотезу образования скоплений нефти *in situ* [25; 26], но, скорее всего, он имел ввиду только первичную восходящую миграцию из НМП в коллектор), а вот вопрос

латерального движения нефти в пластах детально не исследовался. В работе акцент сделан автором на весьма важной стороне миграции – влияние поверхностных сил на границах раздела фаз. Это основная причина высоких значений неизвлекаемой, остаточной нефти после завершения разработки скопления, это основная причина невозможности дальней и вообще сколько-нибудь значимой латеральной миграции нефти. Это также обоснование восходящего движения нефти в недрах, отсюда и подтверждение глубинного ее происхождения. И в то же время это направление поиска оптимальных способов разработки залежей путем «отмыва» остаточной нефти, в основном сорбированной на поверхности пустотного пространства пород-коллекторов.

Решение вопроса миграции УВ в пустотной среде должно положить конец спорам между сторонниками различных точек зрения на генезис нефти. Даже если бы нефть и генерировалась из

РОВ, то чисто физически не смогла бы аккумулироваться в ловушки. Даже если и возможно хоть какое-то движение по латерали, то оно ничтожно малое относительно вертикальных перемещений: результирующая действия всех сил направлена в целом субвертикально, и вертикальная составляющая на порядки больше горизонтальных. Даже приняв чисто гипотетически возможность движения микронефти, нефти по латерали по пласту, необходимо было бы констатировать, что действие поверхностных сил, энергетическое взаимодействие флюида и поверхности породы-коллектора так велико, что ничтожно малые количества «генерируемой» рассеянным органическим веществом пород нефти по отношению к объему породы и ее удельной поверхности просто «размажутся» по этой поверхности, так и не дойдя до места сбора в приподнятых участках структур с «очагов генерации» в удаленных погруженных участках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аномально высокие пластовые давления в природных геофлюидодинамических системах / Г. В. Чилингар [и др.] // Геология нефти и газа. – 1997. – № 5. – С. 19–27.
2. Арье, А. Г. Особенности движения подземных вод нефтегазоносных бассейнов в свете геофлюидодинамики медленных потоков / А. Г. Арье // Геология нефти и газа. – 1995. – № 11. – С. 33–39.
3. Арье, А. Г. Роль межфазовых взаимодействий в процессе вторичной миграции нефти и газа / А. Г. Арье // Геология нефти и газа. – 1996. – № 2. – С. 9–16.
4. Баталин, О. Ю. Основные закономерности трансформации восходящего углеводородного потока / О. Ю. Баталин, Н. Г. Вафина // Актуальные проблемы нефти и газа. – 2018. – Вып. 4 (23). – С. 1–9.
5. Большаков, Ю. Я. Капиллярно-экранированные залежи нефти и газа / Ю. Я. Большаков. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд., 1989. – 128 с.
6. Ван Тайл, Ф. М. Миграция и аккумуляция нефти и природного газа / Ф. М. Ван Тайл, Б. Г. Паркер. – Москва : Иностранная литература, 1948. – 176 с.
7. Гидротермальный механизм образования углеводородов в срединно-океанических хребтах (на примере Баренцева и Норвежского морей) / Дмитриевский А. Н. [и др.] // Геология нефти и газа. – 1997. – № 8. – С. 4–16.
8. Главная фаза образования нефти / Н. Б. Вассоевич [и др.] // Вестн. МГУ. – 1969. – № 6. – С. 3–27.
9. Доценко, В. В. Вторичная миграция нефти и газа : учебное пособие для вузов / В. В. Доценко. – Ростов-на-Дону : Изд-во Южного федерального университета, 2010. – 48 с.
10. Доценко, В. В. Эмиграция нефти и газа : учебное пособие для вузов / В. В. Доценко. – Ростов-на-Дону : Изд-во Южного федерального университета, 2010. – 47 с.
11. Захария, И. Р. Газоносность недр Беларуси / И. Р. Захария // Поиски и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь : сб. науч. трудов БелНИПИнефть. – Минск : Экоперспектива, 2017. – Вып. 9. – С. 15–20.
12. Захария, И. Р. Математическая модель зависимости коэффициента вытеснения нефти водой от нефтенасыщенности породы и вязкости нефти / И. Р. Захария, В. Н. Кузьмин // Респ. межвед. науч.-техн. сборник. – Львов : Вища школа, 1990. – Вып. 27. – С. 71–74.
13. Захария, И. Р. Поверхностные явления на границе раздела фаз и нефтеотдача / И. Р. Захария, А. А. Цагельник // Поиски и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь : сб. науч. трудов БелНИПИнефть. – Минск : Экоперспектива, 2017. – Вып. 9. – С. 50–58.

14. **Захария, И. Р.** Условия массопереноса в пустотном пространстве горных пород и физические границы коллектора / И. Р. Захария // Эффективные пути поисков, разведки и разработки залежей нефти Беларуси. – Гомель : РУП «ПО «Белоруснефть», 2007. – С. 231–239.
15. **Захарченко, В. И.** Коллоидная химия / В. И. Захарченко. – Москва : Высшая школа, 1974. – 216 с.
16. **Иванов, К. С.** О возможной максимальной глубине нахождения месторождений нефти / К. С. Иванов // Известия УГГУ. – 2018. – Вып. 4 (52). – С. 41–49.
17. **Квеско, Б. Б.** Подземная гидромеханика / Б. Б. Квеско. – Томск : Изд-во ТПУ, 2010. – 181 с.
18. **Котяхов, Ф. И.** Физика нефтяных и газовых коллекторов / Ф. И. Котяхов. – Москва : Недра, 1977. – 287 с.
19. **Кудельский, А. В.** Образование и миграция нефти / А. В. Кудельский, К. И. Лукашев. – Минск : Вышэйшая школа, 1974. – 134 с.
20. **Кудельский, А. В.** Очерки по истории воды, нефте- и солеобразованию / А. В. Кудельский. – Минск : Беларуская навука, 2020. – 210 с.
21. **Кусов, Б. Р.** Генезис некоторых углеродсодержащих полезных ископаемых (от метана до алмаза) : монография / Б. Р. Кусов. – Владикавказ : ИПО СОИГСИ, 2010. – 164 с.
22. **Линецкий, В. Ф.** Миграция нефти и формирование ее залежей / В. Ф. Линецкий. – Киев : Наукова думка, 1965. – 199 с.
23. **Модельные** представления о структуре главной фазы нефтеобразования / Е. И. Тараненко [и др.] // Моделирование нефтегазообразования. – Москва : Наука, 1992. – С. 41–45.
24. **Нестеров, И. И.** Генезис и формирование залежей углеводородного сырья / И. И. Нестеров // Геол. нефти и газа. – 2004. – № 2. – С. 38–47.
25. **Нестеров, И. И.** Фундаментальные основы формирования залежей нефти и природных газов, их поисков, разведки и разработки / И. И. Нестеров // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50, № 4. – С. 425–433.
26. **Оценка** потенциальных ресурсов углеводородов на основе моделирования процессов их генерации и аккумуляции / С. Г. Неручев [и др.]. – Санкт-Петербург : Недра, 2006. – 364 с.
27. **Роль** миграции углеводородов в формировании крупных месторождений нефти и газа и основных закономерностей нефтегазоносности бассейнов / И. В. Орешкин [и др.] // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2010. – № 62. – С. 3–19.
28. Словарь по геологии нефти и газа. – Ленинград : Недра, 1988. – 679 с.
29. Физика пласта, добыча и подземное хранение газа / О. М. Ермилов [и др.]. – Москва : Наука, 1996. – 541 с.
30. Формирование, переформирование и деградация нефтяных залежей Среднего Каспия / Н. В. Дорофеев [и др.] // Геол., геофизика и разраб. нефт. и газ. м-й. – 2014. – № 12. – С. 4–10.
31. Хромовских, А. Ю. Основной механизм и факторы формирования верхнеюрских залежей углеводородов Каймысовского свода (Томская область) : дис. ... канд. г.-м. наук / Хромовских А. Ю. – Томск, 2014. – 125 с.
32. Чекалюк, Э. Б. Водонефтяные растворы / Э. Б. Чекалюк, Ю. И. Филиас. – Киев : Наукова думка, 1977. – 128 с.
33. Шарапов, И. П. Метагеология: некоторые проблемы / И. П. Шарапов. – Москва : Наука, 1989. – 208 с.
34. Improving oil recovery: a number 1 national priority // Canadian Petroleum. – 1976. – Aug. – P. 16–19.

Статья поступила в редакцию 27.09.2022

Рецензент Я.Г. Грибик

МІГРАЦЫЯ НАФТЫ Ў ПУСТОТНАЙ ПРАСТОРЫ ГОРНЫХ ПАРОД: ЛАТЭРАЛЬНАЯ ЦІ ЎЗЫХОДНАЯ

І.Р. Захарыя

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
Філіял «Інстытут геалогіі»
вул. Купревіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь
E-mail: ramzes0409@gmail.com

У фарміраванні прыродных пакладаў нафты вельмі важную, вызначальную ролю адыгрывае міграцыя нафтавых вуглевадародаў у зямной кары. Працэс міграцыі ў нетрах пазнаны недастаткова для аднозначных высноў аб яе ролі ў фарміраванні пакладаў нафты. Абгрунтавана, што на працэс масапераносу флюїдаў у пустотнай прасторы рэальных горных парод асабліва моцны ўплыў аказваюць прыкметы, якія вызначаюць узаемадзеянне фаз і саміх флюїдаў: гэта энергетычныя ўласцівасці фаз і дысперснасць пароды. Дэталёва разгледжаны працэс сорбцыі нафты, газу і вады на паверхні пустотнай прасторы пароды. Паказана перавага змочвальнасці і зваротнасці працэсу фізічнай адсорбцыі. Зроблены высновы аб tym, што асноўная сіла, якая перашкаджае руху нафты ў пустотнай прасторы горных парод – гэта сіла міжмалекулярнага ўзаемадзеяння дзвюх фаз, і аб немагчымасці латэральнай міграцыі нафты на якія-небудзь значныя адлегласці.

OIL MIGRATION IN THE PORE SPACE OF ROCKS: LATERAL VS ASCENDING

I. Zakharia

State Enterprise “RPC for geology”
Branch “Institute of Geology”
7 Kuprevich St, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: ramzes0409@gmail.com

The migration of petroleum hydrocarbons in the Earth's crust plays a significant, determining role in the formation of natural oil deposits. The knowledge of the migration process in the depths is insufficient for unambiguous conclusions about its role in the formation of clusters. It is substantiated that the process of mass transfer of fluids in the pore space of real rocks is particularly strongly influenced by the signs that determine the interaction of phases and fluids themselves: these are the energy properties of the phases and the dispersity of the rock. The process of the sorption of oil, gases and water on the surface of rock voids has been considered in detail. The advantage of wettability and reversibility of the physical adsorption process has been shown. It has been concluded that the main force preventing the movement of oil in the void space of rocks is the force of intermolecular interaction of two phases, and the impossibility of lateral migration of oil over any significant distances.

ГЕАЛОГІЯ

УДК 550.42+551.24 (476.2)

ДИАГНОСТИКА ЗОН ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДИСЛОКАЦИЙ ПО ДАННЫМ ПОЛЕВОЙ ГАММА-СПЕКТРОСКОПИИ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ г. ГОМЕЛЯ

М.И. Автушко¹, А.В. Матвеев², А.И. Жуковский³, С.А. Исаченко¹

¹Институт радиобиологии НАН Беларуси
ул. Федюнинского, 16, 246045, Гомель, Беларусь
E-mail: avtyshko10021950@gmail.com

²Институт природопользования НАН Беларуси
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь
E-mail: matveyev@nature-nas.by

³Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»
ул. Гикало, 5, 220005, Минск, Беларусь
E-mail: alexzukovski@gmail.com

*Разрывные тектонические нарушения (РТН) широко распространены на территории Беларуси. Эти линейные зоны обычно незначительны по площади, однако неизменно сопровождаются аномальными концентрациями радона в приповерхностных грунтах, и их выявление является важным элементом оценки радиоопасности селитебных территорий. Местоположение зон РТН обычно определяется по результатам комплексных геофизических исследований, сложных и дорогостоящих. В работе дается обоснование способа диагностики РТН по результатам анализа *in situ* измерений радона в грунтах и выявления аномальных величин отношения ^{214}Bi и ^{226}Ra .*

ВВЕДЕНИЕ

Уровень концентрации радона в приповерхностном слое грунтов формируется прежде всего за счет того количества, которое образуется непосредственно в этом слое при радиоактивном распаде содержащегося в нем радия (^{226}Ra). Эта часть радона – собственно грунтовый или интрагенный радон (Rn_{in}) – зависит только от вещественного состава грунтов и для каждой точки измерения, характеризующей определенный элементарный объем грунтового массива, является постоянной величиной ($\text{Rn}_{\text{in}} = \text{const}$), поскольку период полураспада радионопродуцирующего радия велик (1600 лет [10]), и его концентрация в грунте в ходе выполнения измерений остается практически неизменной. Rn_{in} состоит из двух компонент: радона, физически связанного в кристаллическом веществе грунта (Rn_{fix}), и свободного радона (Rn_{free}), поступающего в пор-

вое пространство в соответствии с эманирующей способностью грунтового вещества.

Другая часть грунтового радона представлена глубинной составляющей (Rn_{bat}), избыточной по отношению к количеству, равновесному с содержащимся в грунтах радием. Глубинный радон поступает к земной поверхности вследствие адвекции, обусловленной влиянием закономерно варьирующего лунно-солнечного гравитационного воздействия на земную кору (земные приливы-отливы). На фоновых платформенных территориях вне зон геодинамической активизации земной коры суточное поступление глубинного радона в приповерхностный грунт в зависимости от лунно-месячных фаз не превышает 0,5–1,5% от величины Rn_{in} [9]. В зонах тектонических дислокаций или проникающих в осадочный чехол интрузивных образований, которые сопровождаются признаками повышенной проницаемости вмещающих гор-

ных пород (трещиноватостью, дроблением и др.), концентрация радона в поровом пространстве грунта может превосходить фоновые уровни в несколько раз (аномальные уровни) или даже в десятки и сотни раз (ураганные уровни) [1; 2; 3; 4; 7]. На территории Беларуси геофизическими исследованиями установлено значительное количество разрывных тектонических нарушений (разломов) различного ранга, геологического возраста, простирания и глубины заложения [6; 8]. Это дает основание предполагать широкое распространение аномальных геохимических полей радона в приповерхностных грунтах, которые необходимо особенно тщательно исследовать и учитывать при оценке радиоопасности селитебных территорий. Зона разрывного тектонического нарушения (РТН) обычно представляет собой относительно узкий протяженный участок, не занимающий значительных площадей, и в помещениях здания, находящегося в пределах такого участка, концентрация радона может существенно превышать характерные для территории фоновые уровни.

Следующие после радона смежные цепи радионуклидов внутри радиоактивного ряда урана-радия отличаются очень короткими периодами полураспада и коротким временем жизни (минуты – десятки минут), в течение которого их миграция в грунтовой среде не может быть высокой. Поэтому количественные соотношения между содержащимся в грунтах радоном и его дочерними продуктами распада радона (ДПР) соответствуют закономерностям, вытекающим из закона векового равновесия. На этой основе представляется возможной разработка методологии оценки концентрации радона в грунтах по результатам регистрации гамма-излучения его ДПР непосредственно в полевых условиях, без отбора проб или иных действий, разрушающих естественную структуру грунтовой массы и, следовательно, без нарушения равновесия в радиогеохимической системе *радий → радон → ДПР радона*. Задача данной работы заключается в обосновании способа выявления зон разрывных тектонических нарушений на основе анализа и интерпретации результатов экспрессивных *in situ* измерений.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Уровни Rn_{bat} не имеют связи с концентрацией радия в грунтовом веществе, и грунты геодинамически подвижных зон РТН характеризуются существенным (нередко многократным) превы-

шением концентрации радона над его фоновыми концентрациями. Однако в зонах слабоактивных РТН эти избыточные уровни могут оказаться сопоставимыми с уровнями, свойственными грунтам, для которых характерна высокая концентрация радия и, соответственно, высокая радонопродуцирующая способность. Критерием уровня фоновости-аномальности концентрации радона в грунтах может служить величина коэффициента κ (каппа), полученная на основе применения процедуры радиевого нормирования, которая определяется из отношения значений концентрации ДПР радона ^{214}Bi (RaC) к измеренным в тех же точках грунтового массива и тем же измерительным методом значениям концентрации радонопродуцирующего ^{226}Ra :

$$\kappa = ^{214}Bi \text{ (Бк/кг)} / ^{226}Ra \text{ (Бк/кг)}.$$

Смысл и значение κ -коэффициента основаны на представлении о том, что фоновые величины содержания ^{214}Bi и ^{226}Ra в грунтах соответствуют естественному стремлению радиогеохимической системы *радий → радон → ДПР радона* к равновесию, при очевидной невозможности его достижения, обусловленной поступлением глубинного радона как самого подвижного компонента этой системы. Это состояние системы определено нами как «квазиравновесие». На фоновых территориях поступление Rn_{bat} незначительно и составляет, как правило, первые проценты относительно продуцируемой радием величины Rn_{in} . В таких условиях значения концентрации ДПР радона будут сохранять тенденцию к соблюдению прямой количественной зависимости от концентрации ^{226}Ra , и фоновое значение величины κ будет приближаться к единице, всегда превышая это значение в связи с поступлением глубинного радона.

Поступление глубинного радона на фоновых территориях не может быть одинаковым для разных местоположений вследствие влияния нескольких факторов: 1) разнообразия состава нижележащих пород, подстилающих приповерхностный слой грунтов; 2) различия физических свойств и состояния грунтов, предопределяющего интенсивность глубинной адвекции радона; 3) вариации (разброса) оценок концентрации радионуклидов, связанной с неизбежными аппаратурными или иными ошибками измерения. Таким образом, величина κ -коэффициента, характеризующая уровень фонового радиоактивного «квазиравновесия» между радонопродуцирующим радионуклидом ^{226}Ra и ^{214}Bi , для сохранения достоверности должна учитывать возможную ошибку, обусловленную перечисленными факторами. Существу-

ет, следовательно, интервал значений χ , включающий все его близфоновые значения, с учетом этой ошибки. Этот интервал рассчитывается исходя из оценки среднего арифметического величины χ для совокупности значений χ_i :

$$\bar{\chi} = \frac{1}{n} \sum \chi_i,$$

где n – количество измерений, i – номер измерения.

Мера разброса значений случайной величины относительно ее математического ожидания соответствует средней величине отклонения величин χ_i от $\bar{\chi}$ (то есть ошибке среднего):

$$\delta_{\bar{\chi}} = \frac{1}{n} \sum (\chi_i - \bar{\chi}).$$

Тогда искомый интервал значений величины χ , характеризующей состояние радиоактивного «квазиравновесия» между ^{214}Bi и ^{226}Ra в грунтах, с учетом ее вариаций может быть представлен как $\bar{\chi} \pm \delta_{\bar{\chi}}$.

Величина χ является геохимическим параметром, поскольку она характеризует особенности миграции химических элементов и, в частности, позволяет судить о том, насколько концентрация ^{214}Bi в грунтах близка к состоянию радиоактивного равновесия в радиогеохимической системе $\text{радий} \rightarrow \text{радон} \rightarrow \text{ДПР радона}$ или отклоняется от него:

- значения $\chi_i \leq \bar{\chi} + \delta_{\bar{\chi}}$ (не превышающие верхний предел доверительного интервала), свидетельствуют, что на i -й точке измерения соотношение концентраций радионуклидов ^{214}Bi и ^{226}Ra в грунтах приближается к единице, с незначительным превышением этой величины, обусловленным фоновым уровнем поступления глубинного радона;

- значения χ_i , выходящие за нижний предел доверительного интервала ($\chi_i < \bar{\chi} - \delta_{\bar{\chi}}$), маловероятны, поскольку, как уже отмечалось, концентрация радона в грунтах всегда выше равновесного с радионопродуцирующим радием;

- значения χ_i , превышающие верхний предел доверительного интервала ($\chi_i > \bar{\chi} + \delta_{\bar{\chi}}$), показывают, что концентрация радона и его ДПР в грунтах на соответствующих точках измерения существенно и статистически значимо превышает радионопродуцирующие способности этих грунтов и, следовательно, является аномальной.

В естественных условиях не существует иных причин аномального содержания радона и его дочерних продуктов в грунтах, кроме его высокого поступления в приповерхностный измеряемый слой в связи с пространственной приуроченностью территории к геодинамически активной зоне РТН. Местоположение таких точек совпада-

ет с местоположением проекции искомой зоны тектонического нарушения, сформированного в нижележащих слоях горных пород, или с местоположением непосредственного выхода этой зоны на дневную поверхность.

Если направление простирания искомой зоны РТН предварительно определено или хотя бы обоснованно предполагается, то для ее диагностики достаточно построения графической модели, иллюстрирующей изменение величин χ по профилю, пересекающему зону, с учетом расстояний между точками измерения. Если же простижение (или даже само наличие) РТН неизвестно, оно может быть выявлено путем построения и анализа крупномасштабной карты значений χ . Для достаточно корректного и непротиворечивого заключения о соответствии полученных данных зоне РТН масштаб картирования должен соответствовать представлениям о возможной ширине этой зоны. Оптимальным для решения задачи локализации является расстояние l между точками измерения, соответствующее условию $l \leq L$, где L – предполагаемая ширина зоны. В этом случае зона РТН будет зафиксирована на пересекающем ее профиле хотя бы в одной точке измерения, что послужит основанием для более детального исследования окрестностей этой точки с целью уточнения параметров зоны и особенностей ее пространственной (площадной) локализации. При расстоянии между точками измерения большем ширины зоны резко возрастает риск того, что она окажется между этими точками и не будет локализована.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для оценки результативности использования описанной выше методики решалась задача выявления зоны одного из локальных нарушений, оперяющих Лоевский суперрегиональный разлом, на территории г. Гомеля. Простижение этого нарушения в общих чертах известно по данным геофизических исследований, однако достоверная координатная привязка проекций разлома к определенным точкам земной поверхности затруднена, поскольку массивы горных пород, к которым непосредственно относились подобные разломы в период их заложения и последующего развития, обычно перекрыты мощными толщами осадочных образований, накопившихся в последующие геологические периоды. В настоящее время они могут находиться на глубине в сотни метров, и зоны тектонических нарушений далеко не всегда пространственно соответствуют каким-либо определенным

ландшафтным маркерам, тем более что для геодинамически активных разломов свойственны разнообразные вариации направлений простирания.

Для измерения содержания ^{214}Bi и ^{226}Ra в грунтах использовали портативный гамма-спектрометрический комплекс на основе сцинтилляционного неорганического кристалла NaI(Tl) размерами $63 \times 63 \text{ мм}$ и портативного компьютера. *In situ* измерения выполняли в геометрии 2π [5], с установкой детектирующего устройства на поверхности грунтового массива, что позволяет регистрировать гамма-излучение ДПР, находящихся в грунте, без нарушения естественного сложения грунта и, следовательно, с сохранением установленного в нем состояния равновесия между радоном и его дочерними продуктами. Продолжительность одного измерения составляла 1000 с. Измерения производили в точках на поверхности грунтового массива, отстоящих друг от друга на 100 м, исходя из предположения, что ширина исследуемой зоны РТН не меньше этого расстояния, и в таком случае при пересечении зоны профилем она будет зафиксирована хотя бы в одной точке измерения. Если значение κ_i на последующей точке превышало значения, полученные на предыдущей точке, более чем на 30%, то выполняли дополнительное измерение между этими точками.

Основные результаты измерения, а также рассчитанные оценки $\bar{\kappa}$ и доверительного интервала $\bar{\kappa} \pm \delta_{\bar{\kappa}}$ приведены в таблице. На рисунке показан ход значений концентрации ^{214}Bi и ^{226}Ra в грунтах (левая шкала) и значений κ -коэффициента (правая шкала) по профилю, пересекающему зону искомого тектонического нарушения. Прерывистые горизонтальные линии обозначают нижний и верхний пределы доверительного интервала $\bar{\kappa} \pm \delta_{\bar{\kappa}}$. Концентрации

Таблица – Концентрация радия, радона в грунтах и значения κ -коэффициента

№№ точек	Грунт	$L, \text{м}$	$^{226}\text{Ra},$ $\text{Бк}/\text{кг}$	$^{214}\text{Bi},$ $\text{Бк}/\text{кг}$	κ_i
1	Песок	50	5,5	6,29	1,144
2	»»	100	4,8	5,01	1,044
3	Песок оторванный	150	2,5	2,86	1,144
4	»»	250	2,5	2,63	1,052
5	»»	300	2,6	2,76	1,062
6	»»	350	3,2	3,29	1,028
7	Песок	400	5,1	5,51	1,080
8	»»	450	4,7	5,21	1,109
9	»»	500	5,4	5,58	1,033
10	Супесь	550	6,6	6,81	1,032
11	Песок	600	4,9	5,06	1,033
12	»»	625	4,9	6,56	1,339
13	»»	650	4,2	8,37	1,933
14	»»	675	4,9	6,96	1,420
15	»»	700	4,2	4,51	1,074
16	Супесь	750	7,6	8,9	1,171
17	»»	800	6,2	6,61	1,066
18	Песок	850	4,5	5,02	1,116
Среднее арифметическое значение				$\bar{\kappa}$	1,160
Ошибки среднего				$\delta_{\bar{\kappa}}$	0,136
Доверительный интервал		верхний предел		$\bar{\kappa} + \delta_{\bar{\kappa}}$	1,296
		нижний предел		$\bar{\kappa} - \delta_{\bar{\kappa}}$	1,024

^{226}Ra и ^{214}Bi в грунтах колеблются в широких пределах, достигая более чем трехкратных различий. Тем не менее в подавляющем большинстве опробованных точек грунтового массива (точки № 1–11, 15–17) значения κ -коэффициента близки к единице ($\kappa_i = 1,032 \div 1,171$), что соответствует «квазиравновесным» соотношениям ^{214}Bi и ^{226}Ra , с учетом вариаций концентрации ^{214}Bi , обусловленной различиями в поступлении Rn_{bat} .

Относительно высокое содержание ^{214}Bi в грунтах на точке измерения № 16 обусловлено высоким

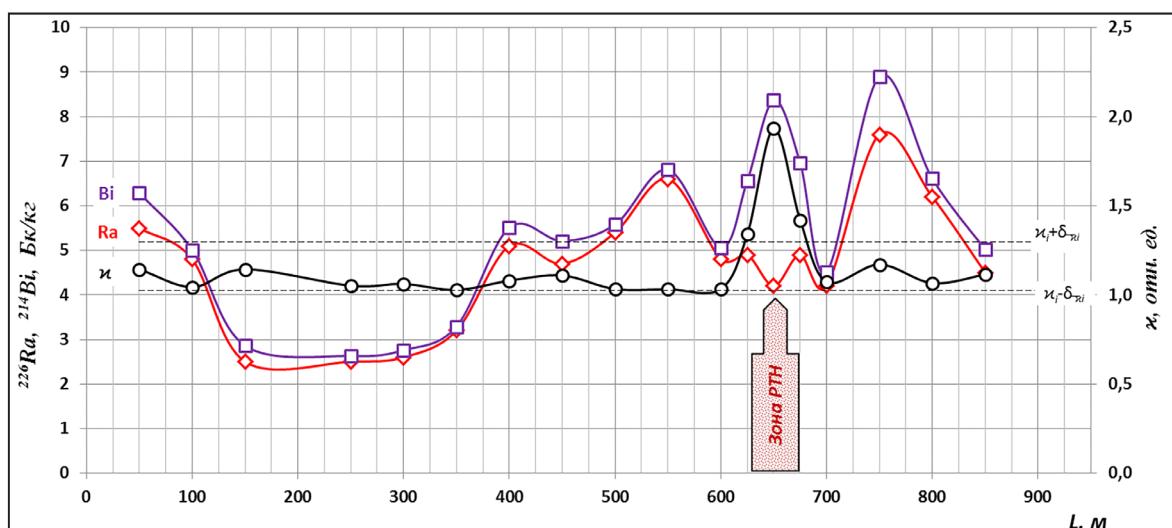


Рисунок – Графическая модель хода концентраций ^{226}Ra , ^{214}Bi и величины κ -критерия по профилю

содержанием ^{226}Ra и, следовательно, не может быть связано с влиянием зоны тектонического нарушения. Значение χ для этой точки не выходит за пределы доверительного интервала, то есть соотношения между радионуклидами близко соответствуют состоянию «квазиравновесия» между ними. Таким образом, для диагностики положения зоны РТН выявление в грунтах только высоких концентраций ^{214}Bi , отражающих высокую суммарную концентрацию радона, оказывается недостаточным и недостоверным, поскольку эти концентрации чаще всего обусловлены высокой радонопродуцирующей способностью грунтов.

В грунтах на точках № 12–14 величина $\bar{\chi}_i$ выходит далеко за пределы доверительного интервала $\chi_i + \delta_{\bar{\chi}_i}$, что свидетельствует о концентрации ^{214}Bi в этих грунтах, значимо превышающей его равновесное количество, и указывает на аномальную концентрацию радона. Местоположение грунтов с такими значениями χ соответствует местоположению проекции искомой зоны разрывного тектонического нарушения, сформированного в нижележащих слоях горных пород, или непосредственному выходу этой зоны на дневную поверхность. Как показано на рисунке, ширина локализованной таким образом зоны РТН, в пределах которой грунты характеризуются аномальными содержаниями радона, составляет около 50 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Протяженные линейные зоны тектонических нарушений обычно незначительны по площади, однако неизменно сопровождаются аномальными концентрациями радона в приповерхностных грунтах, и поэтому их выявление является важным элементом прогнозной оценки радиоопасности. Обычно эти зоны диагностируются по результатам комплексных геофизических исследований, сложных и дорогстоящих, сопровождающихся анализом условий залегания слоев осадочных образований посредством изучения керна глубоких скважин.

2. В работе дается обоснование способа диагностики разрывного тектонического нарушения по результатам анализа рядовых радионометрических измерений, выполняемых с помощью полевых гамма-спектрометрических методов, простых, относительно дешевых и экспрессных.

3. Предлагаемый способ применим для локализации зон разрывных тектонических нарушений на сейсмоспокойных платформенных территориях, и его использование позволяет существенно повысить достоверность оценок уровня радиоопасности селитебных территорий.

4. Суть описанного способа заключается в выявлении аномальных величин отношения содержаний ^{214}Bi к ^{226}Ra , свидетельствующих о повышенном поступлении в покровные грунты глубинного радона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Влияние** зон разрывных нарушений на концентрацию радона в почвенном воздухе на территории Беларуси / А. В. Матвеев [и др.] // Геохімія та рудоутворення. – 2014. – Вип. 34. – С. 69–77.
- 2. Геохимическое** поле радона в поровом воздухе почв над погребенной трубкой взрыва / М. И. Автушко [и др.] // Літасфера. – 1995. – № 3. – С. 158–160.
- 3. Далатказин, Т. Ш.** Экспериментальные исследования возможности использования радионометрии для геодинамического районирования / Т. Ш. Далатказин, Ю. П. Коновалова, В. И. Ручкин // Літасфера. – 2013. – № 3. – С. 146–150.
- 4. Дверницкий, Б. Г.** Радоновый мониторинг эндогенных геологических процессов / Б. Г. Дверницкий // АНРИ. – 2008. – № 2 (53). – С. 72–73.
- 5. Жуковский, А. И.** Измерение радиоактивности почв методом «in situ» / А. И. Жуковский, К. Моги, С. А. Кутень // Весці НАН Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных наукаў. – 2016. – № 3. – С. 105–110.
- 6. Матвеев, А. В.** Геоактивные зоны на территории Беларуси / А. В. Матвеев // Літасфера. – 2015. – № 1 (42). – С. 64–79.
- 7. Радон** в природных и техногенных комплексах Беларуси / А. В. Матвеев [и др.] // Літасфера. – 1996. – № 3. – С. 151–161.
- 8. Разломы** земной коры Беларуси / Р. Е. Айзберг [и др.] ; под ред. Р. Е. Айзберга. – Минск : Красико-Принт, 2007. – 372 с.
- 9. Рынский, М. А.** О влиянии динамики земной коры на поступление радона к земной поверхности / М. А. Рынский, М. И. Автушко // Літасфера. – 2008. – № 1 (28). – С. 148–151.

10. The Nubase 2016 evaluation of nuclear properties / G. Audi [et al.] // Chinese Physics. – 2017. – Vol. 41, № 3. – P. 1–138.

Статья поступила в редакцию 04.05.2022

Рецензент В.И. Пашкевич

ДЫЯГНОСТЫКА ЗОН ТЭКТАНІЧНЫХ ДЫСЛАКАЦІЙ ПА ДАНЫХ ПАЛЯВОЙ ГАМА-СПЕКТРАСКАПІІ ПРЫПАВЕРХНЕВЫХ ДЫСПЕРСНЫХ ГРУНТОЎ НА ТЭРЫТОРЫІ г. ГОМЕЛЯ

М.І. Аўтушка¹, А.В. Мацвеев², А.І. Жукоўскі³, С.А. Ісачэнка¹

¹Інстытут радыёбіялогіі НАН Беларусі
вул. Федзюнінскага, 16, 246045, Гомель, Беларусь
E-mail: avtyshko10021950@gmail.com

²Інстытут прыродакарыстання НАН Беларусі
вул. Ф. Скарыны, 10, 220076, Мінск, Беларусь
E-mail: matveyev@nature-nas.by

³Навукова-вытворчая ўнітарнае прадпрыемства «АТАМТЭХ»
вул. Гікала, 5, 220005, Мінск, Беларусь
E-mail: alexzukovski@gmail.com

Разрыўныя тэктанічныя парушэнні (РТП) шырока распаўсюджаны на тэрыторыі Беларусі. Гэтыя лінейныя зоны звычайна нязначныя на плошчы, але заўсёды суправаджаюцца аномальнымі канцэнтрацыямі радону ў прыпавархнёвых грунтах і іх выяўленне з'яўляецца важным элементам ацэнкі радонанебяспечнасці селітэбных тэрыторый. Палажэнне зон РТП звычайна вызначаецца па даных комплексных геофізічных даследаванняў, якія з'яўляюцца складанымі і дорага каштуюць. У работе абургунтаваны спосаб дыягностикі разломаў па выніках аналізу *in situ* вымярэнняў радону ў грунтах і выяўлення аномальных величынь адносін ²¹⁴Bi да ²²⁶Ra.

TECTONIC DISLOCATION DETECTION BASED ON FIELD GAMMA-SPECTROSCOPY MEASUREMENTS OF NEAR-SURFACE DISPERSIVE SOILS ON THE TERRITORY OF GOMEL

M. Autushka¹, A. Matveyev², A. Zhukovsky³, S. Isachenko¹

¹Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus
16 Fedyuninsky St, 246007, Gomel, Belarus
E-mail: avtyshko10021950@gmail.com

²Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
10 F. Skoryna St, 220076, Minsk, Belarus
E-mail: matveyev@nature-nas.by

³Research and Production Enterprise ATOMTEX
5 Gikalo St, 220005, Minsk, Belarus
E-mail: alexzukovski@gmail.com

Tectonic disjunctive dislocations (TDD) are of a widely common occurrence on the territory of Belarus. These linear zones of tectonic deformation, although not very significant in terms of their stretch area, have a close association with consistent anomalies of radon concentrations in the near-surface soils. Therefore the detection of such zones is an important element of inclusive radon-associated hazard assessments of residential areas. As a general practice, TDD zones are normally detected using the results of complex and expensive geophysical surveys. However, it has been substantiated that a TDD detection approach is based on routine field measurements of radon with simple, relatively inexpensive and express *in situ* analytical techniques. The essence of this method is the detection of anomalous ratio values of ²¹⁴Bi and ²²⁶Rn that are used to diagnose TDD zone position.

ГЕАЛОГІЯ

УДК 551.3:551.435.8(476.1/.4/.6)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КАРСТОВЫХ И СУФФОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕЛАРУСИ

Е.А. Кухарик

Институт природопользования НАН Беларуси
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь
E-mail: shzhk@mail.ru

Приведены результаты исследований особенностей проявления карста и супфозии на территории Центральной Беларуси. Анализируются условия и факторы, приводящие к развитию этих процессов в регионе. Установлено, что площадь участков, занятых поверхностными проявлениями карста на изученной территории, составляет 360 км², а развитие покрытого типа карста возможно на площади около 13 800 км². Участки с плотностью супфозионных западин более 25 шт./км², в пределах которых хозяйственная деятельность человека затруднена или невозможна, занимают в регионе 710 км², а районы с меньшей плотностью этих форм – около 8650 км². Охарактеризованы поверхностные и подземные морфологические проявления карста и супфозии, геоэкологические последствия реализации этих процессов.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Центральной Беларуси, характеризующейся контрастными геологическими условиями, определенное распространение получили карстовый и супфозионный процессы, проявление которых приводит к возникновению специфических форм рельефа и оказывает заметное воздействие на условия хозяйственного освоения подверженных этим процессам площадей.

В настоящее время изучение карстового и супфозионного процессов выполняется преимущественно в рамках инженерно-геологических и геоэкологических исследований, так как эти процессы являются опасными для некоторых видов хозяйственной деятельности и способны в отдельных случаях приводить к возникновению серьезных экономических, социальных и экологических проблем [23; 29]. По вопросам карстоведения и изучению супфозии опубликована представительная литература. Наиболее значимые работы по рассматриваемым вопросам подготовлены А.П. Павловым [22], Ф.П. Саваренским [24], Г.А. Максимовичем [14], Н.А. Гвоздецким [7], Д.С. Соколовым [26], В.Б. Михно [18], В.Н. Дуб-

лянским и Г.Н. Дублянской [8; 9], В.П. Хоменко [27; 28; 29], А.В. Аникеевым [2; 3; 4] и др. Развитие карстового и супфозионного процессов на территории Беларуси исследовали А.В. Матвеев [15; 16; 17], Г.А. Колпашников [12], О.П. Корсакова [13], А.Н. Галкин [10], В.М. Мотуз [19; 20] и др. Анализ опубликованных материалов показывает, что изучение особенностей проявления карста и супфозии как активных современных геологических процессов, обусловливающих развитие неблагоприятных последствий для природной среды, условий хозяйственного освоения территорий и жизнедеятельности человека, является весьма актуальной задачей. Соответственно, целью настоящей статьи является изучение площадного распространения проявлений и последствий развития перечисленных геологических процессов на территории Центральной Беларуси.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При выполнении исследований использована комплексная методика, включающая анализ опубликованных литературных источников и фондо-

вых материалов, данных дистанционных съемок, описаний разрезов буровых скважин, полевые маршрутные наблюдения и замеры, картометрические и картосоставительские работы. Компьютерная обработка данных производилась в геоинформационной системе QGIS 3.22.1 и графическом редакторе CorelDRAW 2018.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Под *карстовым процессом* понимается растворение, выщелачивание и вынос подземными и поверхностными водами растворимых веществ из породного массива, ведущий к образованию характерных поверхностных или подземных форм рельефа (воронок, каверн, каналов, галерей и др.). Он получил довольно широкое развитие на территории Центральной Беларуси. Здесь в зависимости от условий залегания карстующихся пород и особенностей геолого-геоморфологических проявлений карста получили развитие открытый и покрытый его типы. Реализация этого процесса возможна при благоприятном сочетании нескольких факторов. Впервые условия для развития карста сформулировал Ф.П. Саваренский [24]. Эти положения позднее были уточнены Д.С. Соколовым [26]. Так, для развития карстового процесса необходимо наличие растворимых горных пород, их водопроницаемость, движение воды в массиве и растворяющая способность воды. Отсутствие любого из перечисленных условий исключает вероятность проявления карстового процесса [6]. Большое влияние на развитие карста оказывают особенности рельефа земной поверхности. К примеру, спокойный характер рельефа способствует возникновению застойного режима поверхно-

стых вод, обуславливая их просачивание в нижележащие горизонты. На участках, прилегающих к склонам речных долин, в зонах разгрузки и разуплотнения горных пород движение подземных вод ускорено, что благоприятствует карстообразованию [6]. Немаловажным фактором развития карста является наличие активизированных на современном этапе разломов земной коры, в зонах которых наблюдается повышенная трещиноватость пород, что способствует свободному циркулированию воды в породном массиве.

В зависимости от минерального состава подверженных карстованию пород в регионе отмечаются проявления карбонатного (наиболее широко распространенного) и соляного типов карста. Переходим непосредственно к их характеристике.

Участки проявления открытого карста тяготеют преимущественно к восточной части рассматриваемого региона, площадь их оценивается в 360 км² (0,4% от общей площади региона) (рис. 1). В современной земной поверхности региона открытые проявления карбонатного карста выражены в форме замкнутых котловин и понижений, западин, воронок, различающихся по площади и глубине, распространенных на участках с неглубоко залегающими мергельно-меловыми породами. В таких понижениях изредка возникают незначительные по площади и неглубокие озера [25]. Некоторые депрессии карстового происхождения диаметром не более 50–70 м описаны в бассейне р. Удога, в Кричевском (диаметр 30–70 м), Славгородском (диаметр 40–50 м (до 200 м)) и Костюковичском (диаметр до 50 м) районах Могилевской области. Глубина их изменяется от 0,3 до 3 м, редко достигая 5 м (левобережье р. Беседы и др.) [10; 25].

Необходимо отметить, что относительно крупные открытые формы карста на территории Цент-

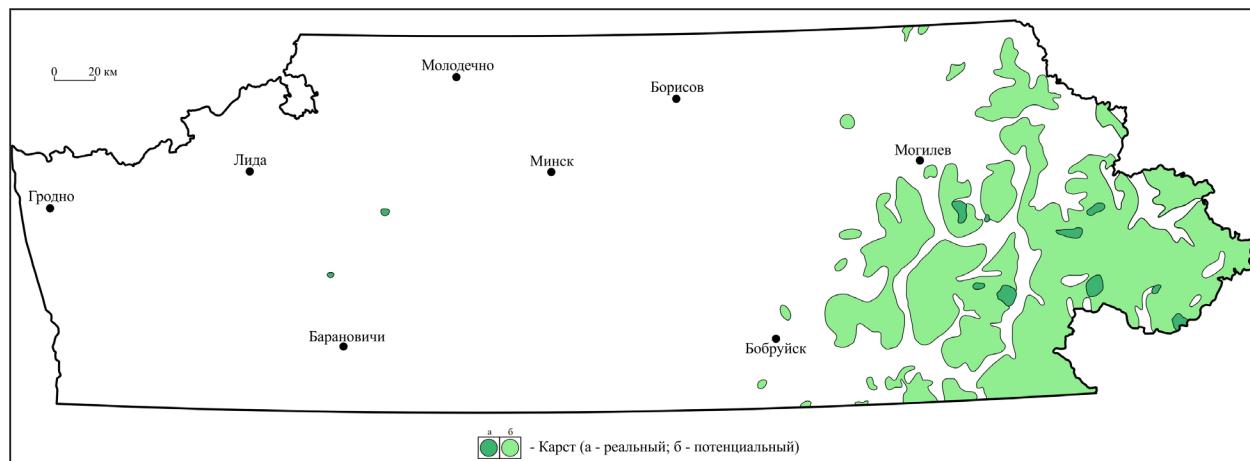


Рисунок 1 – Схема проявления карста на территории Центральной Беларуси

ральной Беларуси встречаются редко, так как выходы карстующихся пород на дневную поверхность фиксируются на незначительных по площади участках некоторых мергельно-меловых отторженцев, долин р. Днепр, Сож и их притоков. В центральной части рассматриваемого региона установлено наличие котловин карстового генезиса, в настоящее время занятых озерами Свитязь (площадь 2,24 км², максимальная глубина 15,0 м) и Кромань (площадь 0,92 км², максимальная глубина 26,5 м) [5]. Внemасштабные батиметрические схемы этих водоемов показаны на рис. 2.

Более широко на территории Центральной Беларуси распространен покрытый тип карста, который развивается в условиях перекрытия подверженных растворению и выщелачиванию карбонатных пород чехлом рыхлых водопроницаемых отложений мощностью в основном 10–15 м (до 40–50 м). Подобные участки выделены преимущественно в восточной части исследуемого региона. Согласно имеющимся данным [1; 10], карстовые углубления, заполненные глинами, супесчаными, песчаными и буроугольными отложениями были установлены при помощи бурения практически по всей поверхности верхнемеловых пород в Беларуси. Согласно проведенным нами подсчетам, площадь районов с развитием покрытого типа карста в регионе составляет 13 800 км² (14,5% от общей площади региона).

Отдельную категорию карстовых проявлений составляет техногенно обусловленный соляной

карст, развитие которого отмечено на поверхности солеотвалов в районе г. Солигорска [10; 12]. Здесь к благоприятным факторам карстообразования относятся гидрохимические и гидродинамические характеристики солеотвалов (высокая растворимость слагающих их солей (NaCl, KCl)), их высотное положение выше местного базиса эрозии. Морфологически карст на поверхности солеотвалов выражен в виде карров, трещин, воронок и других микроформ рельефа. На крутых склонах и крупных уступах располагаются поноры – вертикальные каналы длиной до 10 м и более, способные в некоторых случаях перерастать в карстовые колодцы глубиной до 3–5 м. Дальнейшее развитие процесса ведет к образованию карстовых провалов. По оценкам Г.А. Колпашникова [12], активность карстовой денудации поверхности солеотвалов Солигорского горнопромышленного района равна 12 см/год, а ее потенциально возможный показатель достигает 25–30 см/год.

В районах проявления карстовых процессов хозяйственное освоение территорий, а также проектирование и строительство различных сооружений должны проводиться с учетом материалов детальных инженерно-геологических изысканий, что требует дополнительных материальных затрат. Следует отметить, что игнорирование этих данных может повлечь за собой возникновение аварийных ситуаций (вплоть до разрушения) эксплуатируемых природных и природно-техногенных объектов, ухудшение условий проживания населения [10; 11].

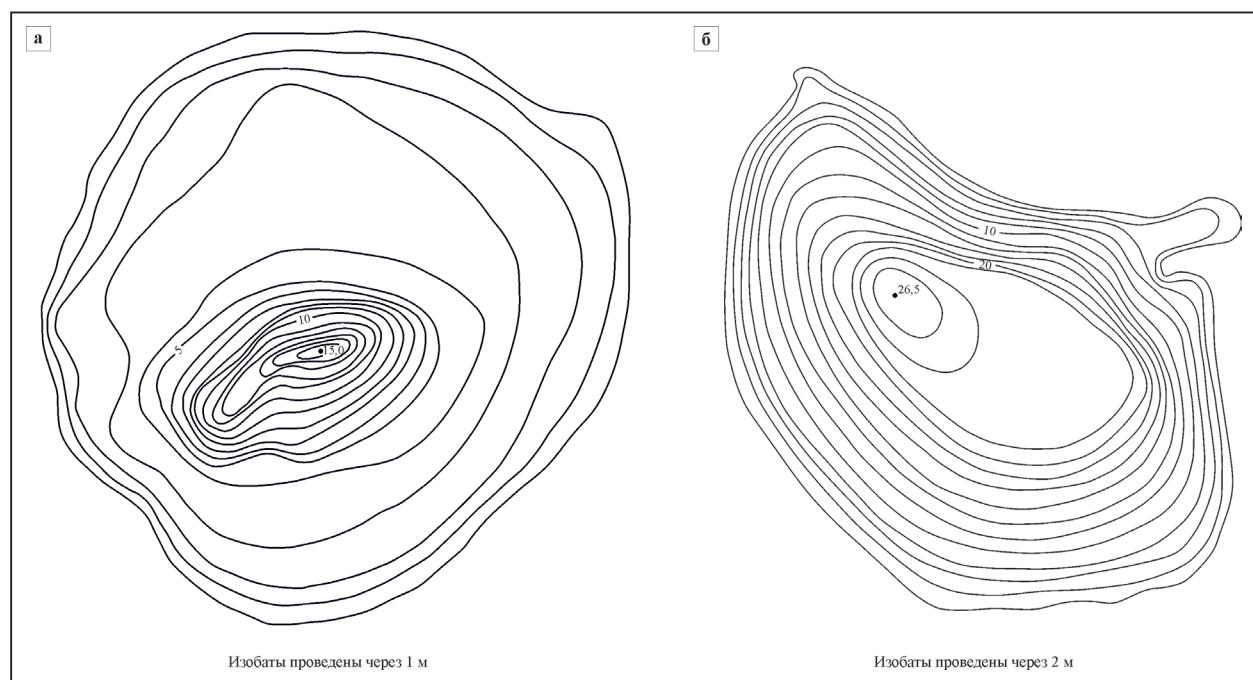


Рисунок 2 – Батиметрические схемы оз. Свитязь (а) и Кромань (б) [по 21]

Наряду с карстом на территории Центральной Беларуси определенное развитие получил такой активный экзогенный геологический процесс, как *супфозия*. В специальной научной литературе определение этого процесса является предметом дискуссии [2; 3; 4; 10; 27]. По нашему мнению, удачным можно считать определение супфозии как процесса механического выноса мелких частиц из породы, заполнителя трещин и полостей фильтрационным потоком подземных вод [6, с. 210]. Проявления супфозии в исследуемом регионе фиксируются преимущественно в местах расположения в разрезе покровных отложений толщ лессовидных пород. Они приурочены к центральной, восточной и северо-восточной частям центрально-небелорусского региона (Минская, Новогрудская, Оршанская возвышенности, Копыльская гряда, Горецкая, Могилевская и Костюковичская равнины, Стрешинская низина) (рис. 3).

В условиях Центральной Беларуси супфозия развивается под действием пассивных и активных факторов. К пассивным факторам относятся наличие в разрезе покровных отложений лессовидных пород, хорошо поддающихся механическому разрушению водными потоками, их свойства и условия залегания [13]. Наибольшей мощности лессовидные породы достигают в пределах Оршанской возвышенности и Горецкой равнины, восточнее долины р. Проня – 5–12 м, в бассейне р. Сож 8–10 м. В центральной части региона, в междуречье р. Птич и Свислочь лессовидные породы составляют толщу 1–8 м, между г. Логойском и Смолевичами – 0,5–1,5 м, в пределах Копыльской гряды – до 1,3 м, Новогрудской возвышенности – 1–7 м [20]. Активным фактором реализации супфозионного процесса является режим подземных вод: он активизируется при наличии определен-

ного градиента потока, вызывающего образование повышенных скоростей фильтрации воды или определенной величины гидродинамического давления в массиве пород [12]. Сочетание перечисленных выше факторов обуславливает развитие супфозии с образованием комплекса специфических и взаимосвязанных между собой подземных и поверхностных форм рельефа. Подземный супфозионный рельеф представлен в виде поноров, воронок, колодцев, шахт, тоннелей, пещер, останцов и арок. Поверхностными формами рельефа супфозионного генезиса являются западины, блюдца, ложбины, циркообразные ниши. В строении современной земной поверхности наиболее распространенными супфозионными формами являются западины глубиной 0,1–1,5 м (иногда до 3 м) и диаметром от 30–50 м до 100–120 м, плотность которых колеблется от считанных до 70–80 шт./ км^2 и более [10; 25]. Максимальная пораженность супфозионными западинами наблюдается южнее и западнее г. Мстиславля (более 40 шт./ км^2), в междуречье р. Черная Натопа и Вихра, восточнее долины р. Проня (25–40 шт./ км^2), на отдельных участках Оршанской и Новогрудской возвышенностей и Могилевской равнины количество западин варьирует в пределах 10–15 шт./ км^2 .

При плотности супфозионных форм рельефа более 25–30 шт./ км^2 земли становятся практически непригодными для хозяйственного использования, снижается плодородие почв, к супфозионному разрушению покровных отложений присоединяются водно-эррозионные и гравитационные процессы. При проведении исследований нами к участкам опасного проявления супфозии отнесены районы с плотностью западин более 25 шт./ км^2 , их площадь в пределах Центральной Беларуси составляет 710 км^2 (0,75 % от общей пло-

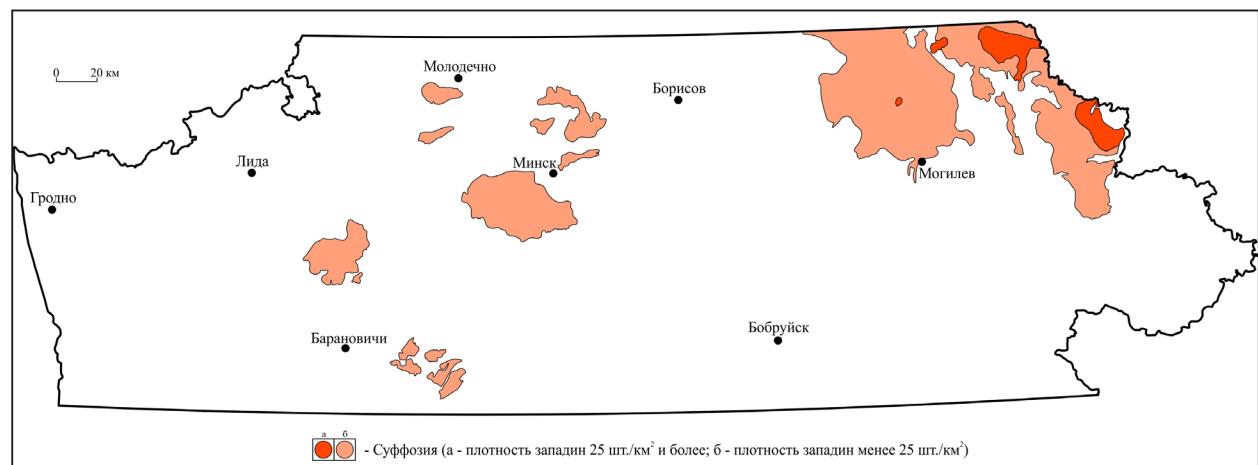


Рисунок 3 – Схема проявления супфозии на территории Центральной Беларуси

щади региона). Развитие перечисленных форм рельефа связано в основном с интенсивной распашкой территории, вследствие чего их можно считать относительно молодыми образованиями (до 150–200 лет) [13]. Площадь участков с плотностью поверхностных суффозионных проявлений менее 25 шт./км² на территории исследуемого региона составляет 8650 км² (9,1 % от общей площади региона).

В отдельную категорию можно выделить проявления суффозии, развивающиеся в условиях интенсивного техногенного пресса – на урбанизированных территориях, участках мелиоративных системах, в береговой зоне водохранилищ и др. Суффозионная просадочность и провалообразование часто отмечаются в крупных городах Центральной Беларуси – г. Минске, Гродно, Могилеве и др. Так, в г. Минске крупные провалы фиксировались в районе ул. Аэродромной (2009), на пересечении ул. Клары Цеткин и ул. Мясникова (2016), на ул. Кирова (2017), ул. Фабричной (2018). В г. Гродно суффозионный провал образовался на ул. Буденного (2011). В г. Могилеве формирование провалов на проезжей части ул. Ленинской и пр. Пушкинского фиксировалось в 2017 и 2021 гг. соответственно. В отдельных случаях суффозионные просадки могут провоцировать аварийность зданий, как это было установлено для некоторых домов в г. Могилеве [17]. Незначительные по размерам суффозионные провалы отмечаются на территории городов довольно часто. Наиболее распространенной причиной развития подобных проявлений выступают водопотери из коммуникаций ливневой канализации или трубопроводной сети: часто процесс размыва грунта длится продолжительное время, если утечка жидкости происходит в капельном режиме. При аварийном прорыве трубопровода размыв и вынос минеральных частиц грунтов различного состава и генезиса протекает стремительно, кровля перекрывающего образовавшуюся полость покрытия (асфальтного, тротуарного и др.) обрушивается и формируется просадка или провал глубиной до 3–5 м. Это затрудняет движение по проезжей части, создает риск возникновения дорожно-транспортных происшествий, пробок и т. д. Для предупреждения и ликвидации последствий техногенно обусловленной суффозии требуются значительные материальные затраты, связанные с ремонтом или профилактикой нарушений в работе водонесущих

коммуникаций, восстановлением и укреплением грунтовых оснований дорог, зданий и т. д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что на территории Центральной Беларуси сложились благоприятные геологические условия для развития карстового и суффозионного процессов. Определяющими факторами проявления карста является наличие карбонатных или соляных пород в толще покровных отложений и присутствие поверхностных или подземных источников перемещающихся в породном массиве вод. Распространение поверхностных и подземных карстовых форм на территории исследуемого региона отмечается преимущественно в восточной части, где подверженные карстованию мергельно-меловые породы верхнего мела залегают на глубине от нескольких до 40–50 м, а также в некоторых районах центральной части региона. Важным для развития суффозии в условиях Центральной Беларуси является наличие в разрезе покровных отложений лессовидных пород, легко поддающихся размыву поверхностными и подземными водами. Наибольшая плотность суффозионных форм рельефа характерна для северо-восточной части региона (окрестности г. Горок и Мстиславля); кроме этого, проявления суффозии отмечаются в ряде районов центральной части рассматриваемой территории. В городах техногенно обусловленная суффозия развивается в отложениях различного состава и генезиса при условии наличия водопотерь из водопроводной или канализационной сетей и прочих аварийных ситуациях на водонесущих конструкциях. Развитие карста и суффозии приводит к заметным негативным последствиям для природной среды и условий жизнедеятельности человека. Это, прежде всего, нарушение функционирования (вплоть до разрушения) природных и природно-антропогенных комплексов (сельскохозяйственных угодий, дорожных насыпей и полотна, повышение аварийности зданий и сооружений, увеличение вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий и др.), формирование значительного экономического ущерба, связанного с дополнительными затратами на изыскания для строительства, ремонтные работы по устранению неполадок и восстановлению поврежденных элементов инфраструктуры и т. д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ажгиревич, Л. Ф. Карстовый тип угленакопления Белоруссии / Л. Ф. Ажгиревич, Э. А. Левков // Доклады Академии наук БССР. – 1979. – Т. XXIII, № 3. – С. 265–268.
2. Аникеев, А. В. Провалы и воронки оседания в карстовых районах: механизмы образования, прогноз и оценка риска / А. В. Аникеев. – Москва : РУДН, 2017. – 328 с.
3. Аникеев, А. В. Суффозия. Классификация процесса / А. В. Аникеев // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2006. – № 2. – С. 151–155.
4. Аникеев, А. В. Суффозия. Механизм и кинематика свободной суффозии / А. В. Аникеев // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2006. – № 6. – С. 544–553.
5. Блакітны скарб Беларусі : энцыклапедыя / рэдкал.: Г. П. Пашкоў [і інш]. – Мінск : БелЭн, 2007. – 480 с.
6. Бондарик, Г. К. Инженерная геодинамика : учебник / Г. К. Бондарик, В. В. Пендин, Л. А. Ярг. – Москва : КДУ, 2018. – 472 с.
7. Гвоздецкий, Н. А. Карст / Н. А. Гвоздецкий. – Москва : Мысль, 1981. – 214 с.
8. Дублянская, Г. Н. Картографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий / Г. Н. Дублянская, В. Н. Дублянский ; под науч. ред. В. Н. Саломатина. – Новосибирск : ОИГГИМ, 1992. – 144 с.
9. Дублянский, В. Н. Карст мира / В. Н. Дублянский, Г. Н. Дублянская. – Пермь : [б. и.], 2007. – 330 с.
10. Инженерная геология Беларуси : в 3 ч. / А. Н. Галкин [и др.] ; под ред. В. А. Королева. – Витебск : ВГУ, 2016–2018. – Ч. 2 : Инженерная геодинамика Беларуси / А. Н. Галкин [и др.] ; под ред. В. А. Королева. – 2017. – 452 с.
11. Инженерная геология России : монография / под общ. ред. В. Т. Трофимова. – Москва : Издательский дом «КДУ», 2011. – Т. 2 : Инженерная геодинамика территории России / В. Т. Трофимов [и др.] ; под ред. В. Т. Трофимова, Э. В. Калинина. – Москва : Издательский дом «КДУ», 2013. – 816 с.
12. Колпашников, Г. А. Техногенез и геологическая среда / Г. А. Колпашников. – Минск : БНТУ, 2006. – 182 с.
13. Корсакова, О. П. Геоморфологическая роль суффозии в лессовых породах Белоруссии : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.04 / О. П. Корсакова. – Москва, 1973. – 23 с.
14. Максимович, Г. А. Основы карстоведения : в 2 т. / Г. А. Максимович. – Пермь : Кн. изд-во, 1963–1969. – 2 т.
15. Матвеев, А. В. Классификация природных и природно-антропогенных опасностей литосферного класса на территории Беларуси / А. В. Матвеев // Літасфера. – 2017. – № 1 (46). – С. 98–106.
16. Матвеев, А. В. Особенности современного морфогенеза на территории Беларуси / А. В. Матвеев // Вопросы географии. – 2015. – Сб. 140 : Современная геоморфология. – С. 380–395.
17. Матвеев, А. В. Природные и природно-антропогенные опасности экзогенного типа на территории Беларуси / А. В. Матвеев // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году науки в Респ. Беларусь, Брест, 25–27 сент. 2017 г. : в 2 ч. / редкол.: А. К. Карабанов [и др.] ; науч. ред. А. К. Карабанов, М. А. Богдасаров. – Брест : БрГУ, 2017. – Ч. 1. – С. 12–15.
18. Михно, В. Б. Карстово-меловые геосистемы Русской равнины / В. Б. Михно. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1990. – 200 с.
19. Мотуз, В. М. О происхождении блюдцеобразных западин в лессовых породах БССР / В. М. Мотуз // Почвенные исследования и применение удобрений. – 1978. – Вып. 9. – С. 9–13.
20. Мотуз, В. М. О происхождении лессовых пород на территории Белоруссии / В. М. Мотуз // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. – 1986. – № 55. – С. 52–63.
21. Озера Беларуси : справочник / Б. П. Власов [и др.]. – Минск : БГУ, 2004. – 284 с.
22. Павлов, А. П. О рельфе равнин и его изменениях под влиянием работы подземных и поверхностных вод / А. П. Павлов // Землеведение. – 1898. – Т. 5, кн. 3–4. – С. 91–147.
23. Пашкин, Е. М. Терминологический словарь-справочник по инженерной геологии / Е. М. Пашкин, А. А. Каган, Н. Ф. Кривоногова ; под ред. Е. М. Пашкина. – Москва : КДУ, 2011. – 952 с.
24. Саваренский, Ф. П. Гидрогеология / Ф. П. Саваренский. – Москва ; Ленинград ; Новосибирск : Горгеонефт-издат, 1933. – 320 с.
25. Современная динамика рельефа Белоруссии / А. В. Матвеев [и др.] ; под ред. Б. Н. Гурского, А. В. Матвеева. – Минск : Навука і тэхніка, 1991. – 102 с.
26. Соколов, Д. С. Основные условия развития карста / Д. С. Соколов – Москва : Госгеолтехиздат, 1962. – 322 с.
27. Хоменко, В. П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов / В. П. Хоменко. – Москва : ГЕОС, 2003. – 216 с.

28. Хоменка, В. П. Карстово-супфозионные процессы и их прогноз / В. П. Хоменко ; отв. ред. Р. С. Зиангиров. – Москва : Наука, 1986. – 97 с.

29. Хоменка, В. П. Противокарстовая и противосупфозионная защита в России: история и современность / В. П. Хоменко // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13, вып. 4 (115). – С. 482–489.

Статья поступила в редакцию 27.09.2022

Рецензент А.Н. Галкин

АСАБЛІВАСЦІ ПРАЯЎЛЕННЯ СУЧАСНЫХ КАРСТАВЫХ І СУФАЗІЙНЫХ ПРАЦЭСАЎ НА ТЭРЫТОРЫІ ЦЭНТРАЛЬНАЙ БЕЛАРУСІ

Я.А. Кухарык

Інстытут прыродакарыстання НАН Беларусі
вул. Ф. Скарыны, 10, 220076, Мінск, Беларусь
E-mail: shzhk@mail.ru

Прыведзены вынікі даследавання ў асаблівасцей праяўлення карсту і супфозіі на тэрыторыі Цэнтральнай Беларусі. Аналізујушца ўмовы і фактары, якія прыводзяць да развіцця гэтых працэсаў у рэгіёне. Установлена, што плошча ўчасткаў, занятых павярхоўнымі праявамі карсту на вывучанай тэрыторыі, складае 360 km^2 , а развіццё пакрытага тыпу карсту магчыма на плошчы каля $13\ 800 \text{ km}^2$. Участкі са шчыльнасцю супфазійных западзін больш за 25 шт./km^2 , у межах якіх гаспадарчая дзеянасць чалавека абцяжарана ці немагчыма, займаюць у рэгіёне 710 km^2 , а раёны з меншай шчыльнасцю гэтых форм – каля 8650 km^2 . Ахарактарызаваны павярхоўныя і падземныя марфалагічныя праявы карсту і супфозіі, геаэкалагічныя наступствы рэалізацыі гэтых працэсаў.

MANIFESTATION OF MODERN KARST AND SUFFOSION PROCESSES ON THE TERRITORY OF CENTRAL BELARUS

E. Kukharik

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
10 F. Skoryna St, 220076, Minsk, Belarus
E-mail: shzhk@mail.ru

The article presents the results of the studies of the manifestation of karst and suffosion processes on the territory of Central Belarus. The conditions and factors leading to the development of these processes in the region are being analyzed. It has been established that the total area of the actual manifestation of karst on the studied territory is 360 km^2 , and its potential development is possible on an area of approximately $13\ 800 \text{ km}^2$. Areas with the density of suffosion sinkholes of more than 25 pieces/km^2 occupy 710 km^2 of the region. Human economic activity is difficult or even impossible within their limits. The areas with a lower density of such forms are about 8650 km^2 . Overground and underground morphological manifestations of karst and suffosion as well as geoecological consequences of these processes have been characterized.

ГЕАХИМИЯ

УДК 551.464.6.02; 551.734.2; 551.734.3 (476-11)

ВАРИАЦИИ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА В ЭМССКО-ФРАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРО-ПРИПЯТСКОГО ПЛЕЧА (ЮГО-ВОСТОК БЕЛАРУСИ)

А.А. Махнач¹, Б.Г. Покровский², О.В. Мурашко¹

¹Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

Филиал «Институт геологии»

ул. Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь

E-mail: makhnach@geologiya.by

² Геологический институт РАН

Пыжевский пер., 7, 119017, Москва, Россия

E-mail: pokrov@ginras.ru

Изучено распределение изотопов углерода и кислорода в эмсско-франских карбонатных и карбонатсодержащих породах разреза параметрической скв. Приволье на Северо-Припятском плече (юго-восток Беларуси).

В эмсско-среднеэйфельской части разреза вариации $\delta^{13}\text{C}$ двумя отрицательными экскурсами (до -6...-8‰) трассируют эвапоритовый эпизод (карбонатно-сульфатные породы, желваки, прожилки и другие проявления гипса и ангидрита). Экскурсы связаны с активизацией поступления континентальных вод, обогащенных почвенным углеродом, в условиях сильного обмеления бассейна и, возможно, его расчленения на участки суши и эвапоритовые ванны. Первая фаза эвапоритового эпизода отмечена на отрезке витебский горизонт – адровско-освейская граница. В начале освейского времени происходит возврат к нормальным морским условиям (рост $\delta^{13}\text{C}$ до -2...-1‰), а затем опять активизируется поступление вод с суши и наступает вторая фаза эвапоритизации, которая заканчивается в городокское время.

На углеродно-изотопной кривой верхнеэйфельско-франского интервала разреза наблюдается трехкратное чередование участков с нормальными морскими значениями $\delta^{13}\text{C}$ (0...+1‰) и несколько пониженными (до -2...-3, в единичных случаях до -3,8‰). Последние трассируют три фазы поступления почвенного углерода в составе вод континентального стока: кратковременную – в первой половине полоцкого времени, длительную – охватывающую вторую (большую) половину полоцкого времени, и намечающуюся – в конце ланского времени.

Динамика $\delta^{18}\text{O}$ в разрезе в основном повторяет поведение значений на девонском отрезке глобальной хемостратиграфической кривой. Изотопный состав кислорода, имеющий главным образом морской облик, не «реагирует» на отрицательные экскурсии $\delta^{13}\text{C}$, связанные с активизацией континентального стока. Причиной этого является практическое отсутствие разницы между значениями $\delta^{18}\text{O}$ метеорных осадков, дающих начало водам суши, и морской воды в низких широтах, где в девоне находилась территория Беларуси.

ВВЕДЕНИЕ

В 2019–2022 гг. нами опубликованы результаты изотопно-хемостратиграфического изучения нижне- и среднедевонских отложений Беларуси в разрезах четырех скважин. Это параметрические скв. Быховская в зоне сочленения Оршан-

ской впадины и Жлобинской седловины [9; 10], Кормянская на Жлобинской седловине [8; 10] и Северо-Полоцкая в юго-восточной части Латвийской седловины [2], а также скв. ГГК-1, пробуренная в рамках программы глубинного геологического картирования на юго-западе Воронежской антиклизы [1] (рис. 1). В разрезах

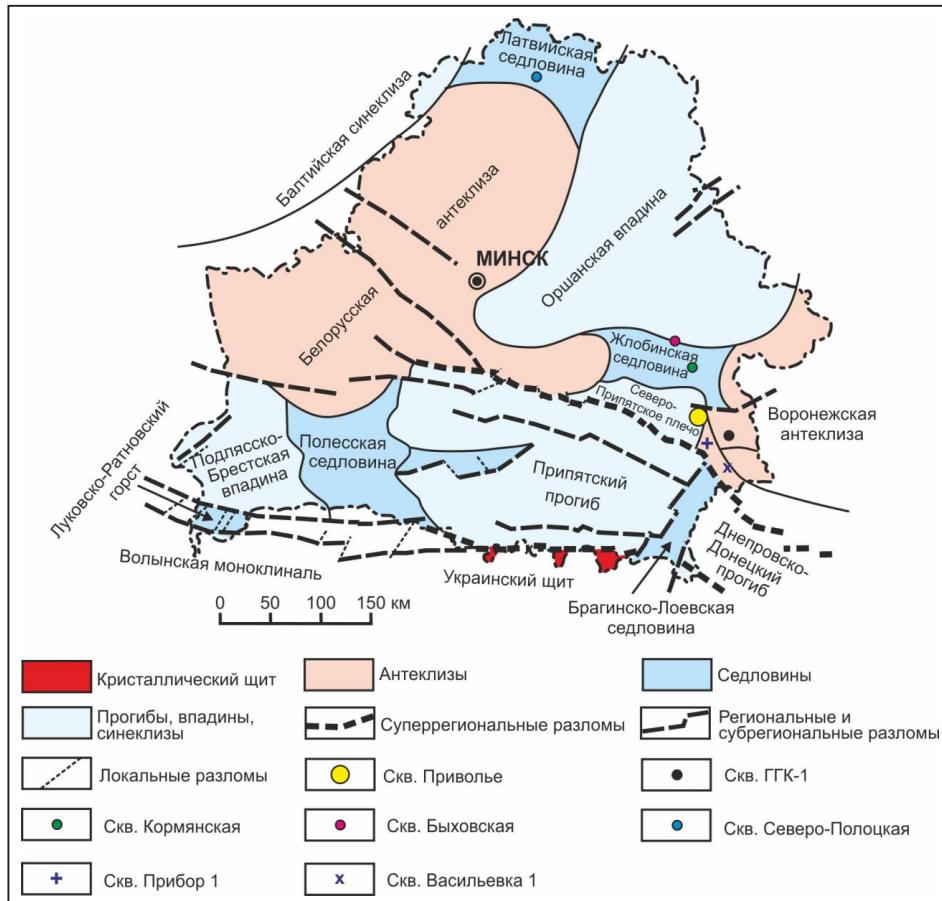


Рисунок 1 – Местоположение параметрической скв. Приволье и других упоминаемых в статье скважин на схеме тектонического районирования территории Беларуси

первых трех названных скважин нижне-среднедевонские образования залегают в близких глубинных интервалах и имеют сходную мощность (скв. Быховская – 144,7–206,5 м, Кормянская – 144,0–351,5 м, Северо-Полоцкая – 127,8–338,7 м). В разрезе скв. ГГК-1 глубина залегания отложений несколько больше (345,3–454,5 м), а мощность в два раза меньше. После накопления среднедевонских образований в изученных разрезах отмечен колоссальный перерыв в седиментации – до триаса (скв. ГГК-1), юры (скв. Быховская и Кормянская) или квартара (скв. Северо-Полоцкая). Стратиграфический диапазон исследований нижнего-среднего девона в этих разрезах сверху был ограничен полоцким горизонтом живета (скв. Быховская), верхним (скв. Северо-Полоцкая и ГГК-1) или средним (скв. Кормянская) эйфелем. Это было обусловлено либо отсутствием более молодых отложений, либо неудовлетворительным отбором керна из них, либо их непригодностью для изотопных определений из-за дефицита карбонатного материала.

В настоящей статье представлены результаты изучения разреза параметрической скв. Приволье в восточной части Северо-Припятского

плеча Припятского прогиба (см. рис. 1). Здесь нижне-среднедевонские отложения (вместе с включенными в изучение преимущественно терригенными образованиями самых низов франского яруса верхнего девона) отличаются существенно большей глубиной залегания и большей мощностью по сравнению с исследованными ранее разрезами и перекрыты более чем 300-метровой франской толщей карбонатных и магматических пород.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Вовлеченный в работу каменный материал охватывал 297,2 м разреза скв. Приволье в стратиграфическом диапазоне от эмса до франа и включал 135 образцов карбонатных и карбонатсодержащих пород (табл.). Один проанализированный изотопным и вспомогательными (определение карбонатности и содержания органического углерода) методами характеризовал в среднем 2,2 м разреза, в том числе 2,2 м для разреза витебского горизонта (верхний эмс), 1,0 м – адровского (нижний эйфель), 1,7 м – освейского (нижний эйфель), 0,6 м – горо-

докского (средний эйфель), 1,2 м – костюковичского (верхний эйфель), 3,8 м – полоцкого (нижний, средний живет) горизонтов и 2,6 м – ланского надгоризонта (верхний живет, нижний фран).

При работе над статьей использованы образцы из коллекции, собранной А.Г. Лапцевич, О.Ф. Кузьменковой, Г.Д. Стрельцовой и Н.С. Яковлевой, и выполненное ими литостратиграфическое расчленение разреза (А.Г. Лапцевич, 2020 г.). 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). Значения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ даны относительно стандарта PDB. Точность (воспроизводимость) определений находится в пределах $\pm 0,2\%$. Карбонатность пород газометрическим методом и содержание органического углерода (C_{org}) оксидометрическим определялись в Институте геологии (Минск) Г.И. Лучиной.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Литология

Изучавшаяся часть девонского разреза скв. Приволье залегает на глубинах 604,8–902,4 м, охватывает, как уже было сказано выше, стратиграфический диапазон от витебского горизонта (эмс) до ланского надгоризонта (живет – фран), подстилается ледниковыми образованиями вильчанской серии нижнего венда и перекрывается карбонатными породами саргаевского горизонта франского яруса (см. табл., рис. 2).

Начинаяющие разрез отложения витебского горизонта имеют мощность 15,4 м и представлены зеленовато-серыми, серыми, светло-серыми, иногда бежевыми доломитовыми мергелями, доломитистыми глинами, разнозернистыми песчаниками с карбонатным и гипсово-карбонатным цементом, реже – известковистыми доломитами.

Основание залегающей выше толщи эйфельского яруса сложено

породами адревского горизонта (6,2 м). Это переслаивание серых, светло-серых, коричневато-серых доломитовых мергелей, доломитистых глин, иногда с прожилками и корочками гипса, в том числе селенита, песчаников с карбонатным и гипсовым цементом, карбонатно-ангидритовых пород.

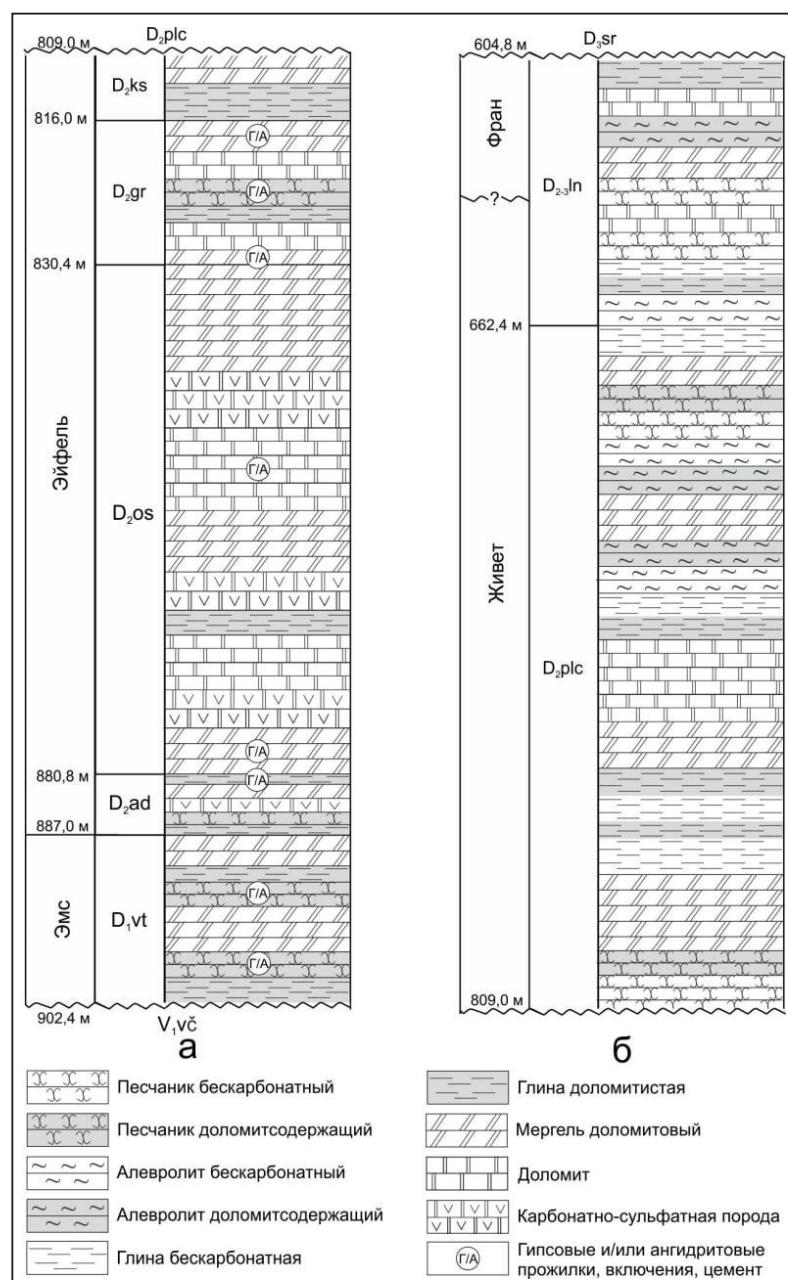


Рисунок 2 – Генерализованный литологический разрез нижне-среднедевонских и нижней части верхнедевонских отложений, вскрытый параметрической скв. Приволье на Северо-Припятском плече (а – эмс, эйфель; б – живет, фран). Стратиграфические подразделения: $V_1\text{vc}$ – нижний венд, вильчанская серия; горизонты: $D_1\text{vt}$ – витебский, $D_2\text{ad}$ – адревский, $D_2\text{os}$ – освейский, $D_2\text{gr}$ – городокский, $D_2\text{ks}$ – костюковичский, $D_2\text{plc}$ – полоцкий, D_3 – саргаевский; $D_{2,3}\text{ln}$ – ланский надгоризонт

Таблица – Изотопный состав углерода и кислорода карбонатов в эмсско-франском разрезе параметрической скважины Приволье (Северо-Припятское плечо)

Глубина, м	Порода	Кальцит, %	Доломит, %	Сорг	$\delta^{13}\text{C}$, ‰ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$, ‰ (PDB)
Ланский надгоризонт (кровля 604,8 м)						
605,8	Доломит известковистый глинистый	12,0	73,4	0,86	-3,8	-2,3
606,6	Доломит известковый	30,0	70,0	0,28	-3,8	-4,6
607,2	Мергель глинистый доломитовый	Нет	44,3	0,43	-1,0	-5,7
608,3	Доломит известковистый	6,4	91,0	0,18	-0,4	-4,6
609,0	Мергель глинистый доломитовый	Нет	35,8	0,24	0,3	-5,9
612,0	—	—	42,6	0,34	0,3	-5,9
614,5	Алевролит глинистый доломитовый	—	25,3	0,19	0,3	-5,0
617,0	Глина доломитистая	—	24,7	0,17	0,7	-3,8
617,9	Мергель известково-доломитовый	—	46,4	0,16	0,9	-2,6
618,1	Мергель доломитовый	—	54,7	0,20	0,7	-2,8
618,7	—	—	54,9	0,19	0,8	-2,8
620,3	Алевролит доломитовый	—	39,5	0,23	0,2	-5,5
622,1	Доломит	—	96,7	0,19	-0,5	-6,5
622,5	Доломит известковистый глинистый	16,5	65,4	0,20	-0,3	-6,3
623,5	Мергель доломитовый	Нет	52,2	0,25	-0,6	-6,3
624,7	—	—	61,9	0,19	-0,7	-5,6
625,1	—	—	50,6	0,50	-0,7	-5,7
625,6	Песчаник доломитовый	—	39,0	0,14	-0,9	-6,8
632,0	Песчаник доломитистый	—	8,4	0,10	-1,2	-6,2
636,8	Доломит известковый	29,9	70,1	0,25	-0,3	-6,7
645,5	Мергель известковисто-доломитовый	10,0	54,7	0,42	-0,3	-6,9
654,8	Алевролит доломитистый	Нет	10,9	0,25	-0,9	-7,7
Полоцкий горизонт (кровля 662,4 м)						
662,5	Мергель известковисто-доломитовый	10,2	50,8	0,88	-2,3	-5,1
664,0	Мергель известковисто-доломитовый	18,1	45,9	0,64	-0,9	-4,0
673,0	Песчаник доломитистый	Нет	24,1	0,58	-2,1	-7,8
673,8	Мергель глинистый доломитовый с алевритом	—	35,0	0,72	-3,3	-5,1
680,3	Глина доломитистая с пиритом	—	10,8	0,57	-3,5	-7,1
681,5	Алевролит слюдистый доломитистый	—	10,1	0,38	-3,4	-5,8

Глубина, м	Порода	Кальцит, %	Доломит, %	Сорг	$\delta^{13}\text{C}$, ‰ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$, ‰ (PDB)
Полоцкий горизонт						
682,3	Глина доломитистая	Нет	9,1	0,73	-3,8	-4,8
686,0	Алевролит доломитистый	—	16,7	0,54	-3,0	-6,7
691,0	—	—	19,4	0,21	-1,0	-6,8
696,0	Глина доломитистая	—	10,6	0,40	-2,5	-6,3
697,0	Доломит окремнелый	1,1	84,4	0,34	-3,6	-3,8
699,2	Алевролит доломитовый	Нет	31,4	0,26	-2,5	-6,2
701,2	Мергель доломитовый	5,1	57,4	0,33	-3,1	-5,9
705,1	Мергель глинистый доломитовый	Нет	32,8	0,20	-2,1	-6,3
706,0	Глина доломитистая	—	16,3	0,21	-2,6	-5,4
711,9	Мергель известковисто-доломитовый	14,9	45,0	0,27	-2,3	-5,1
714,4	—	16,0	43,2	0,28	-2,2	-5,2
716,9	Глинисто-алевритовая порода доломит-содержащая	Нет	7,9	0,20	-2,3	-7,3
728,9	Глина доломитистая	—	18,5	1,60	-1,5	-8,3
730,6	Терригенно-доломитовая порода	2,6	50,6	0,43	-2,2	-6,2
737,5	Терригенная порода доломитсодержащая	Нет	7,6	0,16	-1,3	-6,7
741,5	Глина доломитистая	—	9,2	0,21	-0,8	-7,0
742,0	—	—	11,8	0,19	0,2	-8,1
742,7	Песчаник доломитовый	—	27,3	0,23	0,2	-8,1
748,0	Песчаник доломитистый	—	8,1	Нет	0,5	-8,6
758,0	Песчаник доломитовый	0,6	36,3	0,17	0,5	-8,6
769,9	Песчаник доломитистый	Нет	9,4	Нет	0,4	-8,3
770,5	Мергель доломитовый сильнокавернозный	1,4	37,1	0,24	-0,9	-8,2
772,3	Мергель глинистый доломитовый	1,9	46,4	0,20	-3,1	-7,1
776,2	Глина доломитистая	Нет	10,2	0,13	-2,0	-7,9
778,6	—	—	9,5	0,15	-0,8	-7,9
787,0	Мергель доломитовый	0,8	37,5	0,11	0,8	-8,0
79Нет	Глина доломитистая	Нет	13,3	0,29	0,7	-8,6
793,0	Мергель глинистый доломитовый	3,5	31,5	0,14	-0,1	-7,8
798,5	Мергель глинистый доломитовый с оолитами	0,2	25,4	0,15	0,8	-8,8
800,8	Песчаник доломитистый	Нет	22,5	0,18	0,6	-8,6
803,0	—	—	21,0	Нет	0,5	-8,6
805,5	Песчаник доломитовый	2,3	34,5	0,16	0,4	-8,3
808,8	—	Нет	35,9	Нет	0,2	-8,3
Костюковичский горизонт (кровля 809,0 м)						
809,2	Мергель глинистый доломитовый	Нет	29,3	0,53	0,2	-8,0
809,3	—	—	—	0,60	0,4	-7,3
809,5	—	—	—	0,41	-0,5	-7,2
815,0	Глина доломитистая	Нет	12,3	0,51	-0,5	-6,9
815,2	—	—	—	0,37	-0,9	-6,5
815,4	—	—	—	0,53	-0,5	-6,4
Городокский горизонт (кровля 816,0 м)						
817,1	Доломит глинистый слабоизвестковистый	6,2	75,8	0,72	-2,2	-3,1
818,5	Мергель доломитовый с остатками водорослей	Нет	68,3	1,46	-2,0	-3,8
819,2	—	—	73,1	1,58	-2,1	-4,0

Окончание таблицы

Глубина, м	Порода	Кальцит, %	Доломит, %	C_{org}	$\delta^{13}C, \text{‰}$ (PDB)	$\delta^{18}O, \text{‰}$ (PDB)
Городокский горизонт						
819,8	Мергель доломитовый	Нет	60,2	2,58	-2,3	-5,1
820,2	—“—	0,6	60,7	2,16	-2,2	-5,4
820,5	Мергель глинистый доломитовый	Нет	40,3	6,96	-2,1	-6,6
820,9	Доломит известковистый водорослевый	13,9	85,6	0,24	-1,5	-2,5
820,95	Мергель доломитовый с остатками водорослей	5,6	59,2	0,25	-1,4	-2,0
821,2	Глина доломитистая яшмовидная	Нет	17,9	0,21	-1,7	-0,1
822,5	Мергель известковисто-доломитовый	6,2	55,2	0,21	-2,1	-1,8
823,0	Доломит известковистый глинистый	6,7	86,9	0,19	-2,0	-1,9
823,3	Мергель известковисто-доломитовый	7,9	45,7	0,21	-1,4	-1,1
823,5	Мергель доломитовый	1,1	62,1	0,14	-1,5	-0,6
824,9	Доломит глинистый	0,9	89,6	0,19	-2,4	-3,2
825,1	Доломит известковистый	12,5	87,5	0,44	-2,6	-1,6
825,5	Доломит	Нет	95,0	0,42	-2,8	-0,6
826,2	Мергель доломитовый	—“—	53,7	0,40	-1,3	-0,7
826,7	Доломит глинистый водорослевый	1,6	81,6	0,41	-1,5	-0,4
827,2	Доломит известковистый	12,6	87,4	0,22	-1,4	-1,0
827,3	Мергель известковисто-доломитовый	6,2	51,3	0,41	-1,2	-1,7
827,4	Доломит известковистый	16,1	83,9	0,16	-1,3	-0,5
828,0	Мергель доломитовый	Нет	53,4	0,49	-1,5	-0,3
828,85	Глина доломитистая	—“—	17,0	1,94	-2,0	-1,2
829,7	Доломит	4,0	92,1	0,31	-1,2	-0,2
83Нет	Доломит известковистый	18,4	80,7	0,71	-2,0	-3,3
830,3	Доломит	1,0	95,9	0,93	-2,5	-2,1
Освейский горизонт (кровля 830,4 м)						
831,6	Мергель известковисто-доломитовый	6,1	62,5	0,49	-3,5	-0,6
833,2	Доломит	Нет	100,0	0,73	-4,2	-0,5
834,0	Известковисто-доломитовая порода глинистая	9,7	67,6	1,22	-3,6	-2,2
834,5	Мергель доломитовый	Нет	57,4	1,46	-4,6	-1,8
835,2	Глина доломитистая	Нет	13,6	1,37	-4,7	-2,1
835,8	Доломит глинистый с гнездами ангидрита	—“—	84,9	0,79	-4,8	-0,2
837,0	Известково-доломитовая порода глинистая	21,3	67,1	0,28	-4,2	-1,3
839,0	Мергель глинистый доломитовый	0,4	47,2	0,48	-4,0	-1,1
843,0	Доломит известковистый слабоглинистый	8,5	85,4	0,56	-6,3	-1,8
844,7	Мергель доломитовый	Нет	72,3	1,78	-7,4	-2,3
845,5	Известковисто-доломитовая песчанистая порода	11,5	69,0	0,41	-7,0	-2,0

Глубина, м	Порода	Кальцит, %	Доломит, %	C_{org}	$\delta^{13}C, \text{‰}$ (PDB)	$\delta^{18}O, \text{‰}$ (PDB)
Освейский горизонт						
847,5	Мергель доломитовый с песчаным и алевритовым материалом	Нет	29,2	0,51	-6,3	-1,6
849,0	Мергель доломитовый	0,4	40,0	0,43	-5,4	-2,7
851,5	Доломит глинистый	3,9	80,3	0,31	-5,3	-3,6
852,0	Мергель известковисто-доломитовый	13,5	55,5	2,14	-6,4	-2,8
852,8	—“—	7,0	58,6	1,31	-6,5	-2,3
855,6	Песчаник доломитистый	Нет	9,7	0,13	-3,3	-5,1
856,6	Доломит известковистый глинистый	8,7	68,1	0,29	-3,0	-2,0
859,7	Мергель доломитовый на контакте с пластовым ангидритом	Нет	61,3	0,23	-1,6	-0,1
861,0	Песчаник известковистый	—“—	7,9	0,10	-2,7	-5,4
862,4	Мергель глинистый доломитовый	—“—	40,2	0,18	-2,2	-1,5
862,8	Глина доломитистая	—“—	14,5	0,41	-1,3	-3,0
866,0	—“—	—“—	22,6	0,19	-2,0	-2,4
867,1	Песчаник доломитовый	—“—	35,5	0,13	-2,7	-3,0
869,0	Доломит слабоизвестковистый глинистый	6,1	82,1	0,15	-3,7	-1,0
870,4	Мергель глинистый доломитовый	Нет	28,9	0,19	-2,1	-3,6
872,0	—“—	—“—	25,3	0,23	-5,1	-3,0
877,0	—“—	—“—	29,2	0,32	-7,5	-3,9
880,5	Глина доломитистая	—“—	15,8	2,48	-7,4	-4,8
Адрсовский горизонт (кровля 880,8 м)						
883,3	Глина доломитистая, переслаивающаяся с ангидритом	Нет	12,8	0,88	-5,0	-7,1
883,5	Мергель глинистый доломитовый	—“—	33,9	1,08	-4,8	-6,5
884,8	Глина доломитистая	—“—	15,0	4,78	-3,9	-7,2
885,1	Мергель глинистый известковисто-доломитовый	13,4	32,7	2,80	-4,5	-7,0
885,7	Мергель известковисто-доломитовый	9,6	53,1	0,22	-2,5	-6,8
886,5	Песчано-гравелистовая порода с доломитом	Нет	9,3	0,15	-1,4	-8,4
Витебский горизонт (кровля 887,0 м)						
887,1	Мергель глинистый доломитовый	Нет	29,3	0,97	-5,8	-2,8
888,0	Известковисто-доломитовая порода	15,4	82,6	0,28	-3,2	-4,4
889,7	Мергель глинистый доломитовый	Нет	39,0	0,93	-0,6	-9,1
890,4	Песчаник доломитовый	—“—	28,0	0,40	-0,4	-9,1
891,9	Глина доломитистая	—“—	18,2	0,89	-1,3	-6,9
892,6	Мергель глинистый доломитовый	—“—	29,2	0,75	-0,5	-9,2
893,5	Песчаник доломитистый	—“—	8,5	0,12	-1,0	-9,4

Примечание: C_{org} – концентрация органического углерода.

Отложения освейского горизонта мощностью 50,4 м представлены серыми, зеленовато-серыми, бежево-серыми, реже бурыми доломитовыми мергелями, известковистыми и глинистыми доломитами, в меньшей мере – доломитистыми глинами и разнозернистыми песчаниками. Для разреза характерно значительное количество разнообразных сульфатных проявлений: прослои карбонатно-сульфатных пород (1–30 см), сульфатные желваки, гнезда, линзы (до 2–4 см), субвертикальные и субгоризонтальные прожилки, цемент в песчаниках. Сульфатный материал представлен как ангидритом, так и гипсом (в том числе селенитом) белого цвета.

Разрез городокского горизонта (14,4 м) сложен чередованием серых и светло-серых, иногда коричнево-зеленых пестроокрашенных доломитовых мергелей, глинистых и известковистых доломитов (интервалами водорослевых) и реже встречающихся доломитистых глин, песчаников и алевролитов. Характерно присутствие гипса в субвертикальных прожилках, секущих мергели и доломиты, и в цементе песчаников (наряду с карбонатами).

Костюковичский горизонт, завершающий эйфельский разрез в скв. Приволье, имеет мощность 7,0 м и слагается серыми и бежево-коричневыми глинистыми доломитовыми мергелями и доломитистыми глинами.

Залегающая выше мощная толща образований полоцкого горизонта (живет) (146,6 м) и ланского надгоризонта (живет – фран) (57,6 м) отличается от нижележащих эмсско-эйфельских отложений доминированием терригенных пород. Это полевошпатово-кварцевые, иногда кварцевые и слюдистые песчаники тонко-, мелко- и среднезернистые, алевролиты, глины, переходные разности этих литотипов. Терригенные породы как бескарбонатные, что особенно характерно для полоцкого горизонта, так и карбонатсодержащие (доломитистые глины, доломитсодержащие алевролиты, песчаники с доломитовым цементом). В меньшей степени для разреза характерны доломитовые мергели, еще меньше – доломиты. В полоцкой части разреза встречаются песчаники и алевролиты с косой линзовидной слоистостью, одинаково характерной для прибрежного мелководья, речных дельт и русел (рис. 3), отмечаются углистые включения. Окраска пород полоцкого горизонта и ланского надгоризонта серая, темно- и зеленовато-серая, белая, пестроцветная (красно-коричневые и лилово-бордовые пятна).



Рисунок 3 – Глинистый алевролит с косой линзовидной слоистостью. Параметрическая скв. Приволье (Северо-Припятское плечо), гл. 670,1 м, полоцкий горизонт (фото А.Г. Лапцевич)

Соотношение седиментационных и постседиментационных изотопных сигналов

Диапазон вариаций изотопных показателей в разрезе скв. Приволье широкий: от -7,5 до +0,9‰ для $\delta^{13}\text{C}$ и от -9,4 до -0,1‰ для $\delta^{18}\text{O}$ (см. табл., рис. 4, 5а). Этот факт требует предварить генетическую трактовку вариаций рассмотрением возможного вклада седиментационных и постседиментационных процессов в формирование изотопного состава карбонатного материала.

Один из основных постседиментационных факторов, вызывающих отклонение значений $\delta^{13}\text{C}$ от стандартных морских в сторону снижения – это бактериальная сульфатредукция в диагенезе, обеспечивающая мобилизацию изотопно-легкого органического углерода в образующихся карбонатах [13]. На корреляционной диаграмме $\delta^{13}\text{C} - \text{C}_{\text{org}}$ для нашего разреза (рис. 5б) какой-либо взятной связи между изотопным составом углерода и концентрацией органического вещества не просматривается. Это свидетельствует о том, что диагенетическая сульфатредукция вряд ли существенно повлияла на вариации $\delta^{13}\text{C}$. Данный вывод отчасти подтверждается невысоким содержанием C_{org} в

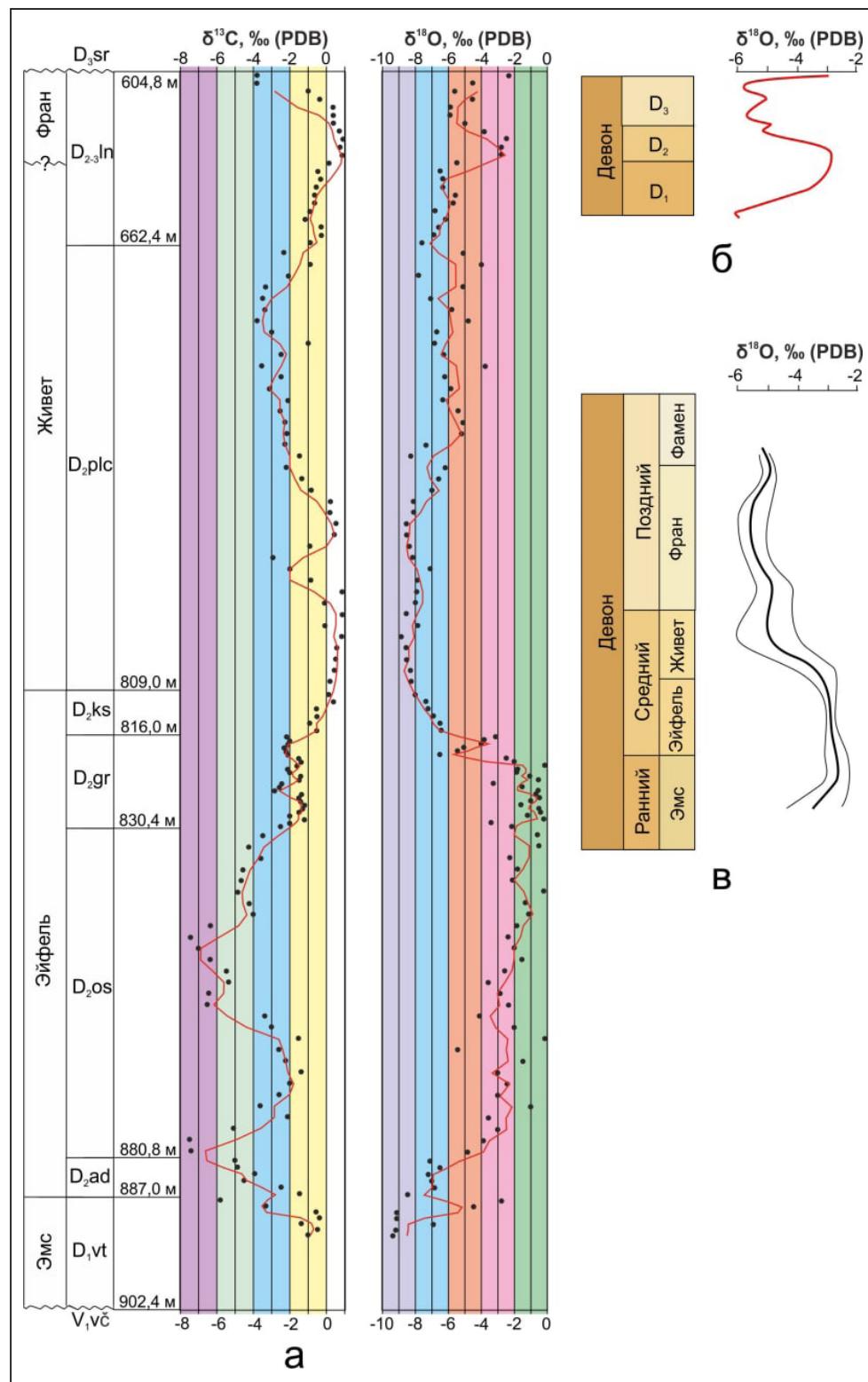


Рисунок 4 – Вариации изотопного состава углерода и кислорода в девонских отложениях:
 а – параметрическая скв. Приволье на Северо-Припятском плече (точки – фактические значения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$, красным показаны линии вариаций, слаженных методом скользящего среднего с шагом в 3 точки; цветная заливка изотопных интервалов сделана для удобства чтения графиков; стратиграфические индексы см. в подпунктах к рис. 2); б, в – девонский фрагмент глобальной кислородно-изотопной кривой, построенной по результатам изучения кальцита раковин брахиопод из США, Испании, Марокко, России и Китая [14; 15; 16; 18; 19] (жирная линия на рис. в – вариации скользящего среднего с окном в 4 млн лет, тонкие линии – диапазон вариаций с учетом среднеквадратичного отклонения)

LEXAMINA

породах. Из 135 изученных образцов 97 относится к категории субдоманикоидов ($0,1\text{--}0,5\%$ C_{opr} по принятой классификации [12]), 34 – к доманикоидам ($0,5\text{--}5,0\%$, в нашем случае от 0,56 до 2,58%) и лишь 2 – к доманикитам (5–25%, в нашем случае 4,78 и 6,96). Причем самый богатый органическим веществом образец из городокского горизонта ($C_{opr} = 6,96\%$) отнюдь не рекордсмен по углеродно-изотопной облегченности ($\delta^{13}\text{C} = -2,1\text{\textperthousand}$).

Другой важный постседиментационный фактор снижения значений $\delta^{13}\text{C}$ – катагенетическая (или гипергенная) переработка пород инфильтрационными подземными водами, несущими легкий почвенный углерод. Обычно считают, что этот фактор также способствует облегчению изотопного

состава кислорода из-за обедненности атмогенных вод изотопом ^{18}O . Здесь нужно сделать оговорку, которая существенна не только в контексте обсуждения влияния инфильтрационного катагенеза на изотопию кислорода пород, но и для трактовки изотопных вариаций седиментационной природы. В приэкваториальных областях (где находилась в девоне территория Беларуси [7], изотопный состав кислорода метеорных осадков в связи с широтным эффектом может мало отличаться от такого морской воды. Например, их $\delta^{18}\text{O}$ (SMOW) в Александрии составляет -4 , в Багдаде $+0,5$, в Хартуме $-0,3\text{\textperthousand}$ [17]. Но надо учитывать, что изотопный состав кислорода атмосферных осадков зависит не только от географической широты, но

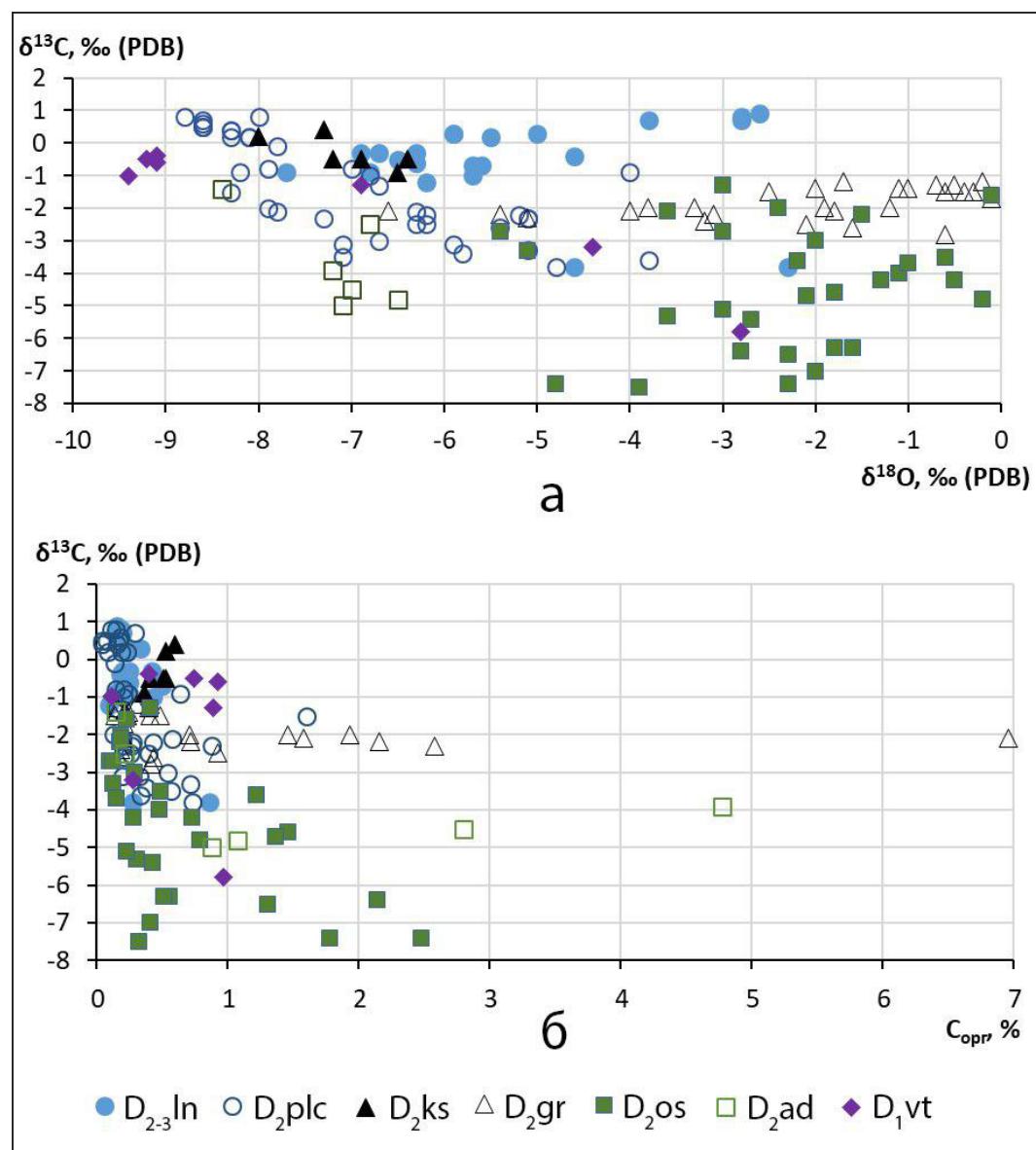


Рисунок 5 – Корреляционные отношения изотопного состава углерода с изотопным составом кислорода (а) и содержанием органического углерода (C_{opr}) (б) в девонском разрезе параметрической скв. Приволье на Северо-Припятском плече (обозначения стратиграфических подразделений см. в подписи к рис. 2)

также от высоты их выпадения, температуры воздуха, сезона, близости к океану и других факторов, способных вызвать искажения широтного эффекта [11; 13; 17], который при реконструкции обстановок геологического прошлого вряд ли стоит принимать за абсолют.

Подсказкой при определении места инфильтрационного катагенеза среди процессов, влияющих на изотопию пород, могла бы быть оценка минерализации и состава подземных вод изучаемого разреза. Но в скв. Приволье гидрогеологического опробования не проводилось, а составить более или менее определенное представление о гидрогеохимических показателях по данным пробуренных недалеко единичных скважин нелегко в связи с разнообразием структурно-геологических условий рассматриваемой территории. Для суждения (хотя и очень поверхностного) о степени подверженности девонских пород воздействию инфильтрации существенны следующие факты.

Часть девонского разреза скв. Приволье, являющаяся объектом изотопно-геохимического изучения (витебский горизонт – ланский надгризонт), перекрыта толщей преимущественно доломитовых пород саргаевского, семилукского, речицкого и воронежского горизонтов (около 190 м), выше которой лежат 150 м долеритов, трахидолеритов, трахитов, фонолитов, лавобрекчий и туфов франского возраста. После формирования магматической толщи наступил перерыв в осадконакоплении, который длился 120 млн лет (отсутствуют образования фамена, карбона и перми). Трудно судить, как существенно и глубоко по разрезу атмогенные инфильтрационные воды могли в это время воздействовать на девонские породы, поскольку неясно, насколько водопроницаемы магматические образования. По сведениям В.И. Толстошева и других [5], сложенные франскими эфузивами интервалы были опробованы на воду в двух скважинах, пробуренных недалеко от района исследований (см. рис. 1). В параметрической скв. Прибор 1 эфузивы, залегающие на глубинах 353–961 м, оказались безводными, а в скв. Васильевка 1 из трещиноватых кератофиров в интервале 609–660 м был получен приток хлоридных натриевых рассолов (2 л/сек при понижении 30 м) с минерализацией 40,3 г/л и содержанием брома 51,6 мг/л. Концентрации основных компонентов (% – экв.) следующие: Cl – 96, SO₄ – 4, Na – 85, Ca – 8, Mg – 6. В.М. Шиманович квалифицирует эти рассолы как слабые седиментационные разбавленные. Таким образом, оказывается, что эфузивные породы на территории исследований

могут быть не только водоупорами, но и коллекторами подземных вод, а гидрогеологический разрез даже в его довольно глубокой части (такой, как в скв. Приволье) не может быть назван «стерильным» по отношению к инфильтрационным водам. На последнее указывает и то, что франские карбонатные породы, залегающие в разрезе Приволье под магматической толщей нередко пористые и кавернозные. Возможно, они подвергались выщелачиванию инфильтрационными водами при паузах в седиментации во франское время еще до начала магматизма.

Таким образом, с общегеологических позиций, поступление инфильтрационных вод в рассматриваемые отложения исключить нельзя. Но это еще не свидетельствует о том, что они были единственным фактором влияния на изотопию пород. Чтобы попытаться внести ясность в этот вопрос, проанализируем соотношение изотопов, их распределение по типам пород и общую конфигурацию изотопных кривых. Выше мы уже отмечали, что признаком влияния инфильтрационных вод на породы традиционно считают параллельную изотопную облегченность последних по углероду и кислороду, которая выражается прямой корреляцией δ¹³C и δ¹⁸O [6]. На соответствующих диаграммах для изучаемого разреза, построенных с дифференциацией образцов по стратиграфическому (см. рис. 5а) и литологическому (рис. 6) признакам, не видно каких-либо внятных корреляционных связей между изотопными параметрами. Намек на корреляцию между δ¹³C и δ¹⁸O можно усмотреть, пожалуй, только для песчаников (см. рис. 6). Песчаники в основном приурочены к полоцкому горизонту. Это, несомненно, исходно самые проницаемые породы, и их карбонатные цементы теоретически могли бы быть инфильтрационно-катагенетическими. Но в этом случае должна была бы иметь место тенденция к прямой корреляции между δ¹³C и δ¹⁸O, а не к труднообъяснимой обратной, что наблюдается. Аргументом второстепенной, если не сказать, незначительной роли инфильтрационного катагенеза в формировании изотопного облика пород разреза Приволье является также наличие среди них изрядного количества слабопроницаемых или непроницаемых мергелей и глин со значениями δ¹⁸O в диапазоне -7...-9‰ и ниже (см. рис. 6).

Об этом же, с нашей точки зрения, свидетельствует плавный монотонный ход фигуративных точек изотопного состава и кислорода, и углерода, трассирующий вариации на хемостратиграфических кривых (см. рис. 4а). Такие постепенные изменения изотопно-геохимической ситуации, на

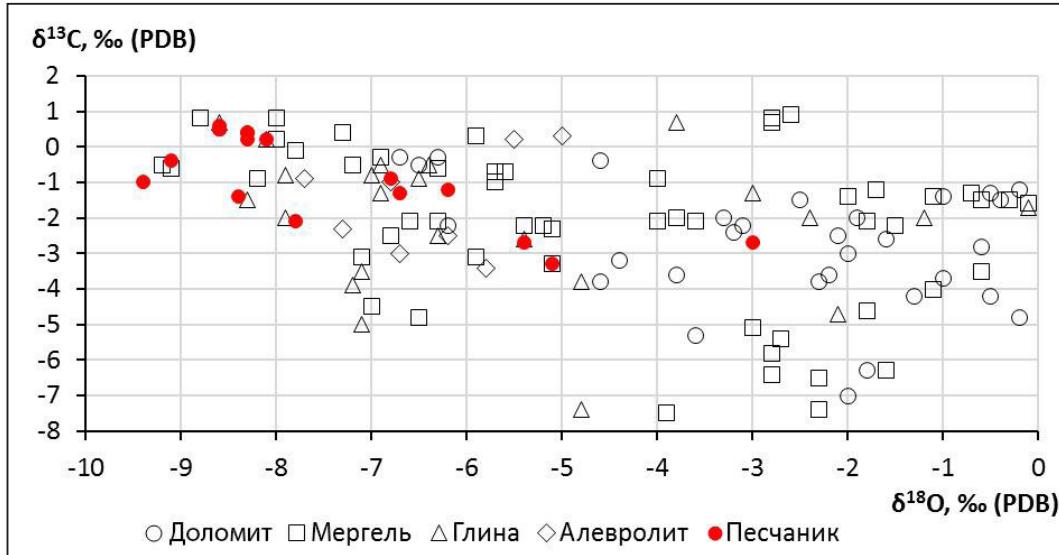


Рисунок 6 – Распределение значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ по типам пород в девонском разрезе параметрической скв. Приволье на Северо-Припятском плече

наш взгляд, гораздо логичнее объяснить палеогеографическими вариациями, нежели постдиагенетическими процессами, минеральные продукты которых в связи с неоднородностью фильтрационных свойств отложений обычно распределены в разрезе «хаотически».

Но самым сильным аргументом в пользу преимущественно седиментационной природы изотопного облика пород разреза Приволье служит несомненное сходство конфигурации его кислородной кривой с таковой, построенной по обобщенным данным изучения кальцита раковин брахиопод из разных районов мира (см. рис. 4). Тренд вариаций «брахиоподовых» значений $\delta^{18}\text{O}$, которые считаются самыми достоверными носителями информации о характере морской седиментации, в общих чертах такой (см. рис. 4б, в) [14; 15]. Они растут от эмса к эйфельскому «плато» ($\sim -3\text{\%}$), затем быстро падают до минимума в живете (-6\% и менее), а в позднем девоне остаются в основном между -6 и -4\% . Безусловно, на графике разреза Приволье есть отклонения от этих цифр, в том числе, наверно, связанные с инфильтрационным катагенезом. Но тем не менее наверное, не будет ошибкой сказать, что наша кислородно-изотопная кривая имеет явный «морской седиментационный мотив».

Трактовка изотопных кривых

Главной задачей при совместной интерпретации кислородно- и углеродно-изотопных кривых является «поиск» палеогеографических (и/или постседиментационных) обстановок с непротиворечивым сочетанием значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ и их вар-

иаций. При этом, естественно, трактовка должна учитывать литологические особенности отложений.

На графике изотопных вариаций можно выделить два больших интервала, различающихся порядком значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ и конфигурацией кривых: (1) витебский горизонт – городокский горизонт, (2) костюковичский горизонт – ланский надгоризонт (см. рис. 4а). Попробуем придать этим интервалам разреза палеогеографическое содержание.

Витебский горизонт – городокский горизонт. Интервал начинается и заканчивается близнулевыми (стандартными морскими) значениями $\delta^{13}\text{C}$ и включает два высокоамплитудных отрицательных экскурса (с пиками $-6\ldots-8\text{\%}$ в нижней и средней частях), разделенных участком с нормальными морскими цифрами. Характерная черта этой части разреза – присутствие проявлений гипса и/или ангидрита в отложениях всех четырех представленных здесь горизонтов (витебского, адревского, освейского и городокского). Это дает возможность говорить о витебско-городокском эвапоритовом эпизоде, пик которого, судя по обилию карбонатно-сульфатных пород, приходился на освейское время.

О неслучайности связи отрицательных экскурсов $\delta^{13}\text{C}$ в витебско-городокском интервале разреза Приволье с процессом эвапоритизации свидетельствуют результаты наших предыдущих исследований [1; 2; 8; 9; 10]. В освейских отложениях скв. Быховская, Кормянская и ГГК-1 (см. рис. 1) установлены значительные отрицательные сдвиги величины $\delta^{13}\text{C}$, трассирующие эва-

поритовые эпизоды, которые отмечены в разрезах карбонатно-сульфатной пачкой или ее бессульфатным аналогом. Негативные экскурсы имеются также в сульфатсодержащей витебско-освейской части разреза скв. Северо-Полоцкая (см. рис. 1).

По нашему мнению, отрицательные сдвиги в витебско-городокском интервале разреза Приволье (так же, как и в ранее изученных разрезах) связаны с активизацией поступления континентальных вод, обогащенных почвенным углеродом, в условиях сильного обмеления бассейна осадконакопления и, возможно, его расчленения на участки суши и отдельные эвапоритовые ванны. Начало первой фазы эвапоритового эпизода трактуется снижением $\delta^{13}\text{C}$ от стандартных морских значений до -6...-8‰ на отрезке витебский горизонт – адровско-освейская граница. Затем в начале освейского времени, вероятно, происходят приостановка интенсивного континентального стока и возврат к нормальным морским условиям (рост $\delta^{13}\text{C}$ до -2...-1‰). А в последующем опять активизируется поступление вод с суши и наступает вторая фаза эвапоритизации (падение $\delta^{13}\text{C}$ до -6...-8‰), которая заканчивается в городокское время (-3...-1‰).

Посмотрим, как согласуется предлагаемая трактовка палеогеографических вариаций в витебско-городокское время, основанная на анализе углеродно-изотопной кривой, с данными по изотопному составу кислорода. Динамика $\delta^{18}\text{O}$ в витебско-городокском интервале, как и во всем изучавшемся ранне-позднедевонском разрезе скв. Приволье в основном повторяет (на что уже обращалось внимание) поведение «брахиоподовых» значений на глобальной хемостратиграфической кривой (см. рис. 4). Наблюдается рост $\delta^{18}\text{O}$ от эмса к отрезку почти постоянных величин, охватывающему практически весь эйфель, и дальше их падение, начинающееся в верхней части городокского горизонта (средний эйфель). Сопоставление кислородно- и углеродно-изотопных кривых показывает, что изотопный состав кислорода, имеющий морской облик, никак не «реагирует» на отрицательные углеродно-изотопные экскурсы, которые мы связываем с активизацией континентального стока. Причиной этого является практическое отсутствие разницы между значениями $\delta^{18}\text{O}$ метеорных осадков, дающих начало водам суши, и морской воды в низких широтах. Стоит обратить внимание еще на то, что в рассматриваемом интервале разреза имеется ряд образцов с величинами $\delta^{18}\text{O}$, которые ниже и несколько выше значений, характерных для соответствующих участков гло-

бальной кривой. Первые (например, -6,8... -9,4‰ в витебском и адровском горизонтах), вероятно, обусловлены воздействием инфильтрационного катагенеза, которое мы, хотя и считаем второстепенным фактором формирования изотопного состава пород, но полностью не исключаем. Вторые (-1,5...0‰), более высокие, чем морские, значения могут быть связаны с испарительным концентрированием воды. Примечательно, что такие образцы приурочены, главным образом, к городокскому горизонту (см. рис. 4 а), который знаменует собой окончание эвапоритового эпизода (гипсовые проявления), происходившее, судя по возврату значений $\delta^{13}\text{C}$ к стандартным морским цифрам, в условиях сокращения притока разбавляющих континентальных вод.

Наша трактовка витебско-городокского эвапоритового эпизода, сопровождавшегося образованием гипса и ангидрита, предполагает, что, за исключением городокской фазы, оно происходило в условиях активизации притока пресных континентальных вод. В одной из недавних публикаций [2] мы уже обращали внимание на эту «страннысть» и аргументировали возможность сочетания указанных явлений известным примером из области галогенеза. Накопление в Припятском прогибе фаменских калийных солей, требующее гораздо большей минерализации рассолов, чем садка сульфатов, имело место как раз при сильном влиянии континентальных водных потоков, когда «...морской солеродный бассейн превратился по существу в континентально-морской» [3, с. 84].

Костюковичский горизонт – ланский надгоризонт. Этот интервал разреза начинается мало мощным костюковичским горизонтом (верхней эйфель), в основном слагается животскими отложениями, представленными полоцким горизонтом и нижней частью ланского надгоризонта, и заканчивается франской частью ланского надгоризонта (см. рис. 4 а).

Отметим, что доминирующие в интервале животские отложения, по принятому мнению, «... сформировались в морском опресненном, реже несколько осолоненном бассейне, часто лагунного или озерного типа с впадающими в него дельтами и руслами рек» [4, с.199–200].

Динамика $\delta^{13}\text{C}$ на хемостратиграфической кривой интервала характеризуется трехкратным чередованием участков с абсолютно нормальными морскими цифрами (0...+ 1‰) и незначительно пониженными (до -2...-3, в единичных случаях до -3,8‰) значениями. Примечательны плавные переходы одного участка в другой. Полагая, что

облегчение изотопного состава углерода обусловлено поступлением почвенного углерода в составе вод континентального стока, можно выделить три фазы активизации этого процесса: (1) кратковременную – в первой половине полоцкого времени, (2) длительную – охватывающую вторую большую половину полоцкого времени, и (3) намечающуюся – в конце ланского времени.

Как и в витебско-городокском интервале, значения $\delta^{18}\text{O}$ в костюковично-ланской части разреза выстраиваются на хемостратиграфической кривой в конфигурацию, сходную с формой глобальной кривой по кальциту брахиоподовых раковин (см. рис. 4). В костюковичском горизонте (верхний эйфель) цифры падают к полоцкому (живетскому) минимуму, а затем растут и остаются практически постоянными до конца разреза за исключением узкого положительного малопонятного экскурса на условно проведенной границе живета и франа. Это указывает на то, что периодические инвазии континентальных вод, установленные по изотопному составу углерода, не смогли существенно изменить «морскую основу» значений $\delta^{18}\text{O}$ в связи с уже упомянутым широтным эффектом, влияющим на изотопный состав кислорода метеорных осадков.

Однако все-таки заострим внимание на том, что несмотря на сходство конфигураций кислородно-изотопной кривой рассматриваемого интервала разреза Приволье и соответствующего участка глобальной кривой все значения $\delta^{18}\text{O}$ нашей кривой несколько смещены в сторону более низких цифр. Это с учетом существенной доли песчаных (водопроницаемых) пород в данной части разреза можно объяснить влиянием инфильтрационного катагенеза. Такое объяснение больше подходит для верхней половины полоцкого горизонта, где расположение фигуративных точек носит «прыгающий» характер, что может быть связано с незакономерным распределением фильтрационно-емкостных свойств пород в разрезе.

А плавное «движение» точек на графике нижней части горизонта наводит на мысль, что значения $\delta^{18}\text{O}$ здесь отражают условия седиментации и изотопный состав кислорода морской воды, который был облегчен за счет притока континентальных вод в условиях искажения широтного эффекта распределения $\delta^{18}\text{O}$ метеорных осадков, о возможности чего говорилось выше.

Таким образом, совместная трактовка вариаций $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в костюковично-ланском интервале согласуется с общепринятым мнением о накоплении отложений в морском, периодически опресняющемся бассейне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты изучения распределения изотопов углерода и кислорода в карбонатном материале эмсско-франских мергелей, доломитов, глин, алевролитов, песчаников, карбонатно-сульфатных пород в разрезе параметрической скв. Приволье на Северо-Припятском плече сводятся к следующему.

1. Нижняя часть разреза (витебский, адрожский, освейский и городокский горизонты), для которой характерно наличие проявлений гипса и/или ангидрита в виде карбонатно-сульфатных пород, прожилков, желваков и цементов, начинается и заканчивается близнуклевыми (стандартными морскими) значениями $\delta^{13}\text{C}$ и включает два высокоамплитудных отрицательных экскурса в нижней и средней частях, разделенных участком с нормальными морскими цифрами. Эти экскурсы связаны с активизацией поступления континентальных вод, обогащенных почвенным углеродом, в условиях сильного обмеления бассейна осадконакопления и, возможно, его расчленения на участки суши и отдельные эвапоритовые ванны. Первая фаза эвапоритового эпизода трассируется снижением $\delta^{13}\text{C}$ от стандартных морских значений до -6...-8‰ на отрезке витебский горизонт – адрожско-освейская граница. Затем, в начале освейского времени, происходит приостановка интенсивного континентального стока и возврат к нормальным морским условиям (рост $\delta^{13}\text{C}$ до -2...-1‰). В последующем опять активизируется поступление вод с суши и наступает вторая фаза эвапоритизации (падение $\delta^{13}\text{C}$ до -6...-8‰), которая заканчивается в городокское время (-3...-1‰).

2. Динамика $\delta^{18}\text{O}$ в витебско-городокском интервале в основном повторяет поведение значений на девонском отрезке глобальной хемостратиграфической кривой, построенной по кальциту раковин брахиопод. Наблюдается рост $\delta^{18}\text{O}$ от эмса к отрезку почти постоянных величин, охватывающему практически весь эйфель, и дальше их падение, начинающееся в верхней части городокского горизонта (средний эйфель). Изотопный состав кислорода, имеющий морской облик, не «реагирует» на отрицательные углеродно-изотопные экскурсы, которые мы связываем с активизацией континентального стока. Причиной этого является практическое отсутствие разницы между значениями $\delta^{18}\text{O}$ метеорных осадков, дающих начало водам суши, и морской воды в низких широтах, где в девоне находилась территория Беларуси.

3. Динамика $\delta^{13}\text{C}$ на хемостратиграфической кривой верхнего (костюковично-ланского) интервала разреза Приволье характеризуется трехкратным чередованием участков с абсолютно нормальными морскими цифрами (0...+1‰) и незначительно пониженными (до -2...-3, в единичных случаях до -3,8‰) значениями. Полагая, что облегчение изотопного состава углерода обусловлено поступлением почвенного углерода в составе вод континентального стока, можно выделить три фазы активизации этого процесса: (1) кратковременную – в первой половине полоцкого времени, (2) длительную – охватывающую вторую большую половину полоцкого времени, и (3) намечающуюся – в конце ланского времени.

4. Как и в витебско-городокском интервале, значения $\delta^{18}\text{O}$ в костюковично-ланской части разреза выстраиваются на хемостратиграфической кривой в конфигурацию, сходную с формой глобальной кривой. В костюковичском горизонте (верхний эйфель) цифры падают к полоцкому (живетскому) минимуму, а затем растут и остаются практически постоянными до конца разреза. Это указывает на то, что периодические инвазии континентальных вод, установленные по изотопному составу углерода, не смогли существенно изменить «морскую основу» значений $\delta^{18}\text{O}$ в связи

с широтным эффектом, влияющим на изотопный состав кислорода метеорных осадков. Трактовка вариаций $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в костюковично-ланском интервале согласуется с общепринятым мнением о накоплении отложений в морском, периодически опресняющемся бассейне.

5. В разных частях разреза имеются отклонения величин $\delta^{18}\text{O}$ от морских значений, характерных для соответствующих участков глобальной кривой. Отклонения в сторону более низких значений, представленные отдельными образцами, вероятно, обусловлены воздействием инфильтрационного катагенеза, а отклонения того же знака, выраженные участками графика с плавным «движением» фигуративных точек (например, в нижней части полоцкого горизонта) – облегченным изотопным составом кислорода морской воды в силу региональных обстоятельств. Отклонения в сторону более высоких цифр могут быть связаны с испарительным концентрированием воды.

Работа выполнена в рамках Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. (подпрограмма 10.4 «Белорусские недра») и в соответствии с планом научно-исследовательских работ Геологического института РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **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.
2. **Вариации** изотопного состава углерода и кислорода в эмсских и эйфельских отложениях на юго-востоке Латвийской седловины / А. А. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2022. – № 1 (56). – С. 67–79.
3. Высоцкий, Э. А. Калиеносные бассейны мира / Э. А. Высоцкий, Р. Г. Гарецкий, В. З. Кислик. – Минск : Наука и техника, 1988. – 387 с.
4. Геология Беларуси / ред. А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
5. Геохимические особенности минеральных вод отложений нижней части платформенного чехла Гомельской структурной перемычки и сопредельных территорий / В. И. Толстошев [и др.] // Літасфера. – 2019. – № 1 (50). – С. 116–135.
6. Зайцев, А. В. Изотопный состав углерода и кислорода в карбонатных отложениях нижнего и среднего ордовика на северо-западе Русской плиты / А. В. Зайцев, Б. Г. Покровский // Литология и полезные ископаемые. – 2014. – № 3. – С. 283–291.
7. Зоненшайн, Л. П. Тектоника литосферных плит территории СССР / Л. П. Зоненшайн, М. И. Кузьмин, Л. М. Наташов. – Москва : Недра, 1990. – Кн. 1. – 328 с.
8. Изотопная хемостратиграфия верхнеэмсского-среднеэйфельских отложений в разрезе параметрической скважины Кормянская на Жлобинской седловине / А. А. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2019. – № 2 (51). – С. 64–74.
9. Изотопная хемостратиграфия 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.
10. Махнач, А. А. Геохимия стабильных изотопов в платформенном чехле Беларуси / А. А. Махнач, Н. А. Махнач, Б. Г. Покровский. – Минск : Беларуская навука, 2022. – 373 с.

11. Никаноров, А. М. Стабильные изотопы в гидрохимии / А. М. Никаноров, Ю. А. Федоров. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1988. – 247 с.
12. Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов / В. Н. Шванов [и др.]. – Санкт-Петербург : Недра, 1998. – 352 с.
13. Фор, Г. Основы изотопной геологии : пер. с англ. / Г. Фор. – Москва : Мир, 1989. – 590 с.
14. Grossman, E. L. Oxygen Isotope Stratigraphy / E. L. Grossman // The Geologic Time Scale 2012 / eds. F. M. Gradstein [et al.]. – Amsterdam ; Boston ; Heidelberg ; London ; New York ; Oxford ; Paris ; San Diego ; San Francisco ; Singapore ; Sydney ; Tokyo : Elsevier, 2012. – P. 181–206.
15. 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. – P. 279–307.
16. 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.
17. Rozanski, K. Isotopic Patterns in Modern Global Precipitation / K. Rozanski, L. Araguas-Araguas, R. Gonfiantini // Climate Change in Continental Isotope Records : Geophysical Monograph. – 1978. – 36 p.
18. 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.
19. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ evolution of Phanerozoic seawater / J. Veizer [et al.] // Chemical Geology. – 1999. – 161 (1–3). – P. 59–88.

Статья поступила в редакцию 02.09.2022

Рецензент В.М. Шиманович

**ВАРЫЯЦЫІ ІЗАТОПНАГА СКЛАДУ ВУГЛЯРОДУ І КІСЛАРОДУ
Ў ЭМСКА-ФРАНСКІХ АДКЛАДАХ
ПАЎНОЧНА-ПРЫПЯЦКАГА ПЛЯЧА (ПАЎДНЁВЫ ўСХОД БЕЛАРУСІ)**

А.А. Махнач¹, Б.Г. Пакроўскі², В.В. Мурашка¹

¹ Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
Філіял «Інстытут геалогіі»
вул. Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь
E-mail: makhnach@geologiya.by

² Геалагічны інстытут РАН
Пыхэўскі зав., 7, 119017, Москва, Расія
E-mail: pokrov@ginras.ru

Выучана размеркаванне ізатопаў вугляроду і кіслароду ў эмска-франскіх карбанатных і карбанат-утрымліваючых пародах разрэзу параметрычнай св. Прыволле на Паўночна-Прыпяцкім плячы (паўднёвы ўсход Беларусі).

У эмска-сярэднэйфельскай частцы разрэзу варыяцыі $\delta^{13}\text{C}$ двумя адмоўнымі экспурсамі (да -6...-8‰) трасіруюць эвапарытавы эпізод (карбанатна-сульфатныя пароды, жаўлакі, пражылкі і іншыя праявы гіпсу і ангідрыту). Экспурсы звязаны з актывізацыяй паступлення кантынентальных вод, узбагачаных глебавым вугляродам, ва ўмовах моцнага абмілення басейна і, магчыма, яго расчленення на участкі сушки і эвапарытавыя ванны. Першая фаза эвапарытавага эпізода адзначана на адрезку віцебскі гарызонту – адровіска-асвейская мяжа. У пачатку асвейскага часу адбываецца вяртанне да нармальных марскіх умоў (павелічэнне $\delta^{13}\text{C}$ да -2...-1‰), а затым зноў актывізуеца паступленне вод з сушки і пачынаецца другая фаза эвапарытызацыі, якая заканчваецца ў гарадокскі час.

На вугляродна-ізатопнай кривой верхнэйфельска-франскага інтэрвалу разрэзу назіраецца трохразовая чаргаванне ўчасткаў з нармальнымі марскімі значэннямі $\delta^{13}\text{C}$ (0...+1‰) і некалькі зніжанымі (да -2...-3, у адзінковых выпадках да -3,8‰). Апошня трасіруюць трох фаз паступлення глебавага вуг-

ляроду ў складзе вод кантынентальнага сцёку: кароткачасовую – у першай палове полацкага часу, працяглую, якая ахоплівае другую (большую) палову полацкага часу, і трэцюю, якая намячаецца ў канцы ланскага часу.

Дынаміка $\delta^{18}\text{O}$ ў разрэзе ў асноўным паўтарае паводзіны значэнняў на дэвонскім адрезку глабальнаў хемастратыграфічнай крывой. Ізатопны склад кіслароду, які галоўным чынам мае марское аблічча, не «рэагуе» на адмоўныя экспкурсы $\delta^{13}\text{C}$, звязаныя з актыўізацыяй кантынентальнага сцёку. Прычынай гэтага з'яўляецца практычная адсутнасць розніцы паміж значэннямі $\delta^{18}\text{O}$ метэорных ападкаў, якія даюць пачатак водам сушы і марской вады ў нізкіх шыротах, дзе ў дэвоне знаходзілася тэрыторыя Беларусі.

VARIATIONS OF THE CARBON AND OXYGEN ISOTOPIC COMPOSITION IN THE EMSIAN - FRASNIAN DEPOSITS OF THE NORTH PRIPYAT SHOULDER (SOUTH-EAST OF BELARUS)

A. Makhnach¹, B. Pokrovsky², O. Murashko¹

¹ State Enterprise “Research and Production Centre for Geology”
7 Kuprevich St, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: makhnach@geologiya.by

² The Geological Institute of the Russian Academy of Sciences
7 Pyzhevsky Lane, 119017, Moscow, Russia
E-mail: pokrov@ginras.ru

The distribution of carbon and oxygen isotopes in the Emsian to Frasnian carbonate and carbonate-containing rocks of the Privolye parametric borehole section within the North Pripyat Shoulder (south-east of Belarus) has been studied.

The $\delta^{13}\text{C}$ variations trace an evaporite episode (carbonate-sulphate rocks, nodules, veins and other manifestations of gypsum and anhydrite) by two negative excursions (up to -6...-8‰) in the Emsian to Middle Eifelian part of the section. These excursions are associated with the activation of the continental water inflow enriched with soil carbon, under the conditions of a strong basin shallowing and, possibly, its division into land areas and evaporite ponds. The first phase of the evaporite episode is marked within the interval of the Vitebsk horizon to the Adrov-Osvyea border. At the beginning of the Osveya time, there occurred a return to normal marine conditions ($\delta^{13}\text{C}$ increase to -2...-1‰); subsequently the land water inflow was activated again; the second evaporation phase began, which ended at the Gorodok time.

In the carbon-isotope curve of the Upper Eifelian to Frasnian interval of the section, there is a three-time alternation of intervals with normal marine $\delta^{13}\text{C}$ values (0...+1‰) and slightly lower ones (-2...-3 and up to -3.8‰ in sporadic cases). The decreased values trace three phases of soil carbon inflow with continental runoff waters. These are: the short-term phase, which dates back to the first half of the Polotsk time; the long-term phase, which covers the greater second half of the Polotsk time; and the emerging phase, which dates back to the end of the Lan time.

The $\delta^{18}\text{O}$ dynamics in the section basically repeats the behaviour of the values in the Devonian segment of the Global Chemostratigraphic curve. The oxygen isotopic composition that mainly has a marine appearance, does not “react” to negative $\delta^{13}\text{C}$ excursions associated with the activation of continental runoff. The reason of that is the actual absence of difference between the $\delta^{18}\text{O}$ values of precipitation, which gives rise to originate land waters, and sea water in low latitudes, where the territory of Belarus was located during the Devonian.

КАРЫСНЫЯ ВЫКАПНІ

УДК 556.38(476.7)

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ НОВОДВОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАЗАЛЬТОВ

В.Г. Жогло

Институт природопользования НАН Беларуси
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь
E-mail: w.zhoglo50@tut.by

Выполнена схематизация гидрогеологических условий в пределах водосбора карьерных полей Пинской перспективной площади (ППП). Созданы региональная и локальная численные геофильтрационные модели ППП. Впервые для количественной оценки интенсивности инфильтрационного питания грунтовых вод (ГВ) использована цифровая карта рельефа и гидрографической сети водосбора карьерных полей ППП. В пределах моделируемой области оценены естественные ресурсы подземных вод, величина которых расчленена на подземный сток в реки и разгрузку ГВ испарением. Выполнено численное моделирование фильтрации подземных вод при различных схемах осушения карьерных полей в условиях стационарного и нестационарного режимов фильтрации. Даны рекомендации по проведению дальнейших работ на территории ППП.

ВВЕДЕНИЕ

В результате совместно выполненных геолого-разведочных и научно-исследовательских работ в составе Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2016–2020 гг. Государственным предприятием «НПЦ по геологии» в пределах Пинской перспективной площади Пинского района Брестской области открыто месторождение Новодворское – первое в Республике Беларусь месторождение базальтов и сопутствующих базальтовых туфов. Установлено, что базальты и базальтовые туфы Новодворского месторождения пригодны в качестве сырья для производства базальтового волокна, стекол, стеклокристаллических и керамических материалов, а также пористых заполнителей, широко используемых в промышленном и гражданском строительстве. Организация промышленной разработки месторождения базальтов позволит расширить минерально-сырьевую базу республики, внести весомый вклад в решение актуальных вопросов импортозамещения и ресурсосбережения.

Эффективность разработки Новодворского месторождения в значительной степени зависит от

гидрогеологических условий ППП и их изменения в процессе ведения горных работ. Для решения разнообразных гидрогеологических задач, связанных с освоением Новодворского месторождения базальтов, в Институте природопользования НАН Беларуси по договору с ГП «НПЦ по геологии» создана региональная численная геофильтрационная модель (ЧГФМ) водосбора карьерных полей ППП (рабочее название модели – «Reg00baz»; автор разработки В.Г. Жогло). Модель построена на базе лицензионного программного обеспечения (ПО) ModTech ЗАО «Геолинк Консалтинг» (вычислительная программа GWFS, разработчик А.А. Рошаль, Москва). Система управления качеством разработки ПО ЗАО «Геолинк Консалтинг» в 2002 г. сертифицирована на соответствие требованиям международного стандарта ISO 9001:2000. Программа GWFS (Ground Water Flow Simulation – моделирование фильтрации подземных вод) предназначена для решения гидрогеологических задач, связанных с анализом и прогнозом движения подземных вод. Она позволяет осуществлять моделирование стационарных и нестационарных задач геофильтрации в многослойных и квазитрехмерных изотропных и анизотропных в плане системах [4].

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО СХЕМАТИЗАЦИЯ

Объектом исследования являются подземные воды Пинской перспективной площади. Численная геофильтрационная модель ППП предназначена для моделирования фильтрации подземных вод при различных схемах осушения карьерных полей, прогнозных оценок водопритоков в горные выработки, прогноза уровенного режима и баланса подземных и поверхностных вод на территории ППП.

Размеры исследуемого объекта составляют 66,0 км по оси X (с запада на восток) и 42,0 км по оси Y (с юга на север). В вертикальном разрезе подземные воды приурочены к четвертичным, палеогеновым, меловым, верхнепротерозойским отложениям и породам кристаллического фундамента. Гидрогеологические условия освоения месторождений полезных ископаемых в значительной степени определяются наличием в разрезе непроницаемых и слабопроницаемых слоев, даже если они имеют подчиненное значение в строении обводненной толщи пород. Поэтому воспроизведению слабопроницаемых отложений в структуре геофильтрационной модели уделено особое внимание.

По материалам предварительной разведки Новодворского месторождения базальтов и сопутствующих туфов на его территории и прилегающих землях ГП «НПЦ по геологии» (В.А. Зубок и В.Б. Дорошенко) выделено пять слабопроницаемых стратиграфических толщ (комплексов): 1) слабоводоносный днепровский моренный комплекс; 2) слабоводоносный березинский моренный комплекс; 3) пачка алевритов в кровле харьковского горизонта; 4) слабоводоносный киевский терригенный комплекс; 5) весьма слабоводоносная (практически безводная) вулканогенная толща ратайчицкой свиты и малоритского магматического комплекса нижнего венда.

По наличию в разрезе перечисленных выше слабопроницаемых толщ на исследуемой территории нами выделены следующие водоносные и слабопроницаемые слои и пласти (сверху вниз):

- 1-й водоносный пласт (1ВП) – водоносный горизонт (комплекс) четвертичных отложений, залегающих на днепровской морене (грунтовый водоносный горизонт);

- 1-й разделяющий слой (1РС) – слабоводоносный днепровский моренный комплекс;

- 2-й водоносный слой (2ВС) – водоносный березинский-днепровский водно-ледниковый комплекс;

- 2-й разделяющий пласт (2РП) – включает отложения березинского моренного комплекса и пачку алевритов в кровле харьковского горизонта;

- 3-й водоносный слой (3ВС) – водоносный харьковский терригенный комплекс;

- 3-й разделяющий слой (3РС) – слабоводоносный (слабопроницаемый) киевский терригенный комплекс;

- 4-й водоносный слой (4ВС) – верхнемеловой терригенно-карбонатный комплекс;

- 4-й разделяющий слой (4РС) – весьма слабоводоносная вулканогенная толща ратайчицкой свиты и малоритского магматического комплекса нижнего венда;

- 5-й водоносный пласт (5ВП) – пинские отложения рифея и зона трещиноватости архейских-нижне-протерозойских магматических и метаморфических пород (пинский водоносный горизонт).

1-й водоносный слой – грунтовый водоносный горизонт (ГВГ). Включает отложения, залегающие на днепровской морене. К ним относятся слабоводоносный голоценовый болотный горизонт и водоносный поозерский озерно-аллювиальный комплекс.

Голоценовый болотный горизонт имеет ограниченное распространение. Водовмещающие породы представлены торфом различной степени разложения, супесью гумусированной, мощность которых составляет 0,30–1,95 м. По данным геолого-съемочных работ глубина залегания уровней грунтовых вод не превышает 0,5–0,6 м. Коэффициент фильтрации, определенный по результатам откачки, равен 0,08 м/сут.

Водоносный поозерский озерно-аллювиальный комплекс имеет повсеместное распространение, залегает с поверхности или под слоем болотных осадков. Водовмещающие породы представлены песками разнозернистыми, преимущественно мелкозернистыми, полевошпатово-кварцевыми, с включением гравия. Их мощность изменяется от 6,5 до 25,0 м, преобладают значения 15,0–20,0 м. Воды горизонта безнапорные. Глубина залегания уровней 0,5–3,0 м, по данным обследования колодца в д. Новый Двор – 2,3 м. Коэффициенты фильтрации, определенные по результатам опытных откачек, варьируют от 3,5 до 6,0 м/сут. Взяв за основу имеющиеся данные, на геофильтрационной модели «Reg00baz» коэффициент водопроводимости 1-го водоносного слоя принят равным 85 м²/сут.

1-й разделяющий слой – слабоводоносный днепровский моренный комплекс. На Пинской перспективной площади днепровские моренные отложения распространены фрагментарно. Мощность моренных отложений в пределах ме-

сторождения Новодворское изменяется от 0,6 м до 13,7 м. Представлены они песком полевошпатово-кварцевым, разнозернистым, с включением гравия и гальки кварца, гранита и карбонатных пород. Фильтрационные свойства днепровской морены на территории Новодворского месторождения не изучались. Коэффициенты фильтрации моренных образований, определенные Белорусской гидрогеологической экспедицией в лабораторных условиях на приборе «Большой монолит» по образцам пород, отобранным на участке Уза (район Гомеля), изменяются от 0,0003 до 0,1 м/сут. По данным МОГИС (А.В. Беляшов), коэффициент перетока днепровской морены изменяется от 0,02 до 0,0002 1/сут (среднее значение 0,003 1/сут). Близкие результаты получены по району Гомельского химзавода [3]: коэффициент перетока, определенный методом математического моделирования по материалам длительных режимных наблюдений, равен 0,00014–0,0036 1/сут (среднее значение 0,0011 1/сут). На модели «Reg00baz» значение коэффициента перетока днепровской морены, учитывая ее опесчаненность, принято равным 0,01 1/сут.

2-й водоносный слой – водоносный березинский-днепровский водно-ледниковый комплекс (БДВК). Распространен локально в северо-западной части территории исследований, отсутствуя в ее северо-восточной и юго-восточной частях. Мощность отложений колеблется от 1,8 м до 35,5 м, в основном 6,0–10,0 м. Водовмещающие породы представлены песками, преимущественно крупно- и среднезернистыми, гравелистыми, полевошпатово-кварцевыми, с включением гравия, иногда слабоглинистыми, с прослойями супесей, суглинков и глин мощностью до 5,2 м.

Днепровская морена, залегающая в кровле водоносного березинского-днепровского водно-ледникового комплекса, имеет небольшую мощность и сложена в основном песками разнозернистыми, песчано-гравийным и гравийно-галечным материалом, а в северной части участка месторождения полностью размыта, в кровле березинского-днепровского водоносного комплекса залегает поозерский озерно-аллювиальный комплекс, с которым они образуют единую водоносную толщу. По условиям залегания воды комплекса безнапорные. Уровни устанавливаются на глубинах 1,65–5,0 м.

Объединенный плейстоценовый водоносный комплекс (ОПВК) распространен повсеместно и объединяет несколько горизонтов различного возраста и генезиса – в основном это поозерские озерно-аллювиальные отложения, залегающие с

поверхности, днепровская морена, березинские-днепровские водно-ледниковые отложения, залегающие на породах палеогена. Суммарная мощность плейстоцена в пределах участка месторождения изменяется от 19,0 м до 30,9 м, в среднем составляя 23,6 м. Водовмещающими породами являются разнозернистые, преимущественно мелкозернистые, реже средне-крупнозернистые пески. Моренные отложения представлены песками разнозернистыми, с включением гравия и гальки.

Уровни подземных вод ОПВК залегают на глубине 1,65–2,53 м. Положение зеркала грунтовых вод находится на отметке 135,43 м. Коэффициент фильтрации, определенный графоаналитическим методом по данным опытной кустовой откачки из скважины 2г, изменяется от 19 до 24 м/сут, в среднем составляя 22 м/сут. На основании этих данных среднее значение водопроводимости ОПВК $km = k \cdot m = 22,0 \cdot 23,6 = 519,2 \text{ м}^2/\text{сут}$. Оно характеризует суммарную водопроводимость ($km = km_1 + km_2$) 1-го и 2-го водоносных слоев геофильтрационной модели «Reg00baz». Так как для 1-го водоносного слоя $km_1 = 85,0 \text{ м}^2/\text{сут}$, то для 2-го слоя $km_2 = 519,2 - 85,0 = 434,2 \text{ м}^2/\text{сут}$. Это значение и принято в модели «Reg00baz».

2-й разделяющий пласт. Объединяет отложения березинского моренного комплекса и пачку алевритов в кровле харьковского горизонта. Слой конечно-моренных валунно-галечно-песчаных отложений мощностью 1,0–6,4 м вскрыт в западной части участка работ на глубине 19,3–20,0 м. Он подстилается верхней пачкой харьковского горизонта, сложенной слабослюдистыми глауконитово-кварцевыми алевритами мощностью от 8,3–19,8 м. Фильтрационные свойства 2-го РП на территории Новодворского месторождения не изучались. Проницаемость алевритов палеогена в направлении, перпендикулярном напластованию пород, детально изучена в районе Гомельского химического завода. Коэффициент перетока, определенный методом математического моделирования по материалам длительных режимных наблюдений, изменяется от 0,00001 до 0,00033 1/сут [3]. Его среднее значение, равное 0,0001 1/сут, использовано в модели «Reg00baz».

3-й водоносный слой – водоносный харьковский терригенный комплекс. Распространен почти повсеместно. Отсутствует лишь в северо-восточной части района исследований. Водовмещающие породы представлены песками разнозернистыми, среднезернистыми, реже – крупно-среднезернистыми, глауконитово-кварцевыми, слюдистыми, с прослойями алевритов. Мощность песчаной пачки

изменяется от 3,1 м до 15,0 м. По данным опытно-фильтрационных работ коэффициент водопроводимости колеблется от 40 до 75 м²/сут, в среднем составляя 59,0 м²/сут. Это значение и принято в модели «Reg00baz».

3-й разделяющий слой – слабопроницаемый (слабоводоносный) киевский терригенный комплекс. Распространен повсеместно. Представлен комплекс слюдистыми глауконитово-кварцевыми алевролитами, в меньшей степени – тонкозернистыми песчаниками, песками мелко-среднезернистыми, алевритистыми. Мощность отложений варьирует от 3,1 м до 15,4 м, локально увеличиваясь в понижениях палеорельефа. Фильтрационные свойства киевских отложений на территории Новодворского месторождения не изучались. По аналогии со 2-м РС коэффициент перетока алевритов киевского горизонта принят равным 0,0001 1/сут.

4-й водоносный слой – верхнемеловой терригенно-карбонатный комплекс. Слабоводоносный верхнемеловой комплекс широко распространен на территории района исследований, но в пределах подсчетных блоков полезного ископаемого практически отсутствует. Залегает на глубине от 43,4 м до 61,6 м. Водовмещающие породы представлены мелом, иногда мергелистым, мощностью от 1,9 м до 28,2 м, в нижней части – песками глауконитово-кварцевыми мощностью от 0,3 м до 4,8 м. Отложения в различной степени трещиноваты, и к ним приурочены пластово-трещинные воды напорного типа. К югу от Новодворского месторождения, в районе Пинска, отмечается резкое увеличение водообильности туронских отложений верхнего мела. Коэффициент водопроводимости толщи колеблется от 1,7 м²/сут до 255 м²/сут, причем наибольшая его величина отмечена в районе водозабора Пина-1. Из-за существенного увеличения водообильности верхнемелового терригенно-карбонатного комплекса от участка месторождения в направлении р. Припять и Пина на геофiltрационной модели «Reg00baz» коэффициент водопроводимости 4-го ВС от северной границы моделируемой области до середины Новодворского месторождения базальтов задается постоянным и равным 5,0 м²/сут. В южном направлении происходит равномерное увеличение km_4 от 5,0 м²/сут в средней части модели до $km_4 = 255,0$ м²/сут в долях р. Припять и Пина.

4-й разделяющий слой – почти безводная вулканогенная толща ратайчицкой свиты и малоритского магматического комплекса нижнего венда. Верхняя часть ратайчицкого терригенно-эффузивного комплекса сложена базальтами толеито-

выми и долеритами. По результатам лабораторных исследований пористость базальтов в естественных условиях составляет 2,3–3,3%, естественная влажность – 0,9–3,2%, что подтверждает заключение, полученное по результатам геофизических исследований о безводности базальтов. Средняя мощность толщи в пределах блоков подсчета запасов Новодворского месторождения по категориям C₁ + C₂ равна 71,1 м. На основе общих сведений о вертикальной проницаемости безводных (весьма слабоводоносных) вулканогенных отложений в геофильтрационной модели «Reg00baz» коэффициент перетока 4-го РС задан равным 0,00001 1/сут. Скорее всего, это несколько завышенное значение. Его уточнение будет производиться в процессе калибрации модели и по мере поступления новых материалов.

5-й водоносный пласт – пинские отложения рифея и зона трещиноватости архейских-нижнепротерозийских магматических и метаморфических пород (пинский водоносный горизонт). Водоносный ратайчицкий терригенно-эффузивный комплекс в пределах района месторождения распространен повсеместно. К туфопесчаникам и песчаникам, залегающим под базальтами, приурочены трещинно-поровые воды напорного типа. Под ратайчицкими отложениями распространены разнозернистые песчаники горбашевской свиты, общая мощность которых изменяется в пределах 3,0–17,0 м. Песчаники массивные, часто переходящие в рыхлые. Информации о водообильности данных отложений в пределах района Новодворского месторождения нет. Пинские отложения рифея вскрыты на глубине 134,0 м. Водовмещающие породы представлены песчаниками от тонко- до крупнозернистых, преимущественно мелкозернистыми, на железистом, известковистом, реже глинистом цементе, а также туфогенно-осадочными породами. К ним приурочены трещинно-поровые воды. На участке месторождения они опробованы совместно с песчаниками пинских отложений рифея опытной одиночной откачкой из разведочной гидрогеологической скважины 1г. Интервал опробования 115,0–150,0 м, водоприемная часть скважины – открытый ствол диаметром 112 мм. Пьезометрический уровень установлен на глубине 1,51 м от поверхности земли. Коэффициент водопроводимости отложений, определенный различными методами обработки откачки, изменяется от 34 м²/сут (Дюпюи) до 64–71 м²/сут (S – lgt). На геофильтрационной модели «Reg00baz» принято его среднее значение (67,5 м²/сут).

Водоносная зона трещиноватости архейских-нижнепротерозийских магматических и мета-

морфических пород (AR-PR₁) приурочена к верхней выветрелой зоне пород кристаллического фундамента. Водовмещающие отложения, представленные гранитами и гранодиоритами в различной степени трещиноватыми, вскрыты к югу от месторождения на глубине 412–457 м. Они безводны и в гидродинамическом отношении представляют собой непроницаемую границу.

ГИДРОГРАФИЯ И РЕЛЬЕФ

В численной геофiltрационной модели «Reg00baz» гидрография и рельеф представлены цифровой картой рельефа и гидрографической сети водосбора карьерных полей ППП и прилегающих территорий. Планово-высотное согласование абсолютных отметок рельефа и гидрографической сети выполнено Ю.Ю. Трифоновым (рис. 1).

Основными водными объектами на территории ППП и сопредельных земель являются р. Вислица и водохранилище Погост, расположенное в 1,5–2,0 км к востоку от Новодворского месторождения, а также множественные мелиоративные каналы и канавы. С юга объект исследований ограничен р. Припять, Пина и Ясельда (см. рис. 1).

Водохранилище Погост находится в Пинском районе Брестской области. Оно построено в 1976 г. на месте бывшего оз. Погост и прилегающих к нему земель для орошения земель совхоза «Парохонский» и водообеспечения рыбоводного хозяйства «Полесье». Площадь водоема – 1620 га, максимальная глубина – 5,4 м, средняя глубина – 3,4 м. Водохранилище окружено дамбой-плотиной длиной 16,2 км. Объем воды – 54,5 км³, площадь водосборного бассейна – 710 км², нормальный подпорный уровень (НПУ) – 139 м, средний многолетний сток – 89,3 млн м³. Дно песчаное. Для регулирования объема воды оборудован водоспуском. Водохранилище наполняется из р. Бобрик по водоподводящему каналу длиной 8,5 км при помощи шлюзов-регуляторов. Колебания уровня воды на протяжении года составляют 2–3 м.

Река Вислица – правый приток Бобрика. Длина реки – 41,8 км. Площадь водосбора – 543 км². Среднегодовой расход воды в устье – 2 м³/с. Основное направление течения – юго-восток, в нижнем течении – восток. Средний наклон водной поверхности 0,2 м/км. Скорость течения воды – 0,2 м/с. Рельеф водосбора р. Вислица плосковолнистый, с песчаными холмами и грядами высотой до 6–8 м.



Рисунок 1 – Цифровая карта рельефа и гидрографической сети водосбора карьерных полей ППП и прилегающих территорий (составил Ю.Ю. Трифонов)

Долина неясно выражена. Склоны пологие, сливаются с прилегающей местностью, прорезаны сетью мелиоративных каналов.

До 1978 г. Вислица протекала через оз. Погостское, после создания на его месте наливного водохранилища Погост протекает по новому руслу (каналу), огибая водохранилище с юга. Долина в верхнем течении невыразительная, между д. Юзефины и Новый Двор трапециевидная, шириной 1–3 км. Пойма двухсторонняя, шириной 0,3–0,7 км. Русло на всем протяжении канализовано (ширина до 4 м, ниже д. Новый Двор до 20 м), обвалована дамбами. Притоки Вислицы – каналы Липники и Доброславка (слева). На весеннееводное приходится 65% годового стока. Отметки уровней в реке – 135,4–135,1 м, то есть на 3–4 м ниже уровня в водохранилище Погост. В 1,8–2,0 км западнее месторождения Новодворское с севера на юг протекает Любельпольский канал, который начинается от р. Вислица северо-западнее д. Новый Двор, а впадает в р. Ясельда.

Непосредственно на площади Новодворского месторождения водотоки отсутствуют. Исключение составляют нескольких мелиоративных каналов второго порядка. Магистральные каналы, в основном, имеют ширину 10–13 м, глубину – 1,7–2,0 м; мелиоративные каналы второго порядка: ширина – 3,0–7,0 м, глубина – 1,0–1,4 м. Скорость течения воды в магистральных каналах – 0,1 м/с.

СТРУКТУРА РЕГИОНАЛЬНОЙ ЧИСЛЕННОЙ ГЕОФИЛЬТРАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Для воспроизведения на модели «Reg00baz» геологического строения и гидрогеологических условий ППП моделируемая область в плане (см. рис. 1) разбита на квадратные блоки (ячейки) размером 300×300 м (всего 220 блоков по оси X и 140 блоков по оси Y). В целом 30 800 расчетных блоков в каждом слое.

В разрезе выделено 11 слоев (пластов): 1) зона аэрации; 2) поверхностные водоисточники; 3) грунтовый водоносный горизонт (*1-й водоносный пласт*); 4) слабоводоносный днепровский моренний комплекс (*1-й разделяющий слой*); 5) водоносный березинский-днепровский водно-ледниковый комплекс (*2-й водоносный слой*); 6) березинский моренний комплекс и пачка алевритов в кровле харьковского горизонта (*2-й разделяющий пласт*); 7) водоносный харьковский терригенный комплекс (*3-й водоносный слой*); 8) слабоводоносный (слабопроницаемый) киевский терригенный

комплекс (*3-й разделяющий слой*); 9) верхнемеловой терригенно-карбонатный комплекс (*4-й водоносный слой*); 10) практически безводная вулканическая толща ратайчицкой свиты и малоритского магматического комплекса нижнего венда (*4-й разделяющий слой*); 11) пинские отложения рифея и зона трещиноватости архейских-нижнепротерозойских магматических и метаморфических пород – ратайчицкий водоносный горизонт (*5-й водоносный пласт*).

Параметры проницаемых слоев (пластов, водоносных горизонтов). Для проницаемых слоев заданы: 1) карты-идентификаторы граничных условий; 2) цифровые карты абсолютных отметок уровней подземных вод (напоров); 3) коэффициенты проводимости; 4) коэффициент упругой емкости напорных водоносных горизонтов; 5) коэффициент гравитационной емкости для верхнего безнапорного водоносного горизонта.

Параметры разделяющих слоев (пластов). В вычислительной программе GWFS для моделирования вертикальных составляющих потоков подземных вод непосредственно в проницаемом слое задаются коэффициенты, характеризующие вертикальную проницаемость слоя по направлению оси Z (то есть вниз). Это могут быть параметры как самого проницаемого слоя, так и интегральные параметры перетекания данного и нижележащего слабопроницаемого слоев.

По результатам моделирования предусмотрено формирование цифровых карт следующих параметров: 1) модельные изменения уровней подземных вод в слое; 2) модельные глубины залегания уровней ГВ; 3) модельные абсолютные отметки уровней подземных вод; 4) модельные (межблочные) расходы подземных вод от узловых точек оси X и оси Y; 5) модельные (межблочные) перетоки (по оси Z) подземных вод от узловых точек в нижележащий слой.

Боковые внешние границы модели. На боковых внешних границах модели «Reg00baz» приняты граничные условия 2-го рода с нулевым расходом ($Q = 0$).

Нижняя граница модели. На модели «Reg00baz» нижней границей области фильтрации является подошва зоны трещиноватости отложений кристаллического фундамента (граничное условие 2-го рода, $Q = 0$).

Внутренние границы модели. Внутренними границами являются реки, водохранилище Погост и мелиоративные каналы, которые задаются граничными условиями 3-го рода ($Q = f(H)$). Параметр взаимосвязи гидрографической сети с верхним во-

доносным слоем на исходной модели принят равным 0,013 1/сут.

Верхняя граница ЧГФМ. На модели «Reg00baz» верхней границей области фильтрации является уровенная поверхность ГВ. К верхней границе модели относится и гидографическая сеть ППП. Количественное представление уровенной поверхности ГВ, включая и межпластовые водоносные горизонты, зависит от особенностей решаемой гидродинамической задачи. При постоянной величине площадного питания ГВ задача решается не в напорах (H), а в изменениях напоров подземных вод. Такое условие позволяет резко упростить реализацию гидродинамических условий на верхней границе – принять уровенную поверхность ГВ горизонтальной, то есть напоры грунтовых вод по всей территории задать одним числом (обычно принимается $H = 0$).

Назначение созданной модели «Reg00baz» предопределяет необходимость решения гидродинамических задач в напорах (а не в изменениях напоров). Для решения задач в такой постановке, наряду со стандартным набором исходных параметров, требуются количественные сведения об интенсивности инфильтрационного питания подземных вод по всей площади моделируемого объекта. Такие сведения по ППП в настоящее время отсутствуют. Оценка интенсивности инфильтрационного питания возможна при наличии карты гидроизогипс и данных об основных гидрогеологических параметрах. Карта гидроизогипс по территории ППП также отсутствует. В период проведения предварительной разведки Новодворского месторождения базальтов выполнено бурение восьми разведочных и одной гидрогеологической скважины, по которым проведены режимные наблюдения и получены сведения по абсолютным отметкам и глубинам залегания грунтовых вод. По этим точкам, расположенным весьма компактно на небольшом участке, возможно лишь сопоставление модельных и натурных данных по уровням грунтовых вод при калибрации модели.

В связи с отсутствием представительной карты гидроизогипс для количественной оценки интенсивности инфильтрационного питания грунтовых вод нами использована цифровая карта рельефа и гидографической сети водосбора карьерных полей ППП, составленной Ю.Ю. Трифоновым (см. рис. 1). Принятый подход объясняется наличием связи между рельефом местности и уровенной поверхностью грунтовых вод. Гидроизогипсы – это линии, соединяющие точки с одинаковой абсолютной отметкой поверхности (уровня) грунтовых вод, линии равного напора. Система этих линий, построенная для

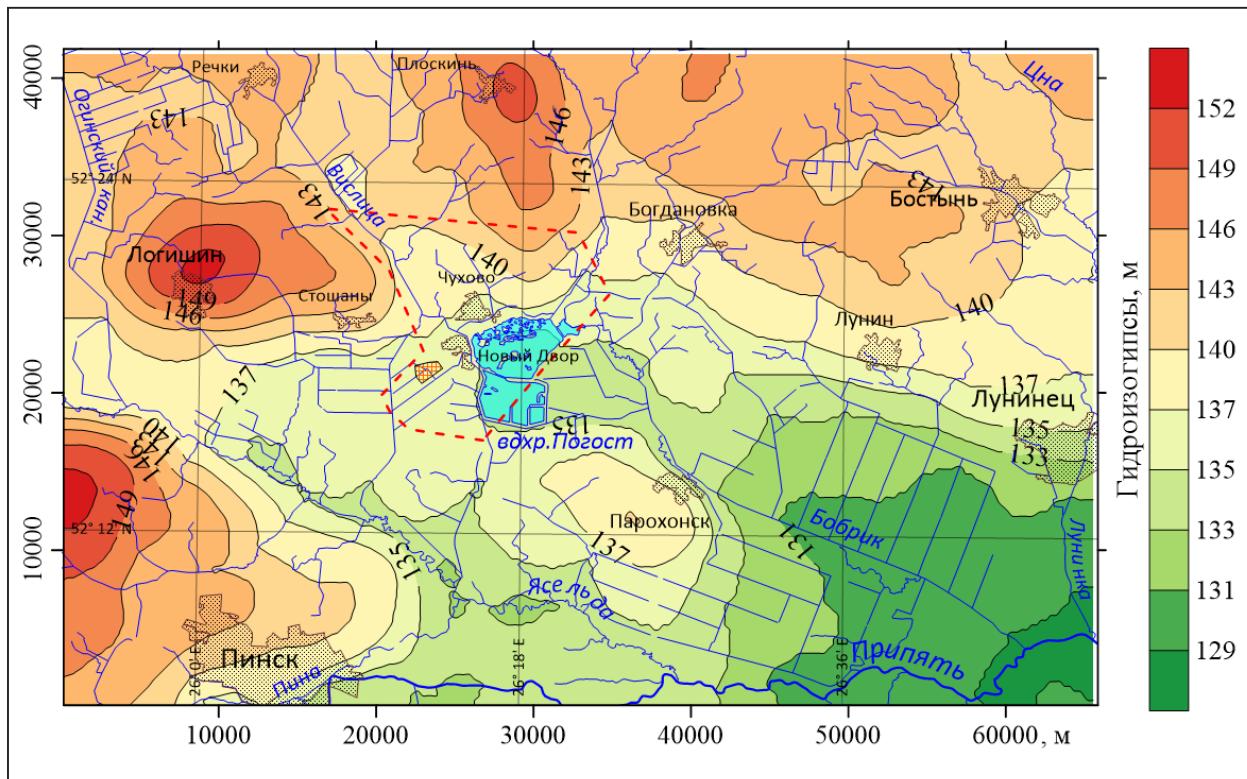
любого участка территории, характеризует положение (абсолютные отметки) реально существующей поверхности грунтового водоносного горизонта. В соответствии с общей закономерностью эта поверхность, как правило, в сложенной форме «повторяет» поверхность земли, снижаясь от возвышенных (междуречных) участков территории к дренирующим понижениям в рельефе [1]. Легко показать, что эта связь имеет не только статистический, но и генетический характер. Другими словами, в принятом нами подходе уровенная поверхность грунтовых вод совмещается с поверхностью земли. Если учесть очень низкую степень дренированности территории ППП, то принятое допущение не вносит существенных ошибок в значения определяемых элементов потока (напоров грунтовых вод и интенсивности инфильтрационного питания). Приемлемую достоверность геофильтрационной модели должна обеспечить ее калибрация.

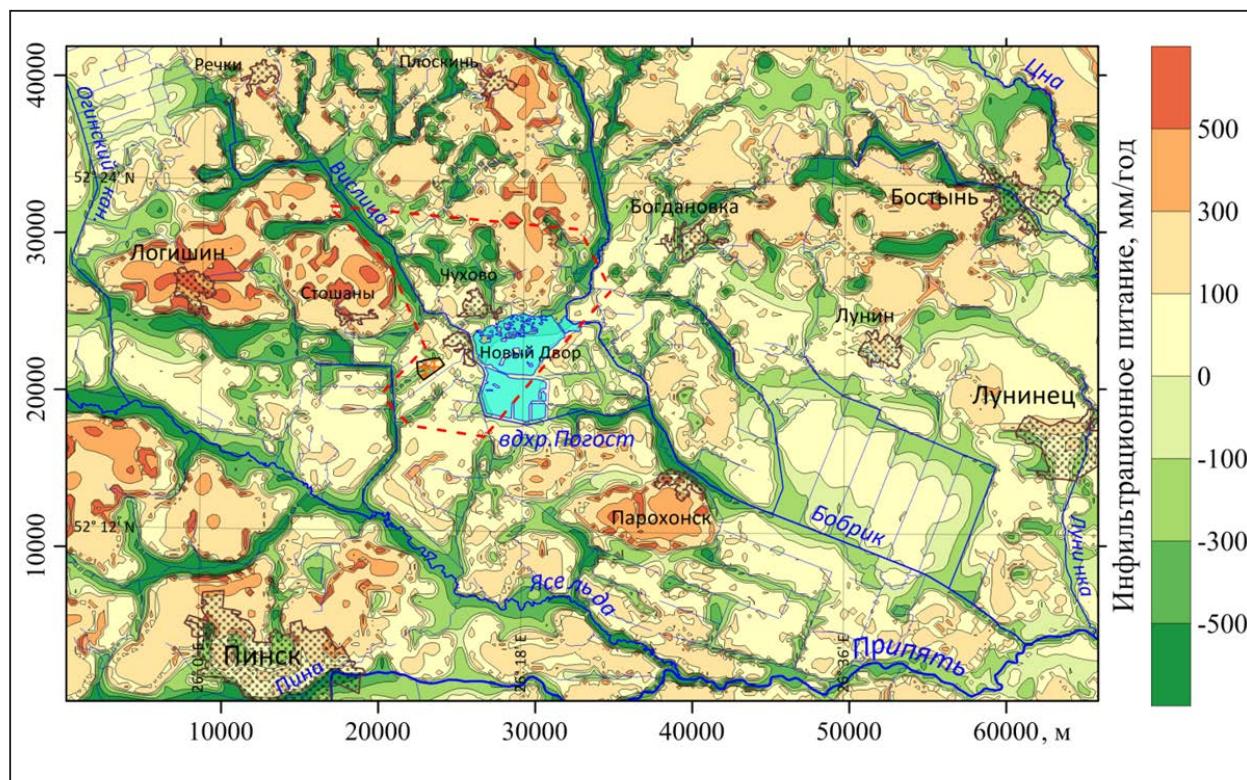
Инфильтрационное питание (испарение) ГВ через зону аэрации реализовано в модели «Reg00baz» на основе методики, разработанной нами совместно с А.А. Плетневым [2]. Результатом решения задачи в такой постановке являются расчетные значения питания ГВ по каждому блоку модели. Данный параметр представляет собой интегральную величину площадного (поблочного) питания ГВ, которое (при заданных гидрогеологических параметрах, граничных условиях и величине подземного стока в реки) обеспечивает принятые к расчету УГВ. Проверка и уточнение полученных значений поблочного питания ГВ выполняется путем решения прямой геофильтрационной задачи. Для этого интенсивность инфильтрационного питания (испарения), а также поверхностные водоемы и водотоки задаются на модели в явном виде.

По результатам моделирования фильтрации подземных вод в естественных условиях (без задания на модели гидротехнических сооружений) оценена структура баланса подземных и поверхностных вод, построены карты гидроизогипс, глубин залегания и интенсивности инфильтрационного питания грунтовых вод.

Карты гидроизогипс (рис. 2) и глубин залегания уровней ГВ (рис. 3) характеризуют собой гидрогеологические условия исследуемой территории. Карта интенсивности инфильтрационного питания (рис. 4) представляет собой наиболее обеспеченную часть естественных ресурсов подземных вод и их дифференциацию по площади распространения ГВГ.

Структура водного баланса в обобщенном виде представлена в табл. 1. Суммарная величина результирующего питания грунтовых вод, равная





Условные обозначения см. на рис. 1

Рисунок 4 – Карта интенсивности площадного питания и разгрузки грунтовых вод через зону аэрации на территории ППП и прилегающих земель (по результатам моделирования)

391 628 м³/сут (высота слоя воды 51,6 мм/год), представляет собой наиболее обеспеченную часть естественных ресурсов подземных вод исследуемой территории, площадь которой равна 2772 км². Расход грунтовых вод осуществляется в поверхностные водоисточники (184 207 м³/сут; слой стока 24,3 мм/год) и путем испарения с депрессионной поверхности через зону аэрации (243 907 м³/сут; высота слоя воды 32,1 мм/год). В естественные ре-

сурсы не входит величина питания грунтовых вод за счет восходящей разгрузки межпластовых вод (350 189 м³/сут), так как она представляет собой расход транзитного потока подземных вод: нисходящее перетекание грунтовых вод в межпластовые водоносные горизонты на повышенных элементах рельефа и эквивалентная разгрузка межпластовых вод в грунтовый водоносный горизонт в долинах рек и других эрозионных врезах.

Таблица 1 – Структура баланса подземных и поверхностных вод ППП и прилегающих территорий в естественных условиях (стационарный режим фильтрации, м³/сут)

Водоносный горизонт	Направление процесса	Питание (+) / испарение (-) грунтовых вод	Реки	Расход подземных вод через:		Дисбаланс, м ³ /сут
				подошву горизонта	кровлю горизонта	
ГВГ	Приток	391 628	36 488	350 186	0	-0,33
	Отток	243 907	184 207	350 189	0	
БДВК	Приток	0	0	39 836	350 189	1,77
	Отток	0	0	39 837	350 186	
ПВК (харьковский)	Приток	0	0	19 505	39 837	0,11
	Отток	0	0	19 506	39 836	
Верхнемеловой ВК	Приток	0	0	8 198	19 506	0,40
	Отток	0	0	8 198	19 505	
Ратайчицкий ВГ	Приток	0	0	0	8 198	0,32
	Отток	0	0	0	8 198	

ДРЕНАЖ КАРЬЕРА НОВОДВОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОГО РЕЖИМА ФИЛЬТРАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Первые оценки прогнозных водопритоков в карьер Новодворского месторождения базальтов выполнены нами в нестационарной постановке с использованием численной геофильтрационной модели. Для этих целей создана рабочая версия региональной ЧГФМ под именем «Reg01baz». Все необходимые для расчетов характеристики и параметры карьера взяты из отчетов РУП «НПЦ по геологии» о предварительной разведке Новодворского месторождения, проведенной в 2018–2020 гг. (В.Б. Дорошенко, Г.Б. Качанко, О.Ф. Кузьменкова и др.).

Постановка задачи. Выполнить оценку водопритоков в проектируемый карьер. Дать прогноз уровенного режима и баланса подземных и поверхностных вод на территории водосбора карьерных полей. Организация вычислительного процесса изложена в табл. 2.

Дренаж грунтового водоносного горизонта. Площадь карьера, планируемого для отработки запасов полезных ископаемых, разведенных по категориям С1 + С2, равна 1,45 км². На геофильтрационной модели «Reg01baz», имеющей шаг сетки 300 м, проектируемый карьер занимает 16 расчетных блоков (ячеек). В ячейках, примыкающих к внешнему контуру карьера (то есть на рас-

стоянии 300 м от расчетной границы карьера), в грунтовом водоносном горизонте (первом от поверхности земли) принимается граничное условие 1-го рода (ГУ-1) с напором $H = 125,0$ м (абсолютная отметка уровня грунтовых вод равна 125,0 м, что соответствует кровле слоя днепровской морены). При заданном напоре грунтовых вод моделируется процесс фильтрации в течение 90 сут с записью результатов моделирования на следующие моменты времени: 1,0 сут, 3,0 сут, 10,0 сут, 30,0 сут и 90,0 сут. На эти моменты времени получены количественные значения составляющих водного баланса подземных и поверхностных вод, а также модельные величины напоров подземных вод и их понижений.

Дренаж березинского-днепровского водоносного горизонта. Через 90,0 сут система дренажа грунтового водоносного горизонта отключается (ГУ-1 на линии дренажа удалено). На следующем этапе строительства при $t = 90$ сут уровни подземных вод на линии дренажа снижаются до кровли залегания алевритов палеогена (абсолютная отметка 114,0 м). То есть уровни подземных вод на контуре дренажа поникаются еще на 11,0 м. Граничное условие 1-го рода на контуре карьера в грунтовом водоносном горизонте отключается и переносится в БДВГ. Принятые условия предполагают, что слой днепровской морены, представленный песками, способен пропустить все ресурсы грунтовых вод через себя.

Дренаж березинского-днепровского и палеогенового водоносных горизонтов. На третьем этапе

Таблица 2 – Временные параметры, принятые при моделировании дренирования грунтового (ГВГ), березинского-днепровского, палеогенового и верхнемелового водоносных горизонтов (нестационарный режим фильтрации)

№ ВИ	Граничное условие 1-го рода (ГУ-1) на линии дренажа	Расчетное время, сут	Длительность ВИ, сут	Число шагов	Величины шагов, сут
1*	-	0,3	0,30	20,0	0,015
2	ГУ-1 в ГВГ; $H = 125$ м	1,0	0,70	35,0	0,020
3		3,0	2,00	40,0	0,050
4		10,0	7,00	35,0	0,200
5		30,0	20,00	50,0	0,400
6		90,0	60,00	75,0	0,800
7*	ГУ-1 в ГВГ отключается ГУ-1 в БДВГ; $H = 114$ м	93,0	3,00	100,0	0,030
8		100,0	7,00	70,0	0,100
9		130,0	30,00	100,0	0,300
10		220,0	90,00	180,0	0,500
11*	ГУ-1 в ПВГ; $H = 96$ м	223,0	3,00	200,0	0,015
12		230,0	7,00	200,0	0,035
13		260,0	30,00	200,0	0,150
14		350,0	90,00	200,0	0,450
15*	ГУ-1 в ВМВГ; $H = 83$ м	353,0	3,00	200,0	0,015
16		360,0	7,00	200,0	0,035
17		390,0	30,00	200,0	0,150
18		480,0	90,00	200,0	0,450
19		660,0	180,00	200,0	0,900

строительства карьера уровни подземных вод на линии дренажа понижаются до подошвы палеогенового водоносного горизонта – абсолютная отметка 96,0 м. Для этого на модели на линии дренажа в ПВГ задается ГУ-1 с $H = 96,0$ м. Дренажная система, оборудованная на березинский-днепровский водоносный горизонт, сохраняется.

Дренаж березинского-днепровского горизонта, харьковского и верхнемелового водоносных горизонтов. На четвертом этапе работ уровни подземных вод на контуре дренажа понижаются до кровли залегания базальтов – абсолютная отметка 83,0 м. На модели в основании верхнемелового водоносного горизонта задается ГУ-1 с $H = 83,0$ м. Дренажная система, оборудованная на березинский-днепровский и палеогеновый водоносные горизонты, сохраняется. Результаты моделирования записаны на $t = 353,0$ сут, 360,0 сут, 390,0 сут, 480,0 сут и 660,0 сут. В целом, ведя отсчет от начального момента времени ($t = 0$), когда система дренажа была введена в работу, водопонижение на линии дренажа моделировалось в течение 660 сут.

Дренажные работы на объекте начинаются с осушения грунтового водоносного горизонта. Для этого на линии дренажа (300 м от внешнего контура планируемого карьера) уровни грунтовых вод

понижаются до абсолютной отметки 125 м. В первые сутки работы дренажной системы водопритоки могут достигать 135,1 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$. Но в течение месяца суммарный дебит дренажа снижается до 84,6 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ (рис. 5).

Переход на дренирование березинского-днепровского водоносного горизонта и соответствующее понижение уровней подземных вод на линии дренажа до абсолютной отметки 114,0 м повышает водопритоки до 262,6 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$. В течение 4 месяцев работы дренажной системы водопритоки снижаются до 88,2 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$.

Последующее подключение к дренажу харьковского (палеогенового) и верхнемелового водоносных горизонтов мало сказывается на объеме водопритока в планируемый карьер. В связи со сработкой упругих и гравитационных запасов подземных вод в зоне влияния дренажа суммарные водопритоки в карьер постепенно снижаются до 77,0 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ в конце расчетного периода времени (см. рис. 5).

Радиус воронки депрессии в грунтовом водоносном горизонте по изолинии понижения УГВ 0,3 м достигает 4,5–5,0 км в южном, западном и северном направлениях и 3,0 км в восточном направлении, в сторону водохранилища Погост (рис. 6).

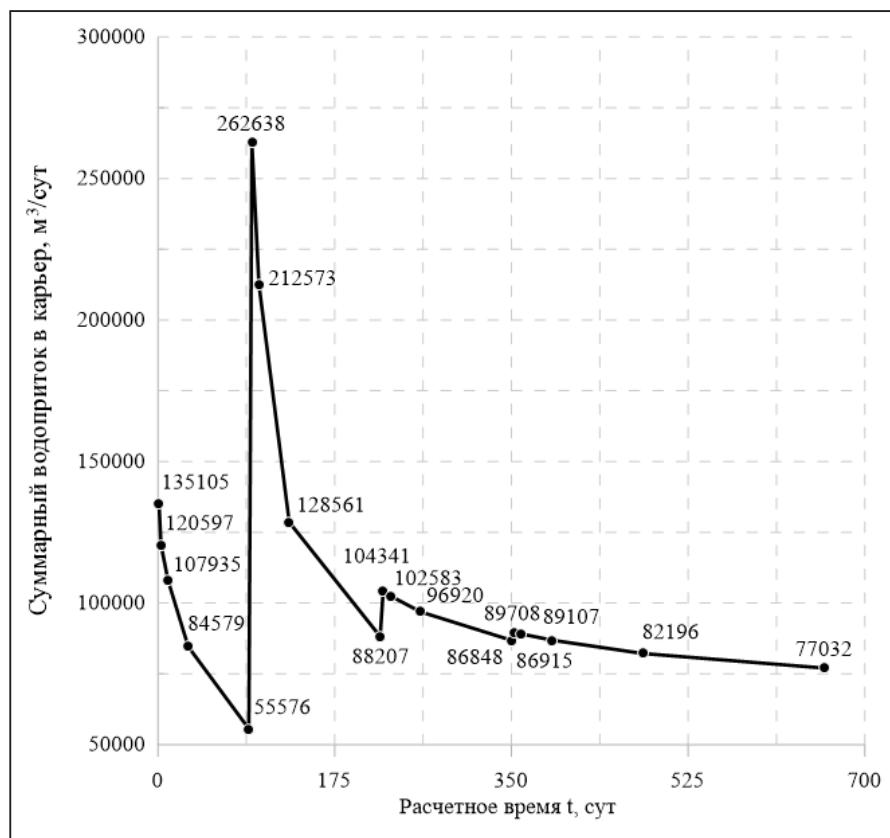
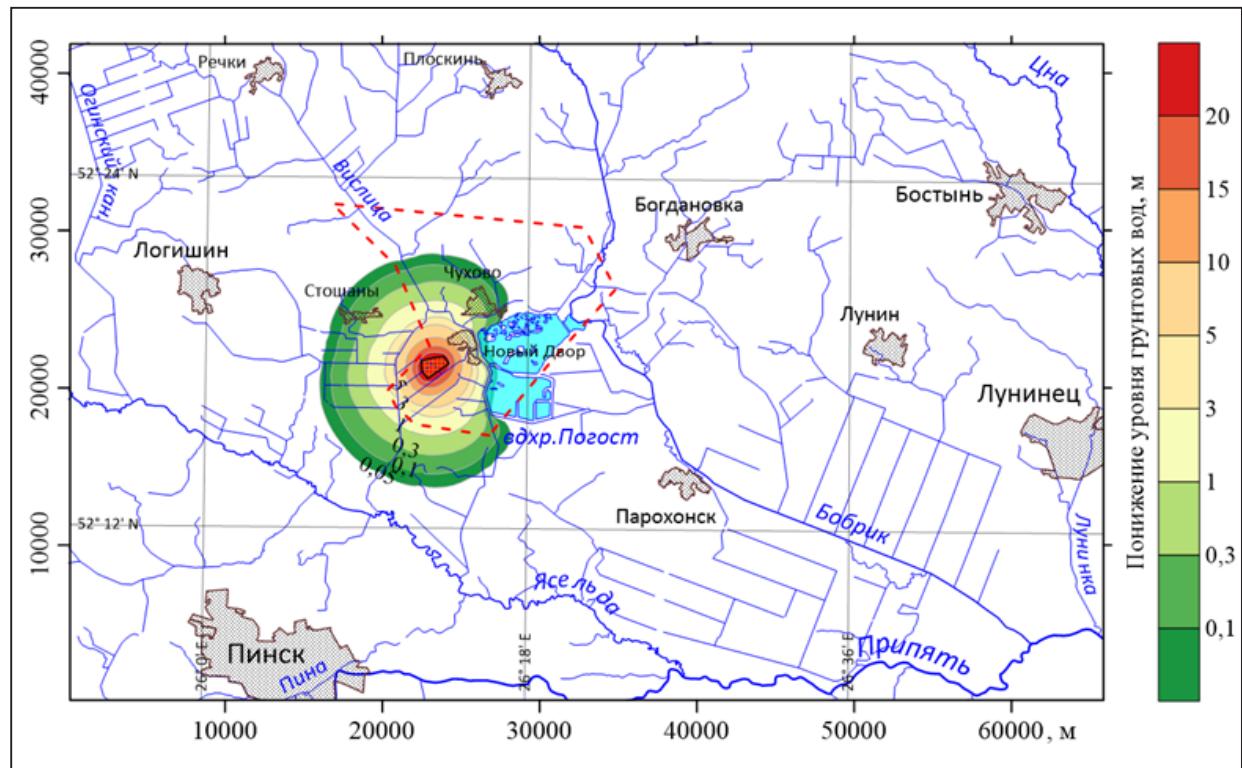


Рисунок 5 – Изменение во времени суммарного водопритока в карьер «Новодворский» на стадии вскрышных работ до глубины залегания кровли слоя полезного ископаемого



Условные обозначения см. на рис. 1

Рисунок 6 – Цифровая карта понижения УГВ в условиях дренирования ГВГ, БДВГ, ПВГ и ВМВГ на $t = 660$ сут
(по результатам моделирования)

Максимальные понижения уровней подземных вод в грунтовом и межпластовых водоносных горизонтах формируются вблизи внешнего контура карьера. С удалением от него понижения уровней снижаются. Наибольший практический и экологический интерес представляют понижения уровней

грунтовых вод в ближайших населенных пунктах. Так, в д. Новый Двор понижение УГВ достигает 4,7–9,1 м. В более удаленных населенных пунктах влияние карьера снижается (см. рис. 6, 7).

ДРЕНАЖ КАРЬЕРА НОВОДВОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИ СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ ФИЛЬТРАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

После завершения вскрышных работ и переходу к выемке полезного ископаемого изменения условий дренирования территории, прилегающей к карьеру, прекращаются. Через некоторое время работы системы дренажа без изменения граничных условий на линии дренирования произойдет стабилизация уровня подземных вод.

Анализ результатов моделирования системы дренажа в нестационарной постановке, выполненного с использованием численной геофильтрационной модели «Reg01baz», показывает, что уже через 660 сут режим фильтрации подземных вод близок к стационарному. Целесообразно получить количественные оценки предполагаемых изменений, а также выполнить контроль результатов расчетов в

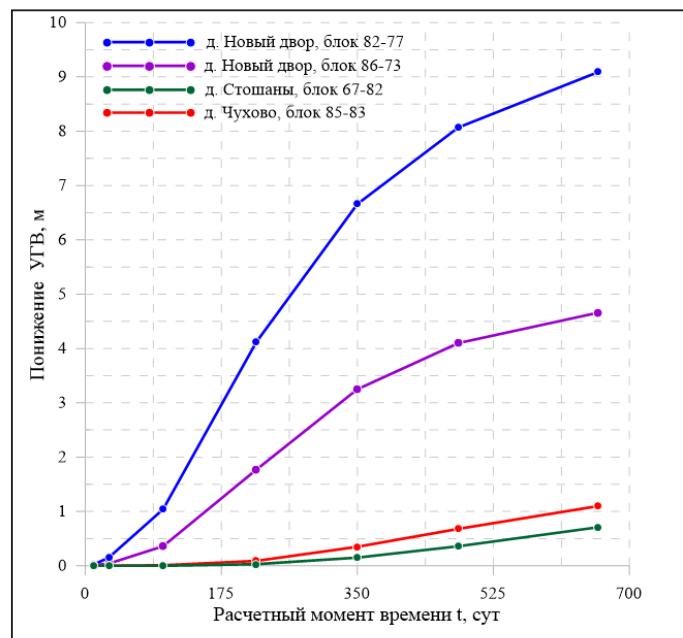


Рисунок 7 – Графики снижения уровней ГВГ
в д. Новый Двор, Стошаны, Чухово

нестационарной постановке. Для этого на модели «Reg01baz» рассматриваемая задача решена в стационарной постановке. Существенных различий в результатах решения нестационарной (на $t = 660$ сут) и стационарной задач не выявлено.

Чтобы исключить фактор масштаба рассмотрения исследуемых процессов, нами выполнены соответствующие расчеты на локальной численной геофiltрационной модели Новодворского месторождения базальтов (модель «Lok01baz»). Цель создания локальной модели – численное моделирование фильтрации подземных вод при дренировании карьера Новодворского месторождения базальтов на стадии вскрытия толщи полезного ископаемого.

На модели «Lok01baz» воспроизводится территория, ограниченная узловыми точками 51–120 по оси X и 48–94 по оси Y на региональной геофiltрационной модели «Reg01baz». Детальность локальной модели «Lok01baz», по сравнению с региональной моделью «Reg01baz», достигнута за счет сокращения шага сеточной области с 300 до 100 м и уменьшения размеров моделируемой области в плане.

Локальная и региональная модели согласованы между собой по дискретизации пространства таким образом, чтобы центры всех блоков модели «Reg01baz» совпадали в сходственных точках с центрами расчетных блоков модели «Lok01baz». Размеры территории, воспроизведенной на модели «Lok01baz», составляют 20,8 км с запада на восток (по оси X) и 13,9 км с юга на север (по оси Y). При шаге сеточной области 100 м получаем размерность модели «Lok01baz» в плане: 208 расчетных блоков по оси X и 139 – по оси Y.

Гидрогеологические параметры, граничные условия на линии дренажа, параметры проектируемого карьера, принятые для расчетов с использованием региональной модели, сохраняются и при решении задачи по оценке прогнозных водопритоков в карьер Новодворского месторождения базальтов на базе локальной геофiltрационной модели «Lok01baz».

Постановка задачи – дренаж карьера при вскрытии кровли залегания базальтов. Такая постановка соответствует четвертому этапу работ при решении задачи в нестационарной постановке – дренаж верхнемелового водоносного горизонта, понижение уровней подземных вод на контуре дренажа до кровли залегания базальтов (абсолютная отметка 83,0 м); дренажная система, оборудованная на березинский-днепровский водоносный горизонт и харьковский водоносный комплекс, сохраняется.

При заданной схеме дренажа воздействие на гидрогеологические условия прилегающих территорий будет максимальным (рис. 8, 9), так как дренируется вся водонасыщенная толща пород с максимальными понижениями напоров на контуре дренажа. Приток воды в карьер достигает 69 322 м³/сут (на региональной модели – 77 032 м³/сут). Как видно, различия не превышают 10%.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ДАЛЬНЕЙШИХ РАБОТ НА ТЕРРИТОРИИ ПИНСКОЙ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ

Направления дальнейших работ в зоне влияния Новодворского месторождения базальтов и Пинской перспективной площади в целом в определяющей степени зависят от технологии ввода в разработку и последующей эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Поэтому необходимо создание архитектурного проекта или технологической схемы освоения Новодворского месторождения базальтов. Наличие подобного документа позволяет оптимизировать схему дренажа и подобрать оптимальные параметры оборудования дренажной системы с учетом высоты уступов карьера и требуемых сроков строительного водопонижения.

В связи со значительным снижением уровней грунтовых вод в зоне влияния карьера необходимо оценить экономическую и социальную значимость возможных вариантов водоснабжения населенных пунктов, расположенных вблизи планируемого карьера, и использования дренажных водных ресурсов для орошения сельхозугодий. В радиусе до 5,0 км вокруг планируемого карьера произойдет значительное снижение уровней грунтовых вод, что может оказаться негативное влияние на урожайность сельскохозяйственной продукции. Некоторая часть дренажных скважин может выполнять две функции: 1) быть частью дренажной системы; 2) быть поставщиком больших объемов воды для орошения сельхозугодий.

Целесообразна организация режимных наблюдений за уровнями грунтовых вод и поверхностных вод в водохранилище Погост. Решение этой задачи позволит уточнить характер гидравлической связи поверхностных и грунтовых вод, а также оценить потери воды из водохранилища.

Созданные геофiltрационные модели могут при соответствующей актуализации и доработки использоваться для моделирования гидрогеологических условий освоения Новодворского месторождения базальтов и Пинской перспективной площади в целом по реальным технологическим схемам.

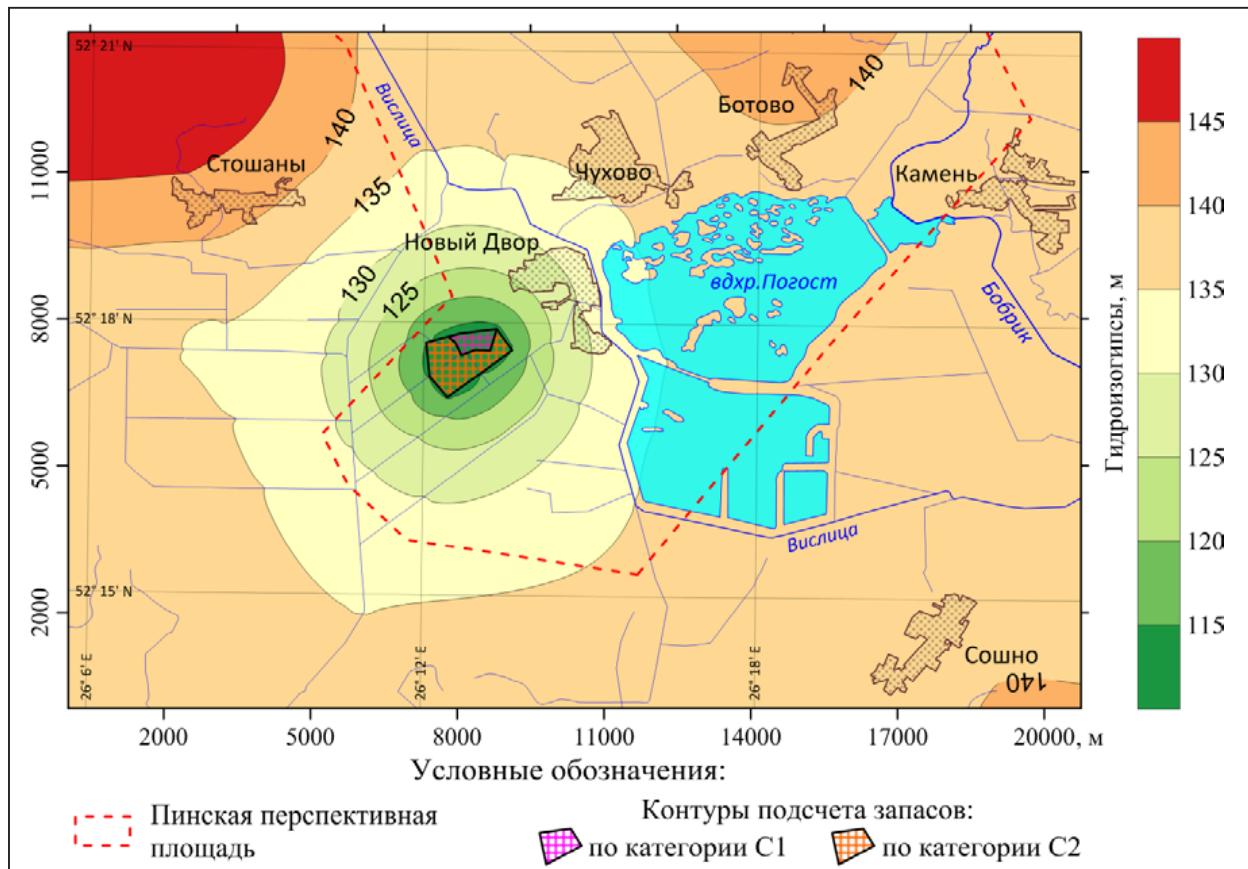


Рисунок 8 – Цифровая карта гидроизогипс в условиях дренирования БДВГ, ПВГ и ВМВГ
(по результатам моделирования)

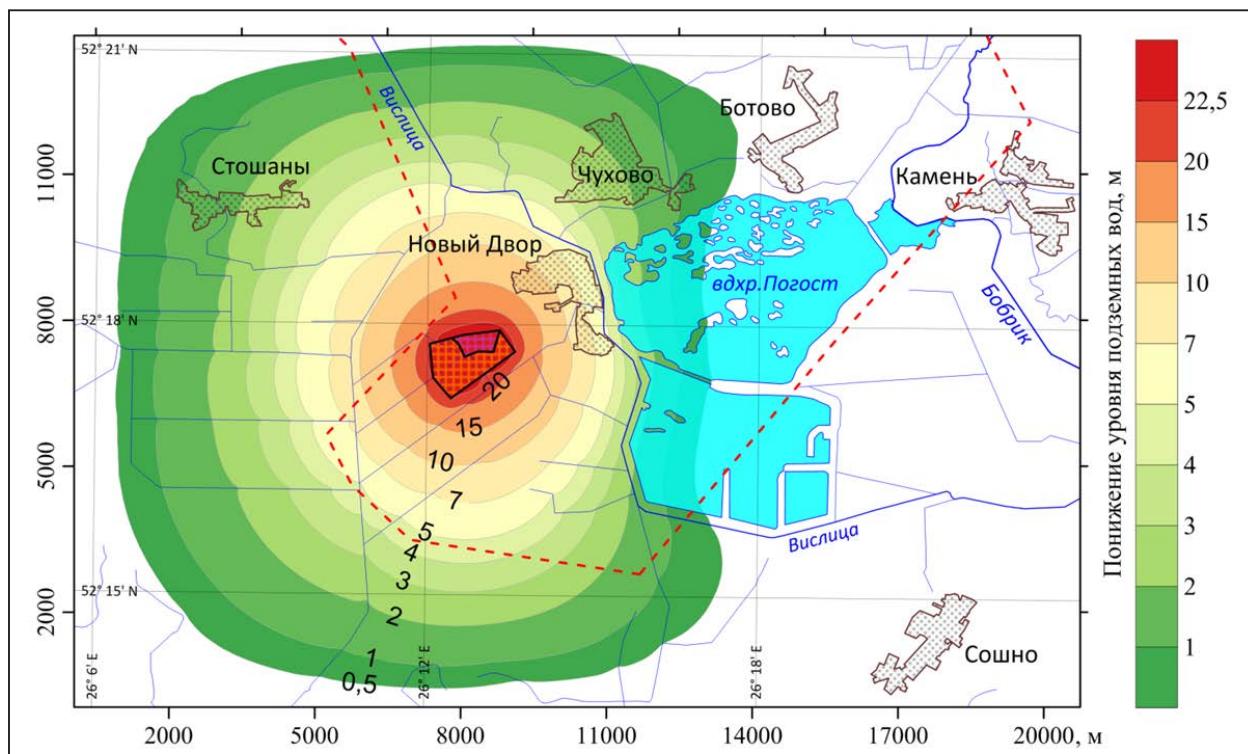


Рисунок 9 – Цифровая карта понижения уровней грунтовых вод в условиях дренирования БДВГ, ПВГ и ВМВГ
(по результатам моделирования)

КАРЫСНЫЯ ВЫКАЛПІ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всеволожский, В. А. Основы гидрогеологии : учебник для вузов / В. А. Всеволожский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Изд-во МГУ, 2007. – 448 с.
2. Жогло, В. Г. К оценке интенсивности площадного питания подземных вод / Жогло В. Г., Плетнев А. А. // Доклады АН Беларуси. – 1992. – Т. XXXVI, № 11–12. – С. 1005–1007.
3. Жогло, В. Г. Оценка фильтрационных свойств слабопроницаемых отложений для прогноза качества подземных вод вблизи источника загрязнения / Жогло В. Г., Плетнев А. А. // Доклады АН Беларуси. – 1996. – Т. 40, № 1. – С. 114–117.
4. Постоянно действующие модели гидролитосферы территорий городских агломераций (на примере Московской агломерации) / Ю. О. Зеегофер [и др.]. – Москва : Наука, 1990. – 198 с.

Статья поступила в редакцию 29.09.2022

Рецензент В.М. Шиманович

ГІДРАГЕАЛАГІЧНЫЯ ЎМОВЫ РАСПРАЦОЎКІ НАВАДВОРСКАГА МЕСЦАНАРАДЖЭННЯ БАЗАЛЬТАЎ

В.Г. Жогла

Інстытут прыродакарыстання НАН Беларусі
вул. Ф. Скарны, 10, 220076, Мінск, Беларусь
E-mail: w.zhoglo50@tut.by

Выканана схематызацыя гідрагеалагічных умоў у межах вадазбору кар'ерных палёў Пінскай перспектывай плошчы (ППП). Створаны рэгіянальная і лакальная лікавая геафільтрацыйная мадэлі ППП. Упершыню для колькаснай ацэнкі інтэнсіўнасці інфільтрацыінага харчавання грунтавых вод (ГВ) выкарыстана лічбавая карта рэльефу і гідраграфічнай сеткі вадазбору кар'ерных палёў ППП. У межах мадэліруемай вобласці ацэнены натуральныя рэсурсы падземных вод, величыня якіх раздзелена на падземныя сцёк у ракі і разгрузку ГВ выпарэннем. Выканана лікавае мадэліраванне фільтрацыі падземных вод пры розных схемах асушвання кар'ерных палёў пры стацыянарным і нестациянарным рэжымах фільтрацыі. Дадзены рэкамендацыі па правядзенні далейших работ у межах ППП.

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF DEVELOPMENT NOVODVORSKOE BASALT DEPOSIT

V. Zhoglo

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
10 F. Skorina St, 220076, Minsk, Belarus
E-mail: w.zhoglo50@tut.by

The schematization of hydrogeological conditions within the catchment area of the quarry fields of the Pinsk Prospective Area (PPP) has been completed. Regional and local numerical geofiltration models of PPP have been created. For the first time, a digital map of the relief and hydrographic network of the catchment area of the quarry fields of the Pinsk prospective area was used to quantify the intensity of the infiltration recharge of groundwater (GW). Within the simulated area, the natural resources of groundwater were estimated, the value of which was divided into groundwater runoff into rivers and discharge of GW by evaporation. Numerical modelling of groundwater filtration was performed for various schemes of drainage of open pit fields under conditions of stationary and non-stationary filtration modes. Recommendations are given for carrying out further work on the territory of the Pinsk prospective area.

КАРЫСНЫЯ ВЫКАПНІ

УДК 750.83.553.98(476)

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ПРИТОК НЕФТИ ИЗ ПОРОД КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Я.Г. Грибик¹, П.П. Повжик², А.С. Грудинин³, Е.Г. Паремский³

¹Институт природопользования НАН Беларуси
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь
E-mail: yaroslavgribik@tut.by

²Республиканское унитарное предприятие «Производственное объединение «Белоруснефть»

³Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти (БелНИПИнефть)
ул. Книжная, 156, 246003, Гомель, Беларусь
E-mail: povzik@beloil.by, a.grudinin@beloil.by, e.paremsky@beloil.by

Работа посвящена получению впервые в Беларуси промышленного притока нефти из пород кристаллического фундамента. Кратко проанализирован предшествующий этап исследований в прошлом веке, по проекту которого были пробурены скважины по фундаменту Барсуковского и Осташковичского нефтяных месторождений. В пределах Речицкого месторождения нефтепроявления ранее установлены в скв. 240, 601 и только в 2022 г. нефтеперспективность пород фундамента подтверждена в скв. 385. Скважина находится в эксплуатации. Проанализированы геолого-геофизические критерии оценки перспектив нефтеносности на базе данных по скв. 385, которые следует использовать в процессе последующих работ на нефть в Припятском прогибе.

Положительные геологические результаты по оценке перспектив нефтеносности пород кристаллического фундамента в других бассейнах не смогли не затронуть и белорусские геологические исследования. Из разреза представленного породами кристаллического фундамента (КФ) добывается нефть и природный газ в 52 осадочных бассейнах, где установлено около 500 месторождений и 55 из них являются гигантскими и сверхгигантскими [6]. Установлены также залежи углеводородов и в ближней, аналогичной по геологическому строению к Припятскому прогибу, в Днепровско-Донецкой впадине, в пределах которой уже установлено около 20 месторождений в породах КФ [8; 9; 14].

Период оценки перспектив нефтегазоносности фундамента Припятского прогиба условно подразделяется на два этапа. **Первый этап** – исследования в 1980-е гг. с бурением специальных глубоких параметрических скважин с проходкой по фундаменту более 500 м. Эти исследования

обосновывались и выполнялись под научным сопровождением специалистов из Украины. **Второй этап** – современный период, характеризующийся отсутствием целенаправленных исследований по оценке пород КФ и выполнение задач по его исследованию параллельно с изучением вышележащего разреза.

На первом этапе наиболее удобным для начала поисков залежей нефти были выбраны недра Осташковичского, Речицкого и Барсуковского нефтяных месторождений. Исходя из большой вертикальной амплитуды Речицкого и Малодушинского региональных разломов и большой высоты этажа нефтеносности на линии опущенное крыло – приподнятое крыло здесь признано было целесообразным вскрытие скважинами около 1000 м верхней части кристаллического фундамента [10; 12]. С этой целью в качестве первоочередных мер предлагалось в 1977 г. начать бурение четырех поисковых скважин. На Осташковичском

месторождении рекомендовалось начать бурение скв. 123 глубиной 4500 м, заложив ее между скв. 3 и 19. В этом случае скв. 123 должна была пройти по фундаменту 1000 м, вскрыв его в самой приподнятой части.

На Речицком месторождении рекомендовалось бурение скв. 212, заложив ее посередине между скв. 101 и 11 для поисков залежей нефти в кристаллическом фундаменте северного (приподнятого) нефтеносного крыла Речицкого разлома. Проектная глубина скважины – 4200 м, а проходка по фундаменту должна быть равна 1100 м (рис. 1).

Следует отметить, что бурение проектной скв. Речицкая 212 не реализовывалось.

Однако в случае бурения ее в проектном положении очевидно проявилась бы неоднозначность по оценке Речицкой площади в гребневой части структуры по фундаменту. Скважиной вскрыт был бы участок Речицкого регионального разлома на уровне между глубиной 2880 м, вскрытой скв. 11 и к югу выше глубины 4090 м, вскрытой скв. 101. Таким образом, верхняя часть КФ в интервале 2880–4098 м оказалась бы не освещена с позиций перспектив нефтеносности. Однако по последним исследованиям эта часть разреза перспективна в нефтеносном отношении.

Полученный результат по бурению вышеуказанных скважин по фундаменту на Осташковичском и Барсуковском месторождениях детально проанализирован в работах [1; 2; 3; 4; 5; 7; 10; 11; 12; 13] и нет необходимости детализации информации в настоящем сообщении.

По результатам **второго** этапа исследований (продолжающегося и в настоящий период), характеризующегося изучением разреза КФ, при сравнительном анализе вышелегающих разрезов, можно констатировать о выявлении на некоторых участках положительной геолого-геофизической информации, особенно для его верхней части.

По результатам оценки геолого-геофизических данных значимых скважин, вскрывших породы кристаллического фундамента Припятского НГБ, этот разрез характеризуется отсутствием коллекторов. Только в единичных случаях получены притоки пластовых вод.

По результатам геологоразведочных работ в последние годы спектр проявлений углеводородов расширен ниже осадочного чехла. Выявление признаков нефти в скв. Котельниковская 1 (3203–3253 м), Вышемировская 9, Речицкая 101, Шумятичская 1, Прибор 1 свидетельствует о том, что установленные нефтепроявления имеют более широкое поле распространения как по площади, так

и по разрезу. Из последних проявлений заслуживают внимания следующие факты.

Поисковая скв. Шумятичская 1 расположена в западной части Северной зоны Припятского прогиба. Скважиной установлены залежи нефти в семилукском, саргаевском, старооскольском горизонтах в осадочной части разреза и получены положительные факты перспективности вскрытых на глубине 4919–5101 м плотных пород кристаллического фундамента. Их пористость по материалам ГИС составляет 2–6%. По результатам испытания в колонне интервала 4948–4962 м получен приток пластовой воды с пленками нефти дебитом 1,51 м³/сут. Пласт-коллектор располагается на 30 м глубже поверхности фундамента. На некоторых участках разреза пород фундамента Припятского прогиба (Паричская, Ящицкая, Городокская площади) установлены коллекторы, из которых также получены притоки пластовых вод.

В Припятском прогибе наиболее изученным представляется месторождение Речицкое, в пределах которого получен первый промышленный приток нефти из межсолевого комплекса в 1964 г. К настоящему времени к 2021 г. в пределах месторождения залежи нефти установлены в средней и нижней части осадочного чехла от верхнесоленосной толщи до верхнепротерозойских отложений. Всего в разрезе месторождения установлено 17 залежей нефти с распределением по комплексам и горизонтам: верхнесоленосный комплекс – 1 залежь; в межсолевом комплексе – 8; в подсолевом карбонатном комплексе – 4; – в подсолевом терригенно-комплексе – 4.

Таким образом, средняя и базальная части осадочного чехла полностью нефтенасыщены и залегают на фундаменте. Общие геологические запасы месторождения определяются в размере более 100 млн т условных единиц. При определенных обстоятельствах выполнявшихся ранее работ можно было бы ранее считать, что на Речицком месторождении впервые в Припятском прогибе получен приток нефти из пород кристаллического фундамента.

В 1998 г. в интервале глубин 2918–2950 м скважиной 240 вскрыты породы фундамента, представленные гнейсами гранитовыми, гранит-биотитовыми. При испытании объекта в интервале 2925–2942 м из пород кристаллического фундамента получен фонтанный приток нефти дебитом 38 м³/сут. на штуцере диаметром 6 мм (рис. 1).

Следует отметить, что процесс освоения объекта выполнялся по схеме: перфорация колонны гидропескоструйная (по 4 отверстия на метр), со-

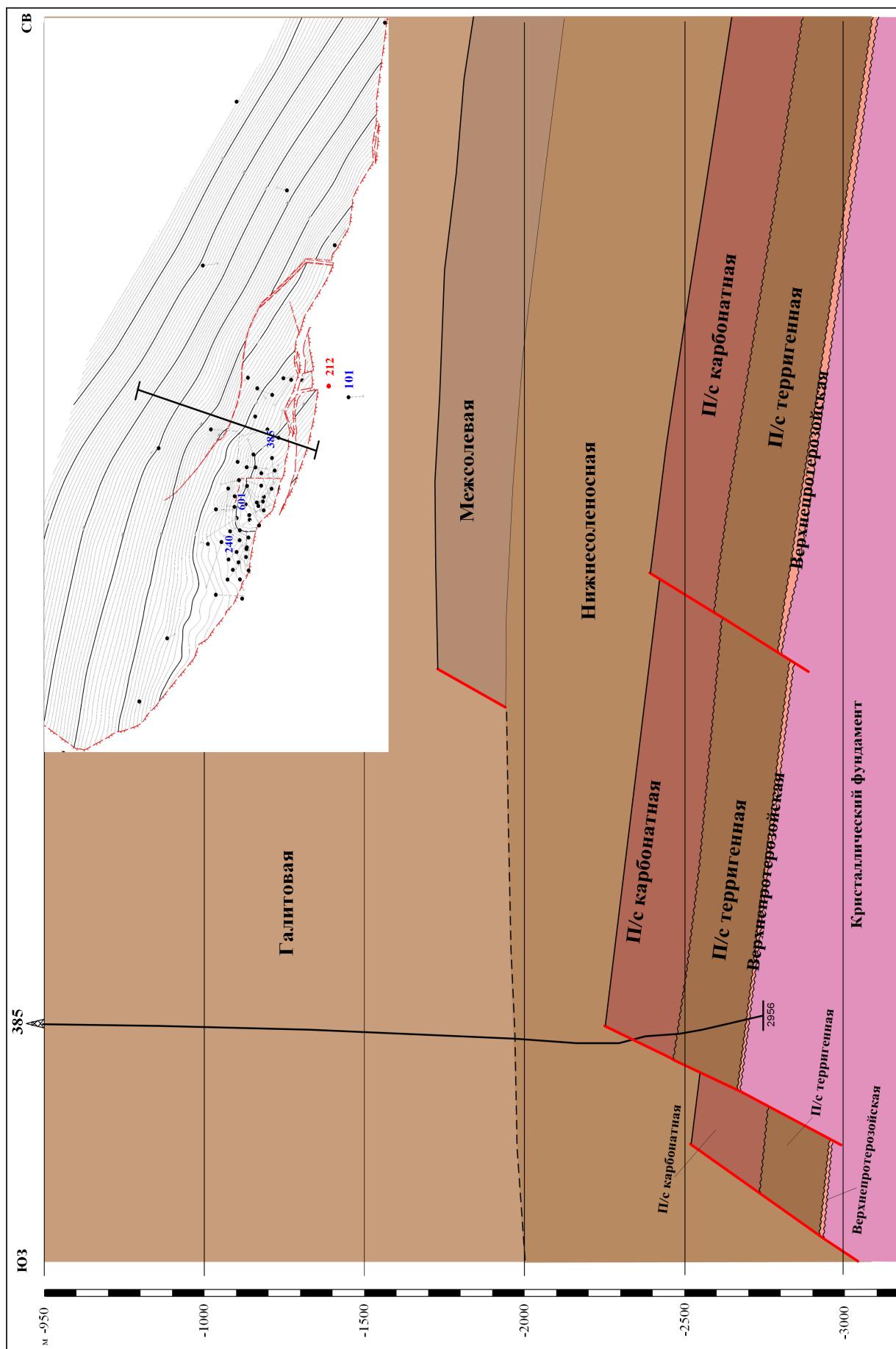


Рисунок 1 – Речицкое месторождение нефти. Геологический разрез через скв. 385. Масштаб 1:10 000
(составили Т.В. Кравцов, А.А. Шарунов, 2022)

ляно-кислотная ванна (до 3 м³), компрессирования с выводом скважины на работу фонтанным способом. После отбора из пород фундамента в течение 4 месяцев 1998 г. 1612 т безводной нефти была выполнена перфорация вышележащего верхнепротерозойского горизонта в интервале 2894–2917 м и при совместном освоении получен приток нефти, который и к настоящему времени относится как эксплуатация объекта из верхнепротерозойских отложений, то есть из осадочной части разреза.

Возможность определиться либо доказать нефтеперспективность фундамента в пределах Речицкого месторождения представлялась в 2020 г. также скв. 601, располагающейся в 1,1 км к востоку от скв. 240 (см. рис. 1). Эксплуатационная скважина 601 пробурена по осадочной части разреза и углублена до 3020 м со вскрытием пород кристаллического фундамента мощностью 104 м в интервале 2916–3020 м. По данным стандартного комплекса ГИС во вскрытом разрезе фундамента коллекторы не выявлены. По данным геофизического метода ВАК во вскрытой части разреза выявлено 4 интервала мощностью 4,0–9,6 м с предполагаемой трещиноватостью. По данным газового катотажа в интервалах 2933–2939 м установлен газ, по составу характерный для попутных нефтяных месторождений (C₁H₄ = 37–50%, C₂H₆ = 20–24%). По данным люминесцентно-битуминологического анализа во вскрытом разрезе выделяются нефтеперспективные интервалы. Для оценки продуктивности вскрытого разреза фундамента выполнена поэтапная перфорация с закачкой в пласт в интервалы 2970–2975 м и 2935–2955 м геля и проппанта. Суммарно при двух ГРП в пласты было закачено 321,7 м³ жидкости разрыва. При дальнейших вызовах притока понижением уровня с помощью компрессора отобрано 58,1 м³ жидкости, состоящей из технологической воды и рассолов. Последующими технологическими методами не удалось выполнить оценку продуктивности вскрытого разреза с отбором объема закачки из-за проблем с герметизацией заколонного пространства обсадной колонны скважины.

И только в 2022 г. на Речицком месторождении доказана фактическая нефтеперспективность пород кристаллического фундамента в скв. 385, расположенная в 1,5 км к востоку от скв. 601 (рис. 1).

Скважина 385 Речицкая проектировалась как добывающая на семилукскую залежь нефти со вскрытием верхнепротерозойских отложений, была включена в дорожную карту РУП ПО «Белоруснефть» – «Оценка возможного потенциала и

перспективы освоения УВ пород кристаллического фундамента Припятского прогиба» (2021).

Результаты бурения внесли существенные изменения в представление о геометрии резервуара продуктивного вендского комплекса. В фактическом разрезе скважины были вскрыты расчлененные маломощные коллекторы витебско-пярнусского горизонта (проект – 3 м, факт – 1,8 м), тогда как пласт верхнепротерозойского возраста значительно сокращен по общей мощности и представлен только непродуктивными отложениями (план – 7 м, факт – 0 м). Запланированные испытания данных объектов были отменены в связи с отсутствием целевых объектов.

Скважина закончена бурением в мае 2022 г. с фактическим забоем на глубине 2956 м по бурению (абс. отм. – 2734,1 м) в породах кристаллического фундамента.

Из переходной зоны и пород кристаллического фундамента отобран керн со следующей характеристикой (по результатам полевого описания: В.Н. Пинчук, А.Н. Шемаров).

2903,1–2907,11 (PR₃-AR-PR₁) – 4,01 м. Выветренные породы кристаллического фундамента. Глины и глинистые алевролиты, темно-серые до черных с зеркалами скольжения. Породы хрупкие без признаков углеводородов. Нижняя часть разреза долбления представлена породами кристаллического фундамента – граниты, гранитогнейсы серые, светло-серые, красновато-серые, мелко-среднекристаллические. Породы плотные, крепкие, без признаков углеводородов (рис. 2).

2937,6–2946,6 м, 2946,6–2955,41 м (AR-PR₁). Породы кристаллического фундамента – амфиболи-



Рисунок 2 – Срез № 7 (гл. 2905,5 м)

ты плагиоклаз-биотит-гранатовые, черные, черно-серые с розоватым оттенком. Текстура массивная, пятнистая, полосчато-слоистая (гнейсоподобная). Трешины редкие, наклонные, субвертикальные, закрытые и цементированные зеленовато-серым хлоритизированным материалом. Породы плотные, крепкие, без признаков УВ (рис. 3).

Выполнен полный комплекс промыслового-геофизических исследований масштаба 1:200, включающий GK, NGK, NNK, DS, BK, MBK, MK, SGK, GGP, Pe, AK, IK, ЭМС.

По результатам интерпретации данных ГИС и бурения установлено:

горизонт D_{2st} – интервал 2705,0–2815,5 м:
нефтенасыщенная толщина – 10,2 м
средневзвешенная открытая пористость – 0,174
средневзвешенная нефтенасыщенность – 0,672
водонасыщенная толщина – 15,3 м
средневзвешенная пористость открытая – 0,131;
горизонт D_{2nr} – интервал 2815,5–2883,5 м:
коллекторы не выявлены;
горизонт D_{2vtb-pr} – интервал 2883,5–2900,5 м:
нефтенасыщенная толщина – 2,0 м
средневзвешенная пористость открытая – 0,121
средневзвешенная нефтенасыщенность – 0,555;
горизонт PR₂ – интервал 2900,5–2903,5 м:
коллекторы не выявлены;
горизонт AR-PR₁ – интервал 2903,5–2957,0 м:
коллекторы не выявлены.

По данным промыслового-геофизических исследований и керну явные показатели нефтеносности пород кристаллического фундамента отсутствовали. По данным геолого-geoхимических исследований в процессе бурения в интервале 2908–2951 м отмечено увеличение суммарного газосодержания от 0,28 до 1,70%, компонентный состав газа характерен составу газа нефтяных пород коллекторов, что указывает на нефтеперспективность данного интервала (рис. 4).

Эта часть разреза характеризуется также более высокой механической скоростью бурения, свидетельствующей о разуплотненности разреза и возможных пластах-коллекторах.

По результатам обработки расширенного комплекса ГИС в интервалах глубин 2905–2917, 2930–2936 м были выделены разуплотненные зоны пород с зафиксированной трещиноватостью.

Учитывая то, что в процессе бурения испытание вскрытого разреза испытателем пластов не представлялось возможным выполнить, принято решение об оценке перспективности разреза в эксплуатационной колонне. Убедительными обстоятельствами о целесообразности спуска эксплуата-



Рисунок 3 – Срез № 8 (гл. 2945 м)

ционной колонны послужили вышеупомянутые два признака, в частности, аномалия по газопоказаниям и признаки коллектора по механической скорости бурения пород.

Был проведен спуск и цементирование колонны-хвостовика диаметром 114 мм с установкой 2 заколонных пакеров. В скважине выполнена перфорация в интервалах глубин 2905–2917, 2930–2936 м с последующим проведением интенсификации (7,6 м³ 3% ГлКО + фторид аммония + 6 м³ 12% HCl с ПАВ с последующей продавкой 8,5 м³ 1180 кг/м³, Р_м-23 МПа, Р_{ост}-18 МПа), стоит отметить, что из-за близкого расположения интервалов перфорации к верхнепротерозойским отложениям с целью недопущения прорыва в вышележащую залежь не использовались агрессивные методы освоения (ГРП).

С 12.07.2022 г. скважина введена в работу механизированным способом (НВ-32 гл. 2500 м). Дебит жидкости по шахматке составляет 6,5–7,3 м³/сут., обводненность за август 2,4–10% уд. весом 1,02–1,04 г/см³.

По результатам сравнительного анализа по физико-химическим свойствам пробы нефти из пород фундамента скв. 385 не отличается от характеристики нефти вышелегающих залежей верхнепротерозойской и витебско-пярнусской залежей (табл. 1).

За три месяца эксплуатации (июль – сентябрь 2022 г.) из скважины добыто 139 т нефти. В настоящий период выполняются работы по интенсификации притока.

Таблица 1 – Основные физико-химические свойства дегазированной нефти из скв. 385 в сравнении со свойствами, принятыми по vtb-pr-PR₂ залежи Речицкого месторождения

Параметры	Речицкое м-е, скв. 385	Диапазон значений, по залежи vtb-pr-PR ₂
Плотность при 20°C, г/см ³	0,8118	787,7–817,6
Вязкость кинематическая, мм ² /с при 20°C		6,51–33,02
при 50°C	2,958	2,50–3,90
Температура потери текучести, °C	+20,5	+ 13 – + 21
Содержание, % масс.		
– серы	0,069	0,06–0,30
– асфальтенов	0,28	0,03–0,32
– смол силикагелевых	1,28	0,45–5,68
– парафина	6,1	3,42–7,96
Температура застывания парафина, °C	59,0	
Фракционный состав нефти, % об.		
Температура, °C		
H.K.	49,8	
100	5,2	5,0–12,0
150	18,4	16,0–23,3
200	29,8	28,0–33,7
350	67,6	47,0–54,4
Общий выход фр. до 350°C, % об.	67,6	
Остаток и потери, % объемн.	32,4	
Коэффициент светопоглощения	169,3	
Содержание воды, % масс.	отсутствие	
Механические примеси, % масс.	0,23	

ВЫВОДЫ

По результатам выполненных геологоразведочных работ в 2022 г. скв. 385 Речицкой площади установлена залежь нефти в породах кристаллического фундамента и выделяется новый нефтепоисковый и объект разработки – архейско-нижнепротерозойский.

Установленные ранее нефтепроявления в породах фундамента Речицкой площади в скв. 240, 601 и приток нефти в скв. 385 свидетельствуют о более масштабной залежи нефти, в пределах которой емкостные свойства пород-коллекторов характеризуются невыдержанностью.

Учитывая отсутствие в настоящий период уверенных геолого-геофизических критериев оценки перспектив нефтегазоносности пород кристаллического фундамента Припятского прогиба и то, что период от первых нефтепроявлений до промышленного притока нефти затягивается на десятилетия, следует актуализировать геолого-

геофизические исследования по следующим направлениям:

- при проектировании параметрических и первых поисковых скважин на новых площадях предусматривать геологическое изучение и оценку перспектив нефтеносности пород фундамента при соответствующем геологическом обосновании на глубину со вскрытием его до 200-300 м.

- при изучении геологического строения новых поисковых объектов сейсморазведкой предусмотреть информативные полевые исследования, обеспечивающие регистрацию геологического строения верхней части кристаллического фундамента.

- в пределах разрабатываемых месторождений с залежами нефти в нижней части осадочного чехла предусмотреть возможность использовать ранее пробуренные и проектируемые скважины углubлением для целевого изучения верхней части фундамента.

385 РЕЧИЦКАЯ

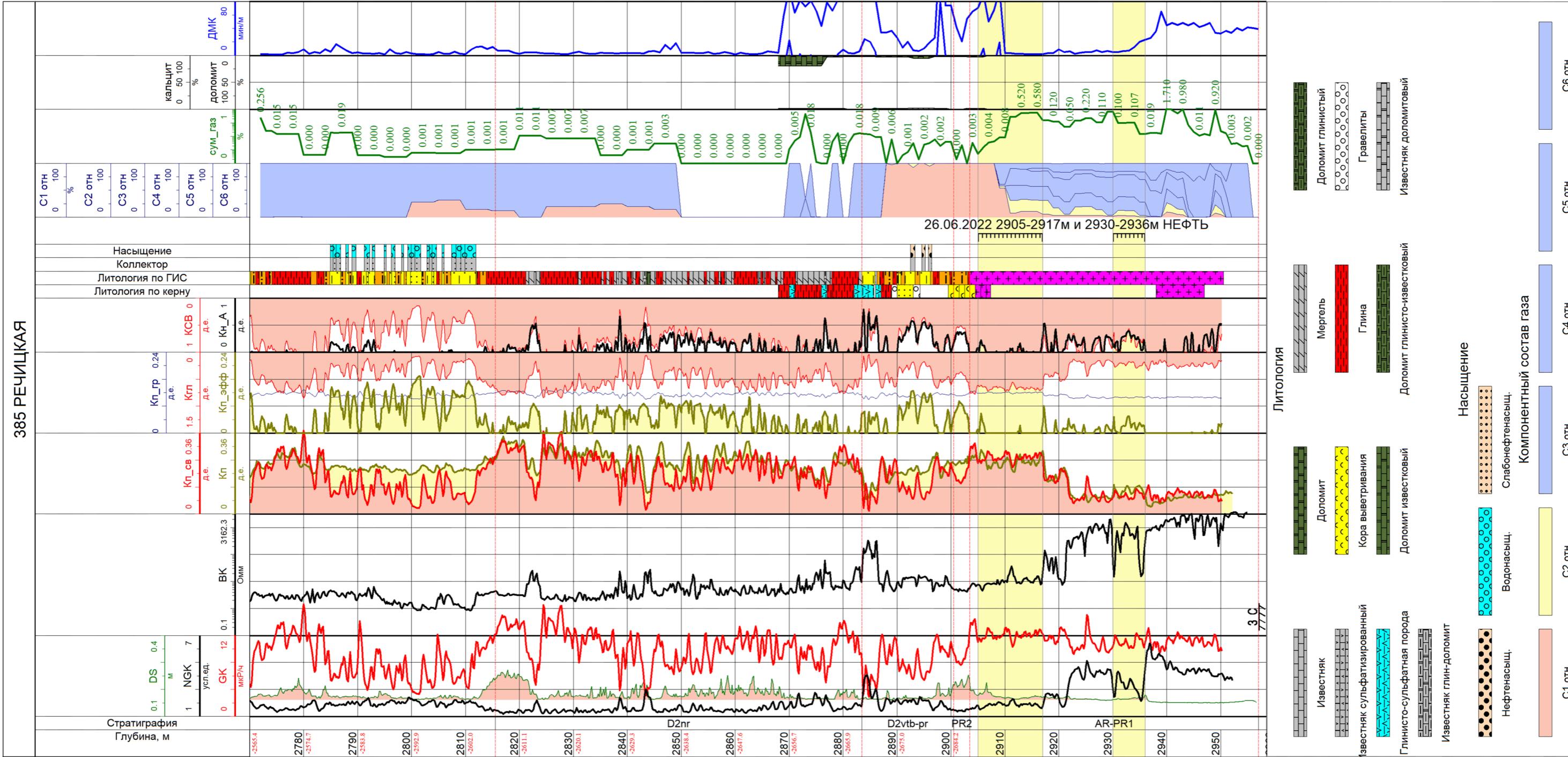


РИСУНОК 4 – КОМПЛЕКС ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ПРОМЫСЛОВО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВ. №5 РЕЧИЦКАЯ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грибик, Я. Г. Перспективные горизонты кристаллического фундамента старых месторождений нефти Припятского прогиба / Я. Г. Грибик // VIII Кудрявцевские чтения. Всероссийская конференция по глубинному генезису нефти и газа, 19–21 октября 2020 г. – Москва : ЦГЭ, 2020. – Электронный каталог 8К4.
2. Грибик, Я. Г. Перспективные углеводородные объекты в породах кристаллического фундамента Беларусь / Я. Г. Грибик // VI Кудрявцевские чтения. Всероссийская конференция по глубинному генезису нефти и газа, 22–24 октября 2018 г. – Москва : ЦГЭ, 2018. – С. 100–104.
3. Грибик, Я. Г. Связь нефтеносности Припятского прогиба с глубинным геологическим строением / Я. Г. Грибик // Доклады НАН Беларуси, 2004. – Т. 48, № 5. – С. 86–91.
4. Гузик, С. Н. Перспективы нефтегазоносности Припятского прогиба с позиций абиогенного синтеза углеводородов / С. Н. Гузик // Літасфера. – 2013. – № 1 (38). – С. 123–134.
5. Конищев, В. С. Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента Припятской зоны рифтогенеза / В. С. Конищев // Углеводородный потенциал фундамента молодых и древних платформ : материалы Международной научной конференции. – Казань : Изд-во Казанского университета, 2006. – С. 139–141.
6. Краюшкин, В. А. К проблеме небиогенной природы нефти и природного газа / В. А. Краюшкин, Н. Б. Шевченко // Геологія і корисні копалини Світового океану. – 2018. – № 2. – С. 65–85.
7. Кусов, Б. Р. Генезис некоторых углеводородсодержащих полезных ископаемых (от метана до алмаза) / Б. Р. Кусов. – Владикавказ : ИПО СОИГСИ, 2010. – 164 с.
8. Нефтегазоперспективные объекты Украины. Нефтегазоносность фундамента осадочных бассейнов / Чебаненко И. И. [и др.]. – Киев : Наукова думка, 2002. – 293 с.
9. Нефть и газ в докембрии Днепровско-Донецкого авлакогена / И. И. Чебаненко [и др.] // Геология нефти и газа. – 2004. – № 3. – С. 27–36.
10. О поисках залежей нефти в кристаллическом фундаменте Припятской впадины / В. Б. Порфириев [и др.] // Докл. АН УССР. – Сер. Б. – 1977. – № 7. – С. 611–615.
11. Пап, А. М. Петрография кристаллических пород Осташковичской нефтегазоносной площади / А. М. Пап // Петрография и geoхимия кристаллических пород докембра Белоруссии : сб. науч. трудов. – Минск : Наука и техника, 1989. – С. 127–132.
12. Перспективы поиска залежей нефти в кристаллическом фундаменте Припятской впадины / В. Б. Порфириев [и др.] // Геологический журнал. – 1977. – Вып. 5. – С. 8–27.
13. Рынский, М. А. О системных исследованиях проблем нефтеносности Припятского прогиба / М. А. Рынский, М. И. Автушко, Н. Л. Лобова // Геология, поиски и освоение месторождений полезных ископаемых Беларуси : сб. науч. трудов. – Минск : БелГЕО, 2007. – Вып. 2. – С. 38–55.
14. Тектоника и углеводородный потенциал кристаллического фундамента Днепровско-Донецкой впадины / В. И. Старостенко [и др.]. – Киев : Галактика. – 2015. – 211 с.

Статья поступила в редакцию 08.09.2022

Рецензент Р.Г. Гарецкий

**ПРАМЫСЛОВЫ ПРЫТОК НАФТЫ З ПАРОД КРЫШТАЛІЧНАГА ФУНДАМЕНТА
ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ**

Я.Г. Грыбік¹, П.П. Пойжык², А.С. Грудзінін³, Я.Г. Парэмскі³

¹Інстытут прыродакарыстання НАН Беларусі
вул. Ф. Скарыны, 10, 220076, Мінск, Беларусь
E-mail: yaroslavgribik@tut.by

²Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства «Вытворчае аў'яднанне «Беларуснафта»

³Беларускі навукова-даследчы і праектны інстытут нафты (БелНДПІнафта)
вул. Кніжная, 156, 246003, Гомель, Беларусь
E-mail: povzik@beloil.by, a.grudinin@beloil.by, e.paremsky@beloil.by

Работа прысвечана атрыманню ўпершыню ў Беларусі прымесовага прытоку нафты з парод крышта-
лічнага фундамента. Коратка прааналізаваны папярэдні этап даследавання ў мінулым стагоддзі, па пра-
екце якога былі працураны свідравіны па фундаменце Барсукоўкага і Асташковіцкага нафтавых радо-
вішчаў. У межах Рэчыцкага радовішча нафтапраяўленні раней выяўлены ў св. 240, 601 і толькі ў 2022 г.
нафтаперспектывы ўнасьць парод фундамента пацверджана ў св. 385. Свідравіна знаходзіцца ў эксплуатацыі.
Прааналізаваны геолага-геафізічныя крытэрыі ацэнкі перспектывы нафтаноснасці на базе даных па св. 385,
якія варта выкарыстоўваць у працэсе наступных прац на нафту ў Прыпяцкім прагіне.

**INDUSTRIAL INFLOW OF OIL FROM THE ROCKS OF THE CRYSTALLINE BASEMENT
OF THE PRIPIAT TROUGH**

Ya. Gribik¹, P. Powzhik², A. Grudinin³, E. Paremsky³

¹Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
10 F. Skaryna St, 220076, Minsk, Belarus
E-mail: yaroslavgribik@tut.by

²Republican Unitary Enterprise “Belorusneft Production Association”

³Belarusian Research and Design Institute of Petroleum (BelNIPIneft),
15b Knizhnaya St, 246003, Gomel, Belarus
E-mail: povzik@beloil.by, a.grudinin@beloil.by, e.paremsky@beloil.by

The article is devoted to obtaining, for the first time in Belarus, an industrial inflow of oil from the rocks of the crystalline foundation. The previous stage of research, carried out in the last century, was briefly analyzed. According to the project, wells were drilled along the foundation of the Barsukovsky and Ostashkovichsky oil fields. Within the Rechitsa field, oil shows were previously established in wells 240, 601, and the oil prospectivity of the foundation rocks was confirmed in well 385 only in 2022. The well is in operation. The geological and geophysical criteria for assessing the prospects for oil potential were analyzed on the basis of data from well 385, which is to be used during subsequent oil operations in the Pripyat trough.

КАРЫСНЫЯ ВЫКАПНІ

УДК 550.812.1

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, В.С. Рудько

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: v.rudko@beloil.by

В настоящее время не только в пределах Припятского нефтегазоносного бассейна (ПНГБ), но и в других регионах мира отсутствуют достоверные и четкие критерии и регламентирующие правила, позволяющие определять уверенную последовательность проведения геологоразведочных работ в сложных геологических условиях. В данной работе рассматривается оптимальный вариант ранжирования поочередности постановки работ на базе следующих трех ключевых критериев, включающих степень геолого-геофизической изученности, особенности геологического строения, прямые признаки нефтегазоносности.

Представляется, что такой подход к очередности планирования нефтепоисковых работ возможен и в других нефтегазоносных бассейнах.

ВВЕДЕНИЕ

Проведенные ранее комплексные и научно-исследовательские работы в пределах Южной структурно-тектонической зоны (ЮСТЗ) Припятского прогиба показали ряд проблем и неоднозначностей при постановке дальнейших геологоразведочных работ как для проведения сейсморазведочных работ, так и постановки глубокого бурения несмотря на значительный ресурсный потенциал. Это обусловлено не только сложностью геологического строения (влияние Украинского кристаллического щита в процессе осадконакопления, солянокупольная тектоника), типом и составом нефтеей (битумные, парафинистые, высокосмолистые, повышенное содержание сероводорода), но и поверхностными условиями (радиационные и экологические заповедники, приграничная территория).

Изучение геолого-промышленной информации несет в себе ключевой и основополагающий фактор для выбора объекта под геологоразведочные

работы. И если в Северной и Центральной СТЗ Припятского прогиба используются общепринятые подходы в основном для поиска ловушек структурного типа уже многие десятилетия, то периодический интерес и постановка глубокого бурения в пределах ЮСТЗ не принесли в настоящее время знаковых результатов и открытия крупных нефтяных и газовых залежей при использовании различных методических подходов.

Залежи, связанные с неструктурными/литологическими ловушками, открыты и разведаны в подсолевом, межсолевом и верхнесоленосном нефтегазоносных комплексах. Первые такие залежи, как и в других нефтегазоносных регионах, были открыты при работах, связанных с поиском залежей традиционного структурного типа. Позже было установлено, что они являются литологически ограниченными либо чаще всего комбинированными. Наиболее распространенными типами неструктурных (неантклинальных) ловушек яв-

ляются литологически ограниченные и литологически экранированные, формирование которых обязано литолого-фациальным, палеогеоморфологическим условиям формирования отложений. Основными критериями для поиска таких ловушек в отличие от антиклинальных будут являться литологические, палеогеоморфологические, стратиграфические, палеоструктурные факторы. В связи с этим меняется и методика поиска таких ловушек. Структурный фактор приобретает второстепенное значение, а на первое место выдвигается детальное изучение литолого-фациального состава и палеогеоморфологических обстановок осадконакопления. Как правило, ловушки этого типа имеют небольшую мощность, обладают сложным контуром выклинивания или замещения и в настоящее время не поддаются выявлению методами полевой геофизики, так как могут находиться за пределами их разрешающей способности. Для выявления неантклинальных ловушек в Припятском нефтегазоносном бассейне, чаще всего литологического типа, большинство из которых все еще открываются случайно, необходим широкий комплекс геологических исследований, в том числе исследования на современном оборудовании и обобщение всего материала, накопленного за период разбуривания антиклинальных складок.

Поэтому стратегическими задачами для восполнения ресурсов и запасов УВ Беларуси, обеспечения уровня добычи углеводородного сырья на должном уровне были и остаются разработка системы критериального прогноза, основанная на условиях формирования нефтеперспективных отложений, с целью поиска неструктурных ловушек, которые являются нетрадиционными для Припятского нефтегазоносного бассейна. И только данный подход в последующем в полной мере сможет обосновать целесообразность выбора объемов и видов работ на выбранных первоочередных объектах и участках по результатам комплексного изучения геолого-промышленной информации.

О ПОНИМАНИИ РАНЖИРОВАНИЯ НЕФТЕПОИСКОВЫХ КРИТЕРИЕВ

Одной из основных задач, которую требуется решить при планировании дальнейших геологоразведочных работ в пределах ЮОСТЗ, является определение приоритетности постановки работ на нефтеперспективных площадях. При этом необходимо учитывать множество факторов: от географического местоположения объекта до вероятности открытия в нем залежи нефти. Сложность

задачи состоит еще и в том, что ее практически невозможно решить по одному, даже очень существенному критерию. К примеру, в контуре подготовленного к бурению объекта или непосредственной близости от него выявлена залежь. Бурение последующей скважины дало отрицательный результат, причиной которого явилась, как выяснилось, недостаточно кондиционная подготовка объекта сейсморазведкой. С другой стороны, на территории ПНГБ нередки случаи открытия новых месторождений и залежей на площадях со слабой изученностью бурением, где перспективы нефтеносности оценены приблизительно по региональным картам.

В связи с этим задача выявления увереных критериев в пределах ЮОСТЗ, с одной стороны, значимых по геолого-геофизическим характеристикам для дальнейшего изучения бурением, а с другой стороны, систематически влияющих на успешность бурения, представляется весьма актуальной в условиях дефицита ресурсной базы и высокой стоимости поисково-разведочного бурения. Если эти критерии будут найдены, желательно в дальнейшем установить зависимость, которая учитывала бы их влияние совместно, то есть рассчитать зависимость, на основе которой можно выполнить уверенное ранжирование нефтеперспективных площадей по приоритетности проведения геологоразведочных работ на новых объектах исследования.

С учетом накопленного опыта описывания новых структур, а также доразведки месторождений в пределах ПНГБ одним из основных условий успешности поисково-разведочного бурения является качественная подготовка структур к бурению сейсморазведкой и в меньшей степени структурным бурением.

Очевидно также, что перспективы изучения объекта повышаются, если вблизи него имеются пробуренные скважины, при этом большое значение имеют результаты геологоразведочного бурения. Немаловажное значение имеют вероятность открытия залежей и ожидаемые запасы нефти.

РАНЖИРОВАНИЕ ЮОСТЗ

Исходя из особенностей и значительной площади ЮОСТЗ рассмотрен способ установления приоритетности нефтеперспективных участков, то есть их ранжирования методом деления по площади на отдельные участки (рис.) и оценки по 10 ключевым критериям. Следует учесть, что данная оценка участков проведена по трем на-

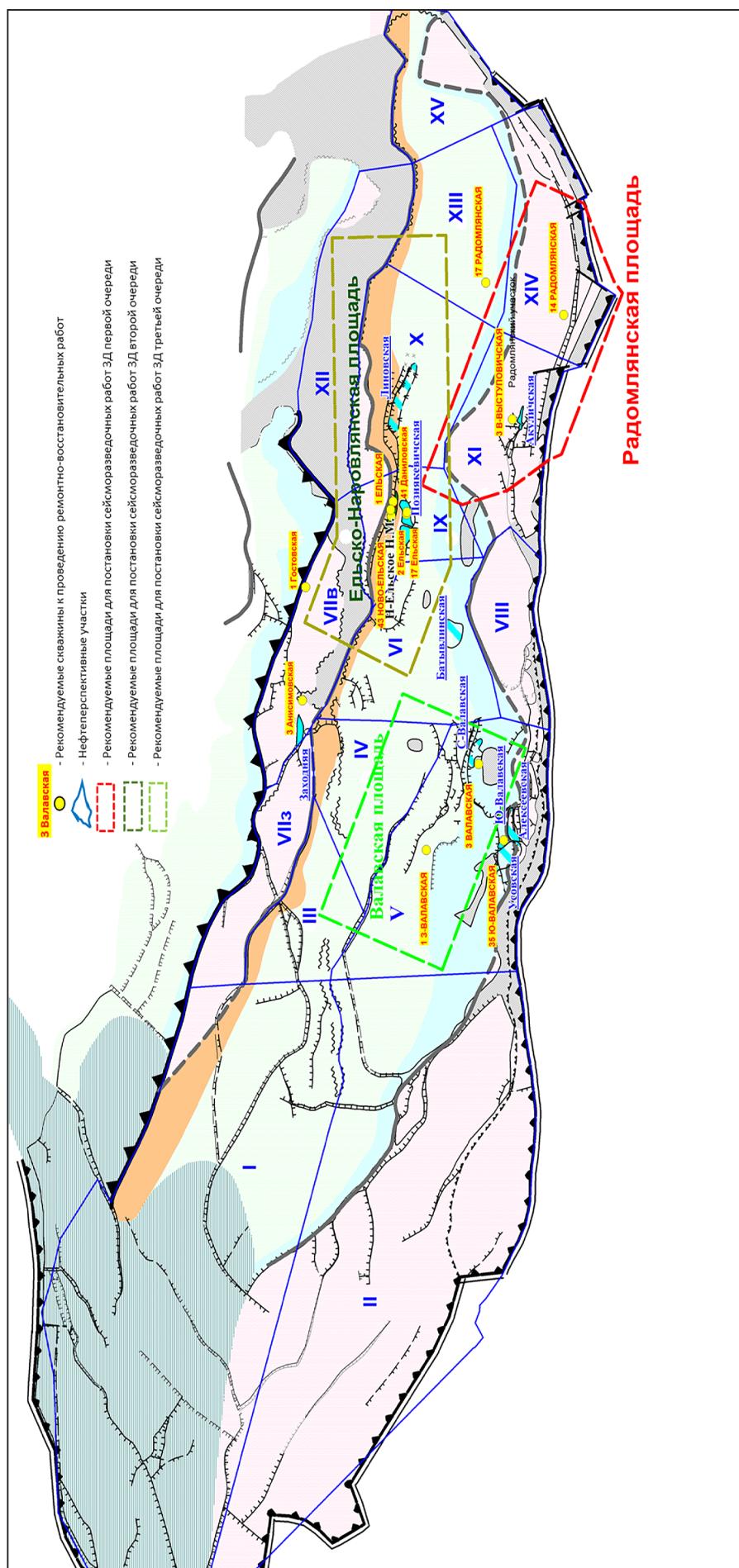


Рисунок – Обзорная карта ЮСГЗ с элементами структурного районирования межсолевого комплекса и рекомендуемыми первоочередными объектами для проведения геологоразведочных работ

правлениям: геолого-геофизическая изученность, особенности геологического строения и прямые признаки нефтесносности. По каждому направлению выделено несколько критериев. Каждый критерий был оценен по 5-балльной системе.

1. Геолого-геофизическая изученность

По данному направлению оценивалась:

1.1. Степень изученности сейсморазведкой

По опыту работ в ПНГБ степень изученности сейсморазведкой 2Д на площадях должна составлять не менее 4 пог. км/км², а в пределах структур не менее 2,5 пог. км/км². Общий объем сейсморазведочных данных 2Д МОГТ в пределах исследуемых участков составил 921 профиль (или 10 138,68 пог. км). В целом изученность сейсморазведкой 2Д низкая и в среднем составила 0,11 пог. км/км². С учетом того что наибольшую плотность профилей имеет участок XII – 4,4 пог. км/км², а низкую плотность участок II – 0,28 пог. км/км², балльность критерия оценена в следующей последовательности:

- 1 балл – весьма низкая, без наличия материалов 2Д, либо их непредставительности (до 0,5 пог. км/км²);
- 2 балла – низкая, материалами 2Д частично охарактеризовано до 1 пог. км\км²;
- 3 балла – слабая, материалами 2Д условно охарактеризовано от 1 до 2 пог. км\км²;
- 4 балла – умеренная, наличием освещенности материалами 2Д от 2 до 2,5 пог. км\км²;
- 5 баллов – хорошая, при наличии освещенности материалами свыше 2,5 пог. км\км².

Исходя из оценки данного критерия высокие баллы получили участки XIII, XIV и XV в восточной части ЮСТЗ.

1.2. Изученность глубоким бурением

Изученность территории глубоким бурением характеризуется показателями степени разбуренности (отношение суммарного объема глубокого бурения в пределах территории к ее площади, м/км²) и разведенности (отношение площади территории к общему числу законченных бурением глубоких скважин, км²/скв.). Глубокое бурение в пределах исследуемой территории проводилось в период с 1951 по 2010 г. силами треста «Белнефтегазразведка» (117 скв.), РУП «Белгеология» (6 скв.) и Речицким управлением буровых работ (25 скв.). Общий объем проходки составил 452,266 км, из них 6,921 км опорного бурения

(2 скв.), 141,720 км параметрического бурения (42 скв.), 284,01 км поискового бурения (97 скв.) и 19,609 км разведочного бурения (7 скв.). Первая параметрическая скважина 1 Наровлянская (участок XII) начата бурением 22.05.1951 г. со вскрытием пород кристаллического комплекса. Одна из последних скважин, пробуренная на данной территории, – 43 Ново-Ельская (участок IX), которая закончена бурением 17.05.2010 г. в отложениях межсолевого комплекса. С 1951 по 1960 г. начата бурением 41 скв., с 1961 по 1970 г. – 15 скв., с 1971 по 1980 г. – 60 скв., с 1981 по 1990 г. – 26 скв., с 1991 по 2000 г. – 5 скв. и с 2010 г. только 1 скв. Такая тенденция говорит об постепенной утрате геологического интереса и отсутствием методологических подходов поиска неструктурных ловушек, которые нехарактерны для ССТЗ и ЦСТЗ даже в условиях интенсивного разбуривания площадей. Из общего числа пробуренных скважин 44 вскрыли породы кристаллического фундамента. Несмотря на то что в целом степень изученности глубоким бурением ЮСТЗ не очень высокая и составила 58,8 км² на 1 скв. (или 52 м/км²), участки очень сильно отличаются степенью разбуренности и разведенности. Так, к примеру, если участки I и II имеют довольно низкую степень разведенности 455,41 км² на 1 скв. и 986,25 км² на 1 скв. соответственно, то самым изученным является участок IX – 8,54 км² на 1 скважину. По степени разбуренности участок I имеет изученность 1,12 м/км², а участок IX имеет изученность 356,63 м/км². И несмотря на получение притоков УВ только в единичных случаях по данным глубокого бурения критерий изученности бурения несет в себе один из ключевых факторов, определяющих приоритетность дальнейших видов и объемов работ на изучаемой территории.

Исходя из опыта бурения в ССТЗ, где степень изученности составила 3,3 км² на 1 скв., определена балльность критерия бурением в следующей последовательности:

- 1 балл – крайне низкая, разведенность глубоким бурением свыше 200 км²/скв.;
- 2 балла – низкая, разведенность глубоким бурением до 200 км²/скв.;
- 3 балла – умеренная, разведенность глубоким бурением от 200 до 100 км²/скв.;
- 4 балла – хорошая, разведенность глубоким бурением от 100 до 10 км²/скв.;
- 5 баллов – высокая, разведенность глубоким бурением до 10 км²/скв.;

Исходя из оценки данного критерия высокий балл получил участок IX в восточной части ЮСТЗ.

1.3. Наличие сводного каротажа

Для данного критерия сделана оценка исследований по скважинам, в которых проведены следующие геофизические исследования: БК, МБК, АК, ГК, НГК, БКЗ, ИК, кавернометрия, инклинометрия. В большинстве случаев метод АК не проводился вовсе или был неудовлетворительного качества. Основные причины плохого качества метода АК – часто многочисленные интенсивные кавернообразования ствола скважины, которые не позволяли центрировать прибор в скважине, а также высокое содержание глинистых минералов (наличие низкоскоростного разреза).

По результатам анализа данных ГИС ранжирование на участках проведено по 128 скв. из 148 пробуренных. Это связано со вскрытием в данных скважинах на забое только части верхнесоленосных отложений либо через тектоническое нарушение, а также низким качеством данных ГИС. С учетом полноты и качества геофизических исследований по каждой из скважин оценен критерий в следующей последовательности:

- 1 балл – каротажные данные с очень низкой степенью достоверности;
- 2 балла – каротажные данные с низкой степенью достоверности;
- 3 балла – каротажные данные со средней степенью достоверности;
- 4 балла – каротажные данные с высокой степенью достоверности;
- 5 баллов – высокая степень достоверности в более чем 70% из общего числа пробуренных скважин.

Балльность присваивалась по процентам (свыше 50%) к соотношению большинства скважин по степени достоверности выделения пород-коллекторов на каждом из пробуренных участков.

Исходя из оценки данного критерия высокий балл получили участки II, XI и XIV.

1.4. Освещенность керновым материалом

С учетом геологических особенностей и постановки первоочередной приоритетности дальнейших работ на исследуемой территории в данном критерии рассмотрена оценка качества керна, а именно его сохранность и пригодность для запланированных исследований по отложениям межсолевого комплекса и боричевских слоев лебедянского горизонта верхнесоленосного комплекса. В рамках данной статьи анализ проведен по 1245,63 м полноразмерного керна в 35 пробуренных скважинах по состоянию на 01.01.2022 г. По результатам

ревизии определен керн, пригодный для дальнейшего изучения в объеме 1183,41 м по 28 скважинам. Это обусловлено тем, что фактическая длина некондиционного керна, а также его диаметр (не более 50 мм), раздробленность (разрозненные обломки без соответствующей маркировки) и длительное хранение (более 30–45 лет) не позволяют на качественном уровне осуществить литологическую оценку разреза отложений, а также провести комплекс запланированных исследований и привязку керна к данным ГИС. В процессе бурения отбор керна в целевых интервалах проводился в период с 1974 по 2010 г. Максимальный объем керна был отобран на участке IX в количестве 241,08 пог. м по четырем скважинам. Минимальный объем керна был отобран на участке VIII в количестве 8,41 пог. м по одной скважине. В скважинах на участках VIIз, XII и XV керн не отбирался. Несмотря на неравномерную разбуренность участков глубокими скважинами в данном критерии основным фактором послужил метраж освещенности кондиционным керном на 1 км² площади.

Выбор балльности определен в следующей последовательности:

- 1 балл – участки, на которых скважинами по ряду причин не проведен отбор керна в целевом интервале;
- 2 балла – участки, на которых скважинами выполнен отбор керна в целевом интервале, но по результатам ревизии непригоден для дальнейшего изучения;
- 3 балла – освещенность керновым материалом до 0,1 м/км²;
- 4 балла – освещенность керновым материалом от 0,1 до 0,5 м/км²;
- 5 баллов – освещенность керновым материалом выше 0,5 м/км²;

Исходя из оценки данного критерия высокий балл получили участки III и IX.

Здесь рассмотрели тот кондиционный керн, который пригоден для дальнейших комплексных исследований на современном оборудовании.

2. Особенности геологического строения

По данному направлению оценивается:

2.1. Структурно-тектоническое районирование

Основой поисков месторождений на «эрзедом» этапе освоения региона являются прежде всего периодически обновляемые карты структурного районирования основных продуктивных (перспективных) комплексов отложений – модели тектон-

но-структурной неоднородности недр региона. На базе этих карт (структурных моделей) формируют модели генерации, аккумуляции и сохранения углеводородов, разнообразные карты прогноза нефтегазоносности, выбирают первоочередные объекты для поисково-разведочных работ, а также обосновывают рекомендации относительно дальнейших направлений геологоразведочных работ на нефть и газ (ГРР) и т. д. В данном критерии за основу брались проведенные работы по структурному районированию подсолевого и межсолевого комплексов Припятского прогиба для задач эффективного освоения ресурсов углеводородов [1; 2; 3]. Полученные по результатам проведенных работ карты построены на основе авторских оригинальных классификаций и кодификаций основных структурных форм и, что очень важно, структурных элементов тектонических ступеней и крупных, сложнопостроенных тектонических блоков (полиблоков) депрессий.

В связи с тем что в данной статье приоритетным объектом исследований рассматривается межсолевой комплекс, по данному критерию балльность оценивалась по преобладающему местоположению отложений в пределах элементов тектонического районирования: подножья, террасы, гребня, уступа ступени.

– 1 балл – участки с преобладанием зон отсутствия либо неполных толщин межсолевых отложений;

– 2 балла – участки с преобладанием межсолевых отложений в пределах подножья и террасы тектонической ступени;

– 3 балла – участки с преобладанием межсолевых отложений в пределах террасы и гребня тектонической ступени;

– 4 балла – участки с преобладанием межсолевых отложений в пределах уступа тектонической ступени;

– 5 баллов – участки с преобладанием межсолевых отложений в пределах террасы и гребня тектонической ступени с активной разломной тектоникой.

Исходя из оценки данного критерия высокий балл получили участки I, III, VI, IX и X.

2.2. Наличие терригенных и органогенных тел

Отличительной особенностью ЮОСТЗ в ПНГБ в процессе осадконакопления межсолевого комплекса является постоянное поступление кластогенного (песчаной, алевритовой и глинистой размernости частиц) материала. Данная особенность в настоящее время считается наиболее отличи-

тельной и значимой характеристикой с позиции поиска литологических ловушек углеводородов в зонах концентрации терригенных песчаных тел различной геометрической формы и генезиса. С учетом ранее проведенных работ по выяснению механизма седиментогенеза осадочного чехла и выделенных зон концентрации терригенных тел в отложениях межсолевого комплекса ЮОСТЗ [5, с. 38–42], критерий оценивался в следующей последовательности:

- 1 балл – участки, где предыдущими работами не выделены зоны с органогенными образованими и терригенными телами;
- 2 балла – участки, где выделяются зоны концентрации терригенного материала;
- 3 балла – участки, где выделяются зоны с наличием органогенных образований;
- 4 балла – участки, где выделяются зоны с наличием органогенных образований и терригенных тел;
- 5 баллов – участки, где выделяются все вышеописанные зоны с участками литологических замещений (комбинированный тип).

Исходя из оценки данного критерия высокий балл получили участки V, VII_b, VIII и XI.

3. Прямые признаки нефтеносности

По данному направлению оцениваются:

3.1. Геологические результаты бурения (признаки УВ по керну)

Немаловажную роль при оценке нефтеперспективности площадей играют именно фактические данные бурения. Керновый материал является прямой геологической информацией в литологическом составе, фильтрационно-емкостных свойствах и характере насыщения вскрываемого разреза. Именно фактические данные позволяют подтвердить или опровергнуть прогнозные данные по литологическому составу и стратиграфической привязке, глубине залегания и мощности пластов; коллекторским свойствам горных пород, пористости и проницаемости; насыщению коллектора, определению его коэффициента нефтегазонасыщенности; структуре, текстуре, петрографическим свойствам пород.

При оценке данного критерия балльность по участкам присваивается по процентному (%) содержанию признаков УВ по керну от общего количества пробуренных скважин:

- 1 балл – признаки УВ не выявлены в пробуренных скважинах;

- 2 балла – до 20% от пробуренных скважин получены признаки УВ по керну;
- 3 балла – от 20 до 40% от пробуренных скважин получены признаки УВ по керну;
- 4 балла – от 40 до 60% от пробуренных скважин получены признаки УВ по керну;
- 5 баллов – свыше 60% от пробуренных скважин получены признаки УВ по керну.

Исходя из оценки данного критерия высокий балл получили участки I, V и VII_в.

3.2. Геохимические исследования

Геохимические методы поисков месторождений нефти и газа основываются на факте существования непрерывного процесса массопереноса углеводородов от глубинных углеводородных скоплений, в результате чего на всех уровнях геологического разреза – непосредственно над залежами, в породах, перекрывающих залежи, в нижней и верхней геохимических зонах – формируются аномальные концентрационные поля углеводородов. Миграция углеводородов (в основном газообразных, в меньшей степени в парообразном и жидкоком состоянии) от залежей происходит, по данным большинства исследователей, двумя способами – посредством диффузии и фильтрации. В результате диффузии происходит относительно равномерное распределение углеводородных газов снизу вверх по разрезу. Чем плотнее порода и чем ниже ее коллекторские свойства, тем медленнее происходит процесс диффузии, то есть меньше коэффициент диффузии. Так как последний при прочих равных условиях снижается с ростом молекулярной массы углеводорода, то газы, прошедшие большее расстояние от источника, обогащаются низкомолекулярными компонентами. Миграция от залежей посредством фильтрации происходит по микротрецинам (ослабленным зонам) и тектоническим нарушениям. Здесь определенную роль играют процессы селективной сорбции породами различных углеводородов и селективного их растворения в флюидальной системе. В этом случае при движении смеси углеводородов она подвергается в значительной мере процессу хроматографической дифференциации, которая приводит к обогащению мигрирующего газа относительно легкокипящими фракциями и изосоединениями, так как сорбция углеводородов породами возрастает с увеличением молекулярной массы компонента и больше у нормальных соединений по сравнению с их разветвленными изомерами. Важное теоретическое положение заключается в том,

что некоторые мигрирующие УВ-компоненты содержатся в значительных концентрациях только в залежах нефти и газа, и их присутствие в вышезалегающих отложениях является прямыми признаками месторождений.

Существенную роль при определении перспектив нефтеносности несёт в себе хлороформенно-битумный анализ (ХБА), позволяющий путем экстракции (холодная и горячая) пород в хлороформе получить экстракты углеводородсодержащих компонентов органического вещества (ОВ) и нефтьей. В различных районах величина этого показателя различная. Так, залежи и высокоперспективные объекты с вероятностью обнаружения залежи $>0,7$ в межсолевых отложениях Северного ареала (зона распространения легких и средних нефтей) характеризуются содержанием ХБА более 0,05–0,1%. Для Южного ареала (зона распространения тяжелых нефтей) величина содержания ХБА должна быть значительно выше (0,8–1,3% и более). Установлено, что на расстоянии около 1000 м от контура нефтеносности содержание ХБА снижается примерно на порядок. На этом основании по статистическому анализу можно подсчитать примерное расстояние до залежи.

Таким образом, увеличение содержания миграционных битумоидов, ХБА, масел по сравнению с фоновым является признаком зоны нефтенакопления, а резкое увеличение (в 10–20 раз) – признаком наличия залежи или близким расположением залежи.

В данной статье использовались данные прошлых лет, проведенные специалистами ГП «БелНИГРИ» (Е.Ф. Никуленко) по геохимическим показателям нефтегазоносности (содержание миграционных битумоидов (ХБА, %) [4].

Балльность по участкам присваивается в следующей последовательности:

- 1 балл – более 50% площади участка с низкоперспективными зонами, значения ($< 0,03$);
- 2 балла – более 50% площади участка с малоперспективными зонами, значения ($= 0,03–0,1$);
- 3 балла – более 50% площади участка с среднеперспективными зонами, значения ($= 0,1–0,2$);
- 4 балла – более 50% площади участка с перспективными зонами, значения ($= 0,2–0,3$);
- 5 баллов – более 50% площади участка с высокоперспективными зонами, значения ($= 0,3–1$ и более).

Исходя из ранее проведенных работ в пределах ЮСТЗ участков с высокоперспективными зонами не выявлено. Участки I, II и XII относятся к низкоперспективным, участок VII_з – к малоперспектив-

ному, участки VIII и XIV – к среднеперспективным и участки III, IV, V, VI, VII_b, IX, X, XI, XIII и XV – к перспективным (табл.).

3.3. Ресурсный потенциал

По состоянию на сегодняшний день в пределах исследуемых участков на балансе НПЦ по геологии и РУП «ПО «Белоруснефть»» числится ресурсная база по подготовленным к глубокому бурению, выявленным, частично опоискованным и находящимся в бурении нефтеперспективным ловушкам в количестве 7,798% от суммарной ресурсной базы (СРБ) ПНГБ. Из них по:

- РУП «ПО «Белоруснефть» в количестве 0,097% СРБ;
- НПЦ по геологии в количестве 7,701% СРБ.

По Ново-Ельской межсолевой ловушке (находящейся в бурении), согласно фонду структур Государственного предприятия «НПЦ по геологии» по состоянию на 01.01.2021 г. числятся извлекаемые запасы нефти по категории C₁ – 0,002% СРБ, по категории C₂ – 0,035% СРБ.

При оценке данного критерия оценивалась плотность ресурсов на 1 км² не только в целом по участку, но и степень подготовленности ловушки, тип ловушки, нефтеперспективный комплекс. Из общего числа (34 структуры) 15 структур числятся в фонде подготовленных к глубокому бурению структур. И только семь ловушек на участках V (5 ловушек), XI (1 ловушка), и VII_b (1 ловушка) тектонического (Акуличская (боричевские слои) и Заходняя), литологического (Северо-Валавская), антиклинального (Алексеевская – 2 ловушки) и комбинированного (Южно-Валавская – 2 ловушки) типов находятся в пределах межсолевого комплекса. Несмотря на значительный ресурсный потенциал ЮОСГЗ требуется пересмотр категории ресурсов по каждой из структур в связи с тем, что 73% фонда подготовленных к глубокому бурению структур оценены по различным категориям. И только 4 структуры (Акуличская, Алексеевская, Ю-Анисимовская и С-Наровлянская) оценены по категории D₀, которые с большей долей уверенности можно характеризовать как первоочередные.

Исходя из имеющейся сегодня ресурсной базы данный критерий оценивался в следующей очередности:

- 1 балл – на участках, где в настоящее время не числится ресурсная база;
- 2 балла – на участках с плотностью ресурсов менее 0,0003% СРБ/км²;

- 3 балла – на участках с плотностью ресурсов от 0,0003% СРБ/км² до 0,0014% СРБ/км²;
- 4 балла – на участках с плотностью ресурсов от 0,0014% СРБ/км² до 0,0029% СРБ/км²;
- 5 баллов – на участках с плотностью ресурсов выше 0,0029 % СРБ/км².

Исходя из оценки данного критерия первоочередной приоритет получил только участок V, объектами второй очереди являются участки VII_b, IX и VI. Несмотря на суммарную ресурсную базу 1,525% СРБ и 0,994% СРБ по участкам VI и X соответственно один балл был занижен в связи с тем, что выше 50% ресурсов по подготовленным к глубокому бурению ловушкам числятся в отложениях верхнесоленосного комплекса и надсолевых отложениях, остальная часть только в выявленных ловушках. По участку VII_b один балл был завышен в связи с тем, что 0,109% СРБ числятся в фонде подготовленных к глубокому бурению ловушек в отложениях межсолевого комплекса (см. табл.).

3.4. Гидрогеологические исследования

При оценке нефтеперспективности структур в процессе поиска нефтяных залежей значительную роль играет гидрогеологическая информация, полученная в процессе проводки скважины, поэтому относительно ее достоверности проведен анализ данного критерия по следующим ключевым позициям:

– полнота, уверенность и наличие информации о результатах бурения и испытаний на приток. Но, к сожалению, отрицательным фактором является частичное отсутствие информации об проявлениях и испытаниях на приток, вследствие того что 78% скважин на территории ЮОГЗ начато бурением до 1981 г. В процессе проведения работ по ряду причин установлена потеря документов либо факт учета документации без необходимых для современного анализа параметров. Дела скважин ограничиваются обобщением без указания некоторых важных параметров и данных расчетов. Ранее в проводке скважины не указывались параметры бурового раствора, на которых происходило вскрытие пласта либо проявление из него, также не всегда указывается избыточное давление при проявлении;

– состояние скважины, качество проведения, способ получения проб при испытаниях на приток, интенсивность проявления. Наиболее представительные значения гидродинамических характеристик возможно получить при испытаниях на приток в процессе бурения. В отличие

Таблица – Матрица ранжирования по критериям

№ п/п	Наименование участка	1. Геолого-геофизическая изученность				2. Особенности геологического строения		3. Прямые признаки нефтеносности				Итого рейнг:
		1.1. Степень изученности участка	1.2. Изученность глубоким бурением	1.3. Наличие сводного каротажа	1.4. Особенности керновым материалом	2.1. Балльность по геолого-геофизической изученности	2.2. Балльность по особым геологическим признакам	3.1. Геологические результаты бурения (керни)	3.2. Геохимические исследования	3.3. Ресурсный потенциал	3.4. Гидрологические исследования	
1	Участок I Туровско-Симоновитский	1	1	4	3	2,3	5	3	4,0	5	1	2,5
2	Участок II Южно-Туровско-Боровский	1	1	5	3	2,5	4	3	3,5	4	1	2,7
3	Участок III Великопольско-Дубницкий	2	4	5	3,8	5	3	4,0	3	4	1	0
4	Участок IV Западно-Софьевский	2	2	3	4	2,8	3	3	3,0	1	4	2,6
5	Участок V Балавско-Южно-Валавский	4	3	4	4	3,8	2	5	3,5	5	4	4,5
6	Участок VI Николаевско-Ново-Рудинский	3	4	4	2	3,3	5	2	3,5	3	4	3,5
7	Участок VII Буйновско-Задозерный	3	4	2	4	3,3	4	5	4,5	5	4	3,4
8	Участок VIII Буйновичский	1	3	3	1	2,0	4	1	2,5	3	2	3,6
9	Участок IX Скородинско-Выступовичский	3	3	4	3	3,3	4	5	4,5	5	4	3,0
10	Участок X Ельский	4	5	2	5	4,0	5	3	4,0	3	4	4,0
11	Участок XI Восточно-Ельский	4	4	3	3	3,5	5	3	4,0	3	4	3,3
12	Участок XII Восточно-Выступовичско-Кирзовский	4	4	5	4	4,3	4	5	4,5	3	4	4,1
13	Участок XIII Наровянский	2	4	1	1	2,0	1	1	1,0	2	1	1,5
14	Участок XIV Ветровско-Радомянский	5	3	4	4	4,0	3	1	2,0	4	1	2,9
15	Участок XV Радомянско-Желонский	5	4	5	4	4,5	4	1	2,5	4	1	3,3
16	Участок XVI Стреличевский	5	4	1	1	2,8	3	1	2,0	2	2	2,4

от испытаний на приток по окончанию бурения, перед таким испытанием пластины не подвергаются изоляции цементом при спуске колонн и интенсификации притоков, однако предугадать пластовые давления не всегда возможно для того чтобы создать оптимальные условия. В отличие от получения при проявлении гидродинамических характеристик, в частности пластовое давление, регистрируются манометром, а не высчитываются относительно избыточных давлений. Кроме того, при проявлении чаще всего создается большая депрессия, из-за чего поток более подвижного флюида оттесняет более вязкий неподвижный флюид, что не позволяет достоверно оценить насыщение. При наличии обвалаобразования в условиях открытого ствола при освоении возможна изоляция забойных пластов и получение информации по верхней части интервала. Проявления слабой интенсивности не позволяют отобрать представительные пробы поступающих пластовых флюидов. Отсутствие манометрических кривых, записанных при испытаниях, и начальных расчетных данных не позволяют выделять слабопроницаемые пластины и оценивать условия проведения испытаний относительно пластовых давлений, полученных позже при испытаниях соседних скважин;

- достоверность насыщения пластов. От достоверности результатов, полученных при испытаниях на приток, прямо зависит открытие залежей нефти. Наличие нефти в пробах либо пленки нефти в растворе является прямым признаком наличия в разрезе нефтенасыщенных пластов;

- качество проведения анализа химического состава, годность проб пластовых рассолов для оценки нефтеперспективности, повышенное содержание в пробах пластовых рассолов катиона аммония и йода. При разбавлении проб пластовых рассолов буровым раствором искажается содержание химических элементов, применяемых при оценке нефтеперспективности структуры. Буровые растворы, изготавливаемые на основе пластовых рассолов других скважин, и разбавленный поступающий из скважины пластовый рассол завышают содержание химических элементов, используемых при оценке нефтеперспективности структуры;

- уверенность геологического строения (для определения направления перспективной зоны). При определении направления расположения нефтеперспективной зоны важно знать расположение приподнятой части структуры и наличие разрывных нарушений. Коллекторские свойства интересуемого пласта могут быть ухудшены вблизи

нарушения. Испытание в подобных зонах не характеризует центральные части структур. Отсутствие информации о границах структур не позволяет проектировать предполагаемые зоны распространения участков с пластовым давлением и его градиентом и предполагаемые перспективные зоны.

Исходя из проведенного анализа 148 пробуренных скважин ЮСТЗ на 16 участках было установлено, что гидрогеологическая информация была получена по 110 скважинам (всего 564 случая) в отложениях межсолевого и верхнесоленосного комплексов. При этом было выявлено 7 нефтенасыщенных объектов. Из 14 объектов были получены пластовые рассолы, химический состав которых оказался характерен для нефтеперспективных структур. Еще 59 объектов по анализу разбавленных проб возможно отнести к условно нефтеперспективным. Также при этом было выделено 28 нефтеперспективных зон. Точное расположение 10 зон предположить не удалось ввиду неуверенного геологического строения. Балльность гидрогеологического критерия оценена по степени достоверности геохимической информации в отложениях межсолевого и верхнесоленосного комплексов, выраженной в процентах, в следующей последовательности:

- 1 балл – на участках, где отсутствует гидрогеологическая информация, перспективные зоны частично входят в контур;
- 2 балла – участки с низкой степенью достоверности геохимической информации (до 25%);
- 3 балла – участки со средней степенью достоверности геохимической информации (25–75%);
- 4 балла – участки с высокой степенью достоверности геохимической информации, свыше 75%;
- 5 баллов – участки, где по данным ИП получены притоки нефти.

Исходя из оценки данного критерия наивысшие баллы получили участки IX, XI и XIV (см. табл.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По проведенному ранжированию участков по десяти ключевым нефтепоисковым критериям, оцененным по пятибалльной системе, установлено следующее:

- первоочередной площадью для постановки дальнейших геологоразведочных работ является юго-восточная часть ЮСТЗ, участок XI (Восточно-Выступовичско-Кировский), с рейтингом 4,1;
- объектом второй очереди является участок IX (Ельский) в центральной части ЮСТЗ, с рейтингом 4,0;

- объектом третьей очереди является участок V (Валавско-Южно-Валавский) в южной части ЮСТЗ, с рейтингом 3,9 (см. рис., табл.).

Дополнительно к проведенному ранжированию проведен анализ фонда ранее пробуренных скважин в пределах ЮСТЗ с целью подтверждения наличия УВ, выявления новых и пропущенных залежей УВ, а также дальнейшей целесообразности использования части ствола для бурения новых скважин с различными категориями по назначению и различными типами по угловым параметрам. Учитывались следующие критерии: сроки бурения, категория, текущее состояние, организация, проводившая работы, глубины, вскрытая

стратиграфия, конструкция, данные по керну, данные по ГИС, данные химического состава пластовых рассолов и гидродинамические параметры. Результатом проведенных работ послужил перечень из 13 скважин по степени нефтеперспективности (см. рис.).

Проводимые в настоящее время ремонтно-восстановительные работы (РВР) в ранее пробуренных скважинах и сейсморазведочные работы ЗД в пределах ЮСТЗ позволят подтвердить либо опровергнуть правильность выбранного вектора критериального прогноза поиска залежей углеводородов не только в пределах ЮСТЗ, но и на новых нефтеперспективных площадях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Бескопыльный, В. Н.** Карта структурного районирования межсолевого комплекса Припятского прогиба для задач эффективного освоения ресурсов углеводородов. Масштаб 1:200 000 / В. Н. Бескопыльный, Р. Е. Айзберг, Я. Г. Грибик. – Минск, 2011.
- 2. Бескопыльный, В. Н.** Карта структурного районирования подсолевого комплекса Припятского прогиба для задач эффективного освоения ресурсов углеводородов. Масштаб 1:200 000 / В. Н. Бескопыльный, Р. Е. Айзберг, Я. Г. Грибик. – Минск, 2011.
- 3. 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.
- 4. Никуленко, Е. Ф.** Геохимические критерии прогноза нефтегазоносности Припятского прогиба / Е. Ф. Никуленко // Природ. ресурсы. – 1999. – № 4. – С. 160–173.
- 5. Обровец, С. М.** Ранне- и среднефаменский седиментогенез в Припятском рифтовом бассейне / С. М. Обровец, И. А. Яшин, С. А. Кручек ; РУП «НПЦ по геологии», РУП ПО «Белоруснефть», БелНИПИнефть. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 200 с.

Статья поступила в редакцию 08.07.2022

Рецензент Я.Г. Грибик

**ВЫБАР ПЕРШАЧАРГОВЫХ АБ'ЕКТАЎ ДЛЯ ПРАВЯДЗЕННЯ
ГЕОЛАГАРАЗВЕДАЧНЫХ РАБОТ НА ВУГЛЕВАДАРОДЫ
З УЛІКАМ ІНФАРМАТЫЎНЫХ КРЫТЭРЫЯЛЬНЫХ ПАДЫХОДАЎ
(НА ПРЫКЛАДЗЕ ПАЎДНЁВАЙ СТРУКТУРНА-ТЭКТАНІЧНАЙ ЗОНЫ
ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІБУ)**

А.А. Шарунов, В.С. Рудько

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

У цяперашні час не толькі ў межах Прыпяцкага нафтагазаноснага басейна, але і ва ўсім свеце адсутнічаюць выразныя крытэры і рэгламентуючыя дакументы, якія дазваляюць вызначыць упэўненую чаргавасць правядзення геолагаразведачных работ у межах складаных геалагічных умоў. У дадзенай работе разгледжаны аптымальны варыянт ранжыравання па плошчы з вылучэннем трох ключавых крытэрыяў па геолаг-геафізічнай вывучанасці, асаблівасцях геалагічнай будовы і прамых прыкметах нафтаноснасці.

**SELECTION OF PRIORITY OBJECTS FOR GEOLOGICAL EXPLORATION FOR
HYDROCARBONS, TAKING INTO ACCOUNT INFORMATIVE CRITERIA APPROACHES**

A. Sharunov, V. Rudko

State oil and Gas Company BelNIPIneft R&D Institute
15a Knizhnaya St, 246003, Gomel, Belarus
E-mail: a.sharunov@beloil.by, v.rudko@beloil.by

Currently, not only within the Pripyat oil and gas-bearing basin, but also in other regions of the world, there are no reliable and clear criteria and regulatory documents that allow determining the right order of geological exploration in complex geological conditions. The article examines the most appropriate approach of ranking the sequence of operations on the basis of the three key criteria, including the degree of geological and geophysical study, features of the geological structure and direct signs of oil and gas content.

КАРЫСНЫЯ ВЫКАПНІ

ВЗАИМООТНОШЕНИЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ И СОЛЕНОСНЫХ СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Н.С. Петрова, Н.Ю. Денисова, И.Р. Захария

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

Филиал «Институт геологии»

ул. Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь

E-mail: belnigri@list.ru

denisov.nat@yandex.by

ramzes0409@gmail.com

Встречная территориальная экспансия работ на нефть и работ на калий – двух основных видов стратегического сырья Беларуси – неуклонно ведет к ситуации коллизии интересов. На примере рассмотрения взаимоотношений нефтегазоносных и калиеносных комплексов, находящихся на разных стадиях геологоразведочного цикла, предлагается выработать общие стандарты пространственно совмещенной отработки разных видов сырья, будь то комплексная одновременная или раздельная последовательная разработка. С этой целью проведен детальный комплексный анализ имеющейся информации по основному объекту разработки калийных солей в Беларуси – Старобинскому месторождению, дана оценка перспектив нефтегазоносности северо-запада Припятского прогиба и рассмотрены варианты возможного территориального совмещения разработки разных видов сырья.

При всестороннем анализе проблемы освоения территориально совмещенных месторождений калийных солей и нефти в Припятском прогибе, впервые поставленной в Беларуси [3], немаловажное значение имеет оценка взаимоотношений природных нефтегазоносных и калиеносных структурно-вещественных комплексов, определяющих геологические риски и технологии совмещенной разработки, технологии, выработку правил, управлеченческих решений и др. Такая оценка взаимоотношений перспективно нефтегазоносных толщ и разработанных пространств Старобинского месторождения на западе Северного структурного ареала Припятского прогиба заключается в анализе согласованности развития взаимообусловленных пространственно совмещенных онтогенетически разнородных структурно-вещественных комплексов.

Среди специфических особенностей этой территории следует отметить следующие аспекты:

- 1) практическая значимость: в настоящее время основной объект разработки калийных солей;
- 2) геологическая значимость: краевая зона развития верхней соленосной формации, развитие блоковой тектоники и разноамплитудных субмеридиональных разломов, являющихся границами шахтных полей предприятия ОАО «Беларуськалий»;
- 3) геологическая изученность: высокая плотность разведочной сети в объеме калиеносной субформации (интервал развития основных промышленных калийных горизонтов);
- 4) сейсмичность: наиболее сейсмичный район республики, ведется постоянный сейсмомониторинг;
- 5) нарушенность подземного пространства: вскрыто большим количеством горных выработок различными способами и в разной последовательности;
- 6) возможность прогнозирования нефтегазоносности: слабая изученность глубоких разрезов межсолевой, подсолевой терригенной и карбонатной толщ.

Тесная логическая взаимосвязь видов, методов и объектов проводимых работ позволит обеспечить перспективы рационального и безопасного недропользования в условиях территориально совмещенных месторождений. Дальнейшее развитие и калийной, и нефедобывающей отраслей Беларуси будет проводиться в рамках концепции «территориальной агрессии» (или территориальной экспансии). Территориальная экспансия работ на нефть и калий – двух основных видов стратегического сырья Беларуси – неуклонно ведет к ситуации столкновения интересов. Ведь почти 70% неразведанных ресурсов углеводородов страны (120,8 млн т) сосредоточены в Северном нефтегазоносном районе, где находится основная часть их извлекаемых начальных суммарных ресурсов (84,49%) и ведется основная добыча [5].

Претензии нефедобывающей отрасли связаны с необходимостью полноценной оценки потенциала нефтегазоносности территорий и страграфических уровней, идентифицированных как нефтегазоносные комплексы в Припятском нефтегазоносном бассейне. Согласно последней оценке ресурсной базы углеводородов Республики Беларусь с учетом новых данных [5], Припятский нефтегазоносный бассейн находится на поздней стадии разработки – более половины начальных суммарных ресурсов углеводородов страны уже разведано и почти 40% их добыто, большинство крупных и средних месторождений также находятся на поздней стадии разработки.

Для оценки перспектив нефтегазоносности Припятского прогиба в последней редакции Программы геологоразведочных работ на 2011–2015 гг. и до 2030 г. [4] запланированы исследования регионального этапа в пределах недостаточно изученных территорий, в том числе в Старобинской центриклинали, с целью выбора основных направлений и первоочередных объектов (зон нефтегазонакопления) и последующего их изучения на поисково-оценочном этапе. Слабая геологическая изученность северо-запада Северного структурного ареала Припятского прогиба с позиций перспектив нефтегазоносности в определенной степени связана с теоретическими представлениями об оптимальных глубинах для генерации нефти и критических мощностях осадочных комплексов, распространяемых на оценку нефтеперспективности, и по причине активного ведения в верхних частях осадочного чехла геологоразведочных работ на калий. В настоящее время с получением новых фактов и аргументов, переосмыслением имеющегося материала концепции уточняются,

подходы меняются. Так, с позиций перспектив нефтегазоносности западной части Северного структурного ареала установлены множественные признаки нефтеносности (наличие битумов) в керне из верхнесоленосных отложений колонковых скважин и хорошие признаки в подсолевых отложениях в скв. 1 Старобинская, открыты подсолевые залежи нефти на Шумятичской площади в пределах субрегиональной зоны поднятий 1C.2.1 подножья Червонослободско-Малодушинской тектонической ступени 1C.2, тянущегося на запад вплоть до Дарасинского участка, что может указывать на перспективы этих территорий на углеводороды. Немаловажным фактом нефтеперспективности западных территорий являются также открытые ранее нефтяные месторождения в подсолевых отложениях в гребневой части Червонослободско-Малодушинской тектонической ступени на Борисовской и Восточно-Дроздовской площадях.

С другой стороны, встречная территориальная экспансия работ на калийное сырье происходит с запада на восток и перекрывает территории, где уже много лет идет разработка нефтяных месторождений, а также есть целый ряд перспективных площадей. Так, Октябрьское месторождение калийных солей перекрывает территории таких нефтяных месторождений, как Вишанское, Мармовичское, Полесское, Давыдовское и др. Причина территориальной агрессии калийщиков – результат истощения запасов старых шахтных полей в пределах Старобинского месторождения. Развитие калийной отрасли определяется сегодня вовлечением в отработку флангов шахтных полей, а также сложных по морфоструктуре калийных пластов, новых горизонтов, нередко осложненных газодинамическими явлениями участков со сложными горно-геологическими и горнотехническими условиями разработки, в том числе находящихся на больших глубинах.

Разработка нефтяных и газовых месторождений и связанные с ней изменения пластового давления, различные виды воздействия на залежь для поддержания пластового давления и повышения нефтеотдачи нарушают природное напряженно-деформированное состояние недр, создавая предпосылки для возникновения опасных техногенных явлений, приводящих к деформациям горного массива и земной поверхности, повреждениям и авариям систем и объектов.

Северо-западная часть Припятского прогиба (или запад Северного структурного ареала), где выделяется Старобинская центриклинальная де-

прессия (СЦД) – обширная однокрыльевая структура (типа приразломной депрессии), характеризующаяся широким южным и редуцированным северным крылом, примыкающим к разрывному нарушению [6]. Здесь расположено давно разрабатываемое Старобинское месторождение калийных солей, в разрезе присутствуют основные нефтегазоносные комплексы (НГК), а восточнее рассматриваемой территории расположено несколько разрабатываемых месторождений нефти.

Анализ взаимоотношений нефтегазоносных и соленосных структурно-вещественных комплексов произведен на основании всех имеющихся материалов по территории западной части Северного структурного ареала Припятского прогиба, соответствующей СЦД. Это данные бурения 14 глубоких и 563 колонковых скважин, пройденных в ходе геологоразведочных работ на калийные соли, данные скважинных исследований и лабораторных анализов вещественного состава по керну, зафиксированные нефте- (битумо-) проявления и их привязанность к разрезу и другое (рис.); использованы материалы большого объема сейсмических работ 2Д и выполненных на их основании картостроений по основным отражающим горизонтам. Необходимо отметить специфику всего комплекса имеющихся геолого-геофизических материалов. Это весьма обширная информация по калиеносной части разреза и чрезвычайно скудная по более глубоким горизонтам и отложениям, к которым приурочены нефтегазоносные комплексы Припятского НГБ.

В строении разреза СЦД отмечены некоторые особенности, отличающие ее от центральной части Северного структурно-тектонического ареала. Например, уменьшение мощности галитовой субформации до ее полного выклинивания, увеличение к западу мощности протерозойских отложений, специфику строения верхов галитовой субформации – соленосный разрез здесь замещен доломитизированными известняками и доломитами с прослоями ангидритов, глин, песчаников, алевролитов и образует отдельную доломит-ангидритовую толщу, выделенную В.К. Голубцовым и Г.И. Кедо как слуцкая свита [1]. В отложениях свиты отмечены прямые признаки нефти в керне и коллекторские свойства (кавернозность, трещиноватость), что является положительным показателем возможной нефтегазоносности разреза. Следует отметить, что в направлении по Северной структурно-тектонической зоне на восток от Старобинского месторождения доломит-ангидритовая толща слуцкой свиты замещается соляными

породами и принимает вид стандартного разреза субформации.

Тектоническое строение территории подчиняется общему тренду: определяется наличием продольных субширотных тектонических ступеней (структур второго порядка) и разделяющих их тектонических зон ранга региональных разломов, амплитуда которых по поверхности кристаллического фундамента составляет 1–3 км. Отложения всех основных структурно-вещественных комплексов характеризуются моноклинальным залеганием.

Рассматриваемая территория Северного структурного ареала Припятского прогиба приурочена к западной части Червонослободско-Малодущинской ступени, ограниченной с севера Речицко-Вишанским, а с юга – Червонослободско-Малодущинским региональными разломами. Геофизическими исследованиями и бурением скважин установлен блоковый характер фундамента подсолевого ложа, отражающийся в строении всего разреза до соленосных отложений включительно. Прослежен ряд флексурно-разрывных нарушений преимущественно субширотного и северо-западного простирания, которые представляют собой систему ступенчатых сбросов.

Крайняя северо-западная часть Червонослободско-Малодущинской тектонической ступени отличается хорошо выраженной тектонической делимостью, что в пределах СЦД обусловлено наличием пересекающихся зон разрывных нарушений, принадлежащих к двум системам – северо-восточной (поперечной по отношению к прогибу) и юго-восточной, субширотной (продольной по отношению к нему). Разломы разбивают месторождение на тектонические блоки – Краснослободский, Центральный, Восточный, Дарасинский и Северный (см. рис.). Некоторая часть разрывных тектонических нарушений прослеживается в пределах изученной территории в отложениях осадочного чехла, включая надсолевую девон.

В Припятском нефтегазоносном бассейне на настоящем времени выделено пять нефтегазоносных комплексов: подсолевой терригенный, подсолевой карбонатный, межсолевой, верхнесоловой, нефтегазоносный комплекс кристаллического фундамента. Как возможно перспективный выделяется надсолевой нефтегазоперспективный комплекс. В пределах каждого нефтегазоносного комплекса может быть выделено несколько резервуаров, имеющих региональные, зональные или локальные флюидоупоры.

В пределах рассматриваемой территории СЦД нефтегазоносные комплексы специально не изучались

лись. Здесь в разные годы пробурены только отдельные глубокие скважины, изученные с разной степенью информативности, вскрывшие разрезы нижних НГК в разных тектонических блоках. Но, несмотря на низкую освещенность информацией, здесь выделены все вышеперечисленные комплексы и рассмотрена их перспективность.

Нефтегазоносность подсолевого терригенного комплекса (ПСТ) в пределах собственно Старобинского месторождения калийных солей не установлена, специально не изучалась, но тем не менее имеется ряд прямых и косвенных признаков, свидетельствующих о потенциале данного района на углеводородное сырье. Так, в опорной скв. 1 Старобинская в нескольких интервалах отмечены прямые признаки нефтегазоносности в керне. Кроме прямых признаков, в скв. 1 Старобинская возможную нефтегазоносность района подтверждает информация по близлежащим площадям. Были открыты залежи нефти в ПСТ на Восточно-Дроздовском месторождении (ланские отложения), Шумятичском месторождении (старооскольские отложения), в фонде выявленных структур находится Северо-Холопиническая структура с перспективами в ланских и старооскольских отложениях, в фонде подготовленных к поисковому бурению находятся Холопиническая структура с перспективами в ланских отложениях (также семилукских и саргаевских отложениях подсолевого карбонатного комплекса), Южно-Дроздовская (ln, sr, sm), Лапкинская (ln, sr, sm). Таким образом, перспективы нефтегазоносности подсолевого терригенного НГК в пределах изучаемой территории достаточно реальны, необходима постановка целевых поисковых работ.

В отложениях подсолевого карбонатного комплекса (ПСК) отмечались как прямые признаки нефтегазоносности в керне, так и признаки коллектора в скважинах 1 Любанская и 1 Дроздовская, а также в скважинах восточнее территории СЦД – 1 и 2 Северо-Калиновские, а также 1 Южно-Дроздовская, в которых отмечены высокие положительные значения гидрохимических показателей нефтегазоносности.

Межсолевой НГК в пределах СЦД изучен весьма слабо, и о перспективах его нефтегазоносности можно судить по немногочисленным прямым признакам в скважинах 1 и 2 Северо-Калиновские, 1 Тесловская. В скважине 1 Осовецкая отмечены высокие положительные значения гидрохимических показателей нефтегазоносности; в ряде скважин отмечены коллекторские свойства межсолевых отложений. В фонде подготовленных

к поисковому бурению объектов находятся Северо-Калиновская и Восточно-Любанская межсолевые структуры.

Строение верхнесолевого НГК в пределах СЦД имеет существенные отличия от центральной части Северного структурного ареала. Детальное рассмотрение строения представленной части разреза галитовой субформации показало, что во всех без исключения скважинах района отсутствует именно нижняя часть разреза субформации, а верхняя часть имеет свою специфику. Так, здесь обычно присутствует репер «шатилковский» (репер «A»), являющийся базальной пачкой найдовских слоев и нижней границей VII пачки галита. Ниже породы подтолщи могут быть замещены на достаточно мощную пачку переслаивающихся известняков, ангидритов, сульфатно-карбонатных пород – слуцкую свиту [1], отложения которой несколько похожи на боричевскую пачку, боричевский резервуар, существенно отличаясь по структуре и внутреннему строению. Отложения слуцкой свиты с позиций нефтеносности разреза также могут быть выделены в качестве отдельного резервуара верхнесоленосной толщи, перспективного для поисков скоплений углеводородов. Это подтверждается при рассмотрении разреза скв. 2 Дроздовская, где их мощность 115 м, а в пачке замещенных отложений галитовой подтолщи, представленной сульфатно-карбонатными породами, наблюдаются как прямые признаки нефтеносности в виде битумов (интервал 963–1016 м), так и присутствие пористых разностей пород. Нами предложено выделить данную свиту как пятый резервуар верхнесоленосного НГК, назвав его слуцким резервуаром верхней соленосной толщи. Выделен он в следующих глубоких скв.: 1–3 Дроздовские, 1 Осовецкая, 6 Северо-Калиновская.

Нефтегазоносный комплекс кристаллического фундамента в пределах СЦД совершенно не изучен – нет информации ни о признаках нефтегазоносности, ни о его коллекторских свойствах.

Выявлению возможных зон нефтегазонакопления на изучаемой территории может способствовать информация о распространении следов миграции нефти в толщах осадочных пород. Проведенные исследования показали, что битумопроявления наблюдаются на разных уровнях вскрываемого разреза, однако максимальное их количество отмечается в отложениях надсолевой толщи, галитовой субформации и I ритмопачки калиеносной субформации. Визуально битумопроявления в соленосных отложениях отмечаются в нескольких видах – включения, прослои или линзы битуми-

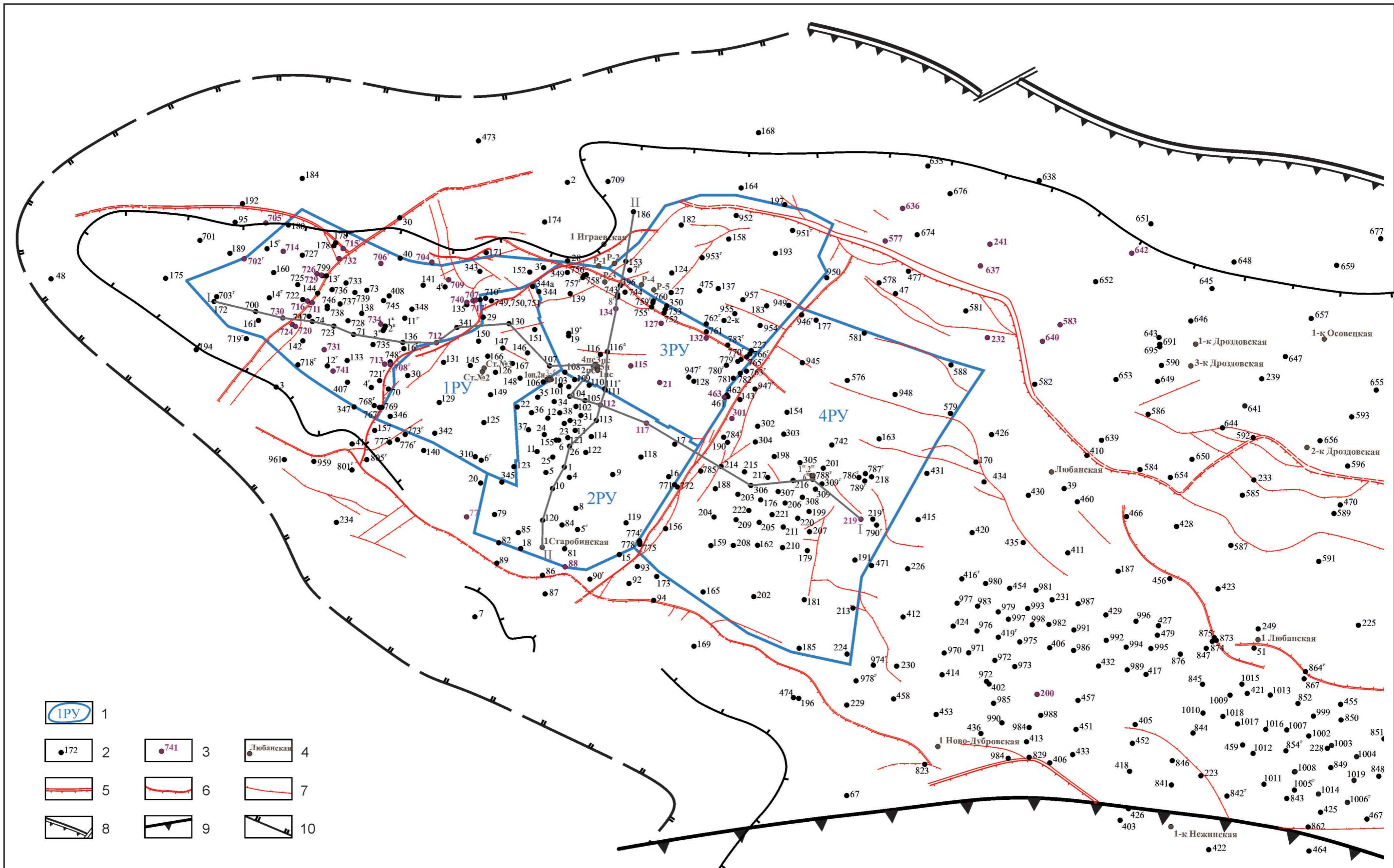


Рисунок – Схематическая карта фактического материала территории исследований

1 – границы шахтных полей и участков, перспективных на разработку калийных солей, 2–4 – скважины (2 – геологоразведочные на калийные соли, не вскрывшие галитовую подтолщу, 3 – геологоразведочные на калийные соли, вскрывшие галитовую подтолщу, 4 – роторные скважины глубокого бурения); 5–7 – тектонические разломы (5 – региональные, 6 – субрегиональные, 7 – локальные); 8 – разрывные нарушения, ограничивающие Припятский прогиб; 9 – граница Северного структурного ареала;

10 – древняя предполагаемая граница распространения галитовой субформации

нозных пород; запах битума; твердые битумы в виде прослоев, вкраплений, прожилок и пленок по трещинам, налетов на плоскостях наслойения, примазок, примесей и так далее; жидкий битум (жидкая нефть, вязкая нефть по порам). Превалируют включения твердых битумов. Проявления жидких битумоидов приурочены к отложениям галитовой субформации, I и II ритмопачкам калиеносной субформации. В породах 12 пачки, подстилающей III калийный горизонт, между зернами в тонких порах наблюдается темное битумное вещество. Битумопроявления отмечаются во всех литологических типах пород. При этом в галитовой субформации максимальное число битумопроявлений приурочено к несолевым породам, а вверх по разрезу калиеносной субформации увеличивается роль битумопроявлений, связанных с каменной солью.

Содержание хлороформенного битумоида в образцах каменной соли низкое и составляет 0,002–0,013%. Тренд распределения сохраняется и согласуется с распределением в образцах $C_{\text{опр}}$. Низкие концентрации характеризуют сингенетичный фон. В составе выделенных битумоидов, полученных на основе тонкослойной хроматографии, преобладают метано-нафтеновые углеводороды (33–46%) и высокомолекулярные соединения (смолисто-асфальтеновая фракция) (41–46%). Содержаниеmonoароматических углеводородов составляет 5–9%, полиароматических – 7,69–11,69%. В калиеносной субформации выявлены проявления асфальтитов (греемитов).

Исследования предыдущих лет [2] показали, что некоторая часть битумоидов в калиеносной субформации претерпела более глубокие изменения, чем в галитовой. Выявлен широкий диапазон качественного состояния битумоидов, что свидетельствует о сложной картине их преобразования. Восстановленность битумоидов калиеносной субформации возрастает с глубиной и в северо-восточной части Припятского прогиба. Здесь отложения калиеносной и галитовой субформаций, не являясь нефтепроизводящими, характеризуются повсеместным наличием следов миграции нефти. Окисленные битумоиды (асфальтиты), особенно в терригенных отложениях, следует связывать с процессами подземного окисления. Хлороформенные битумоиды, извлеченные из образцов несолевых пород, занимают промежуточное положение между нефтями и битумоидами сланцев.

В качестве инсигнитного можно рассматривать рассеянное органическое вещество, связанное с поступлением растительного детрита, и мелко-диспергированное органическое вещество гумусо-

вой и сапропелевой природы, находящееся в микровключениях соляных минералов. Локальные битумопроявления имеют эпигенетическое (аллохтонное) происхождение, определяемое процессами миграции потока флюидов под воздействием факторов катагенеза, захватывающего отложения всего вскрываемого разреза. Об этом же свидетельствует и наличие аллохтонных битумов в надсолевой толще, хотя для включений нафтоидов в каменной соли соленосных толщ Припятского прогиба характерна автохтонная природа.

Рассмотрение взаимоотношения нефтегазоносных и калиеносных комплексов вскрывает проблему основных стратегически важных для экономики Беларуси отраслей – топливно-энергетического комплекса и калийной отрасли. Решить их без детального анализа всех составляющих, в том числе и в первую очередь – геологической, невозможно. Анализ взаимоотношений нефтегазоносных и соленосных структурно-вещественных комплексов основывается на соотношении структурных планов поверхностей выделенных толщ, характере развития дизъюнктивных разрывных нарушений, свидетельствующих об унаследованности тектонического развития территории, оценке характера распространения органического вещества (битуминозности), развития пород-коллекторов в гидрогеологическом разрезе зоны затрудненного водообмена и т. д.

Проведенный комплексный анализ имеющейся информации показал следующее:

1. В западной части Северного структурного ареала Припятского прогиба выделяются верхнесоленосный, межсолевой, подсолевые карбонатный и терригенный нефтегазоносные комплексы осадочного чехла и нефтегазоносный комплекс кристаллического фундамента. Все они в пределах исследуемого района являются потенциально нефтегазоносными, перспективными – имеются прямые признаки нефтегазоносности, они в той или иной степени обладают коллекторскими свойствами. Кроме того, в пределах или в непосредственной близости к изучаемой территории расположены восемь структур фонда, подготовленных к поисковому бурению на нефть (шесть структур по подсолевым отложениям и две в межсолевой толще), а также две структуры фонда, выявленные в подсолевых отложениях. Это подтверждает интерес нефтяников к данной территории и свидетельствует о реальных перспективах поисковых работ на нефть. Вероятность перспектив возрастает в связи с тем, что несколько восточнее Старобинского месторождения расположе-

но несколько разрабатываемых месторождений нефти.

2. Строение и состав верхнесоленосного нефтегазоносного комплекса на северо-западе Припятского прогиба отличается постепенным уменьшением мощностей галитовой субформации с востока на запад от 50–40 м до 15–10 м и до полного выклинивания. Галитовая подтолща представлена только верхней частью разреза, в основном это VII, VI ритмопачки, к востоку – до V. Характерным для участка является наличие здесь в верхах галитовой субформации мощной пачки сульфатно-карбонатных пород, замещающих на разных стратиграфических уровнях типовой разрез (в основном VII и VI ритмопачки) и обладающих коллекторскими свойствами или прямыми признаками нефтегазоносности в керне.

3. Поверхность структурно-вещественных комплексов в пределах изучаемой территории представляет собой погружающуюся в северо-восточном направлении моноклиналь, которая к западу от Центрального разлома разбита на отдельные блоки, ограниченные разрывными нарушениями.

4. Прослежен ряд флексурно-разрывных нарушений преимущественно субширотного и северо-западного простирания, которые представляют собой систему ступенчатых сбросов. Часть разрывных тектонических нарушений в пределах изучаемой территории прослеживается в отложениях осадочного чехла, включая надсолевой девон. Геофизическими исследованиями и бурением скважин установлен блоковый характер фундамента подсолевого ложа, что отражается в строении соленосных отложений. Дислокации пликативного характера проявляются в виде мульдообразных понижений в опущенных крыльях моноклинали.

5. В разрезе нефтеносного комплекса верхнесоленосной толщи в районе Старобинского месторождения из четырех резервуаров (шатилковского, тишковского, кореневского, боричевского) в некоторых скважинах можно выделить только шатилковский резервуар. Однако здесь появляется резервуар, характерный только для Старобинской депрессии и прилегающих районов, отождествляемый с выделенными ранее В.К. Голубцовым в галитовой субформации образованиями слуцкой свиты. Этот выделенный нами резервуар верхнесоленосного нефтегазоносного комплекса предварительно назван слуцким по названию свиты, к которой он приурочен.

6. Мощность перемычки между межсолевым нефтегазоносным комплексом и верхней соленосной толщей изменяется от 55 м в скв. 1 Солигорская до 160 м в скв. 2 Дроздовская с увеличением на восток до 357 м (скв. 5 Северо-Калиновская). В ряде скважин (скв. 1 Старобинская, 1 Ново-Дубровская, 1 Нежинская, 1 Подгорьевская) её мощность существенно сокращается там, где развит слуцкий резервуар в собственно галитовой подтолще (от 44 до 53 м в скв. 1–3 Дроздовские, 1 Осовецкая).

7. Зоны распространения следов миграции нефти в Северном структурном ареале Припятского прогиба приурочены к различным частям верхней соленосной толщи и глинисто-мергелистой подтолще в пределах южной части Червонослободско-Малодушинской ступени.

Особенностью взаимного расположения нефтегазоносных и соленосных комплексов на северо-западе Припятского прогиба в районе Старобинского месторождения калийных солей является то, что в пределах рассматриваемой территории сокращена мощность галитовой субформации, вплоть до ее отсутствия в краевой зоне на западе. В верхах галитовой субформации отмечается мощная пачка сульфатно-карбонатных пород, замещающих на разных стратиграфических уровнях каменную соль и обладающих коллекторскими свойствами, а также прямыми признаками нефтегазоносности в керне. Такое сближение в геологическом разрезе нефтегазоносных комплексов с калиеносной субформацией и возможное вовлечение в ближайшем будущем в геологоразведочный процесс подготовленных к поисковому бурению нефтеперспективных объектов требует быстрой выработки как стандартов проведения поисковых работ, так и принципов разработки полезных ископаемых на территориях, где возможно совмещение в геологическом пространстве нескольких видов минерального сырья для предупреждения (исключения) взаимного влияния разработок и/или минимизации возможных негативных последствий. На примере рассмотрения взаимоотношений нефтегазоносных и калиеносных комплексов предлагается выработать общие стандарты совместной комплексной одновременной или раздельной последовательной отработки разных видов сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубцов, В. К. Данково-лебедянские отложения Припятской впадины / В. К. Голубцов, Г. И. Кедо // Геология и нефтегазоносность палеозойских отложений Припятской впадины. – Минск, 1964. – С. 3–24.
2. Девонские соленосные формации / Р. Г. Гарецкий [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1981. – 208 с.
3. Петрова, Н. С. Современное состояние проблемы освоения территориально совмещенных месторождений калийных солей и нефти в Припятском прогибе / Н. С. Петрова, Н. Ю. Денисова // Літасфера. – 2021. – № 2 (55). – С. 96–103.
4. Программа освоения месторождений полезных ископаемых и развития минерально-сырьевой базы Республики Беларусь на 2011–2015 годы и на период до 2020 года. – Минск, 2012. – 94 с.
5. Ресурсная база углеводородов Республики Беларусь: оценка, тенденции, прогнозы / И. Р. Захария [и др.] // Потенциал добычи горючих ископаемых в Беларуси и прогноз его реализации в первой половине XXI века. – Гомель : РУП «ПО «Белоруснефть», 2012. – С. 77–85.
6. Тектоническое районирование как основа прогноза остаточных перспектив нефтегазоносности Припятского прогиба / В. Н. Бескопыльный [и др.] // Потенциал добычи горючих ископаемых в Беларуси и прогноз его реализации в первой половине XXI века. – Гомель : РУП «ПО «Белоруснефть», 2012. – С. 9–54.

Статья поступила в редакцию 27.09.2022

Рецензент В.И. Пашкевич

УЗАЕМААДНОСІНЫ НАФТАГАЗАНОСНЫХ І САЛЯНОСНЫХ СТРУКТУРНА-РЭЧАВЫХ КОМПЛЕКСАЎ НА ПАЎНОЧНЫМ ЗАХАДЗЕ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ

Н.С. Пятрова, Н.Ю. Дзянісава, І.Р. Захарыя

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»

Філіял «Інстытут геалогіі»

вул. Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь

E-mail: belnigri@list.ru

denisov.nat@yandex.by

ramzes0409@gmail.com

Сустрэчна тэрытарыяльная экспансія работ на нафту і работ на калій – двух асноўных відаў стратэгічнай сыравіны Беларусі – няўхільна вядзе да сітуацыі калізіі інтэрэсаў. На прыкладзе разгляду ўзаемаадносін нафтагазаносных і каліяносных комплексаў, якія знаходзяцца на розных стадыях геолагаразведачнага цыклу, пропануецца выпрацаваць агульныя стандарты прасторава сумешчанай разпрацоўкі розных відаў сырэвіны – ці комплекснай адначасовай, ці паасобнай паслядоўнай. З гэтай мэтай праведзены дэталёвы комплексны аналіз наяўнай інфармацыі па асноўным аб'екце распрацоўкі калійных солей у Беларусі – Старобінскаму радовішчу, дадзена ацэнка перспектывы нафтагазаноснасці паўночнага заходу Прыпяцкага прагіну і разгледжаны варыянты магчымага тэрытарыяльнага сумяшчэння распрацоўкі розных відаў сырэвіны.

RELATIONSHIP OF OIL AND GAS BEARING AND SALT-BEARING STRUCTURAL AND MATERIAL COMPLEXES IN THE NORTH-WEST OF THE PРИPYAT TROUGH

N. Petrova, N. Denisova, I. Zakharia

State Enterprise "RPC for geology"
Branch "Institute of Geology"
7 Kuprevich St, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: belnigri@list.ru
denisov.nat@yandex.by
ramzes0409@gmail.com

The counter-territorial expansion of oil and potassium salts operations – the two main types of strategic raw materials in Belarus – is steadily leading to a conflict of interest. On the example of the relationship between oil and gas-bearing and potassium-bearing complexes at different stages of the exploration cycle, it has been proposed to develop common standards for the spatially combined mining of different types of raw materials, whether it is a complex simultaneous or separate sequential development. To perform this, a detailed comprehensive analysis of the available information on the main object of potassium salts development in Belarus – the Starobinskoye field – has been conducted, an assessment of the prospects for oil and gas potential of the north-west of the Pripyat trough has also been carried out and options for a possible territorial combination of the development of different types of raw materials have been considered.

КАРЫСНЫЯ ВЫКАПНІ

УДК 553.63: [549+552] (476)

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ КАЛИЙНЫХ РУД ЗАЛЕЖЕЙ ПРИПЯТСКОГО КАЛИЕНОСНОГО БАССЕЙНА

Н.С. Петрова, Н.Ю. Денисова

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

Филиал «Институт геологии»

ул. Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь

E-mail: petrova@gmail.com

denisov.nat@yandex.by

За последние годы в формировании минерально-сырьевой базы и устойчивом развитии горно-перерабатывающего комплекса калийной промышленности возросла роль и значение минералого-технологических показателей. В работе рассматриваются требования к технологической изученности калийных залежей Припятского калиеносного бассейна. Несмотря на то, что разработка калийных руд в Республике Беларусь ведется с середины прошлого столетия, целенаправленных работ по минералого-технологическому изучению не проводилось. Не существует унифицированной методики геолого-технологической оценки запасов калийных руд при проведении геологоразведочных работ и освоении месторождений. Основной недостаток проводимых геолого-технологических исследований – отсутствие полного учета изменчивости вещественного состава руд в пространстве и степени обогатимости различных типов и разновидностей калийных руд, поэтому даже самый тщательный отбор и изучение представительных проб, являющихся основой технологической оценки запасов, не дают должного эффекта.

Экономические показатели работы калийной промышленности тесно связаны с эффективностью взаимодействия минерально-сырьевого и горноперерабатывающего комплексов. Дальнейшее освоение калийных месторождений Припятского калиеносного бассейна в значительной степени определяется параметром «оценка качества» минерального сырья, объединяющего результаты всего комплекса исследовательских методов контроля. Качество руды минерально-сырьевого объекта определяют структурно-текстурные особенности, форма нахождения полезного компонента (свободная или в срастании), общий минеральный состав. Полезное ископаемое становится минеральным сырьем только после его технологического изучения.

Между степенью разведенности месторождения и изученностью природных и технологических типов и сортов руд существует четкое соответствие, определяемое как степень детальности изу-

чения. Геологи, находясь, по меткому выражению специалистов-технологов калийной промышленности, в «голове процесса», должны обеспечивать прогнозно-технологическую оценку калийных солей, то есть определять прогнозные показатели обогащения на основе выявленных связей между минерало-петрографическими особенностями калийных солей в горном массиве и их поведением в процессе технологического передела.

В настоящее время при промышленной оценке месторождений калийных солей на разных стадиях разведки значительно возросла роль технологического изучения запасов сильвинитовых руд, которое уточняет геолого-промышленные параметры и подчеркивает достоверность их определения. Параметры вещественного состава, текстурно-структурные особенности и физико-химические свойства сильвинитов определяют обогатимость калийных руд.

В настоящее время не существует унифицированной методики геолого-технологической оценки запасов калийных руд при проведении геологоразведочных работ. При эксплуатации часто обнаруживается, что вещественный состав руд и их обогатимость изучены недостаточно, выделенные при разведке технологические типы и сорта руд не соответствуют действительным ни по числу, ни по характеристике, ни по локализации в пространстве, а фактические показатели обогащения зачастую ниже проектных. Основной недостаток проводимых геолого-технологических исследований – недостаточно полный учет изменчивости вещественного состава руд в пространстве и обогатимости различных типов и разновидностей калийных руд, поэтому даже самый тщательный отбор и изучение представительных проб, являющихся основой технологической оценки запасов, не дают должного эффекта.

Количественными критериями оценки степени технологической изученности являются:

1) представительность технологических проб (ПРс): $\bar{P}Rc = (\bar{c} - c_1) \cdot 100/\bar{c}$, где \bar{c} – средние значения параметров вещественного состава, c_1 – значения параметров вещественного состава по совокупности проб или представительной пробе (критическое значение критерия для запасов категории А от 10 до 25%). Отдельная технологическая проба считается представительной, если достоверно установленные качественные показатели отличаются от средневзвешенного на величину, не превышающую погрешности определения среднего, то есть соблюдается условие $(\bar{C} - m) < c < (\bar{C} + m)$, где C – значение параметра в технологической пробе; c – среднее значение по характеризуемому объекту; m – погрешность опробования.

$$m = \left(\frac{S_p}{\sqrt{n_p}} + P_{kla\,p} \right) + \left(\frac{S_t}{\sqrt{n_t}} + P_{lab\,t} \right),$$

где S_p, S_t – стандартное отклонение по рядовым и технологическим пробам; $P_{kla\,p}, P_{lab\,t}$ – лабораторная погрешность рядовых и технологических проб; n_o, n_t – число проб рядовых и технологических; 2) соответствие опробованности месторождения детальности технологической классификации запасов; 3) число представительных проб, которое зависит от степени изменчивости параметров вещественного состава, определяемых коэффициентами вариации; 4) воспроизводимость показателей обогащения.

Полноценные технические условия на отбор представительных проб, которые помимо содер-

жаний полезного компонента и вредных примесей, входящих в кондиции, должны характеризовать и другие важнейшие параметры вещественного состава, отсутствуют. Значительную сложность представляют получение необходимого количества материала при отборе технологических проб из керна скважин, а также правильное опробование очистных выработок и всего горного массива в период эксплуатации.

Прогнозно-технологическая оценка запасов, являясь частью геологоразведочного процесса, проводится путем применения комбинированных методов изучения: геолого-петрографического, химико-минералогического и технологического. Требования к ней основаны на следующих принципах: выделение природных генетических типов, оценка обогатимости калийных руд, определение критериев для выделения и характеристики технологических типов и сортов калийных руд, связь этих критериев с показателями обогащения и определение тенденций совершенствования этапов передела, определение четких количественных показателей для отнесения калийной руды к тому или иному технологическому типу (сорту), единобразие норм и признаков, лежащих в основе выделяемых единиц классификации.

При промышленной оценке месторождений калийных солей на разных стадиях разведки значительно возросла роль технологического изучения запасов руд, которое уточняет геолого-промышленные параметры и подчеркивает достоверность их определения. Для оценки достоверности изученности необходимо наличие стандарта нормативных документов, контролирующих степень детальности изучения, определяющих четкое соответствие между степенью разведенности месторождения и изученности природных и технологических типов и сортов руд. Прогнозные показатели обогащения обеспечиваются только на основе выявленных связей между минералого-петрографическими особенностями калийных солей в горном массиве и их поведением в процессе технологического передела.

Параметры вещественного состава, текстурно-структурные особенности и физико-химические свойства определяют обогатимость калийных руд. Следует обратить внимание на необходимость включения показателей обогатимости и при проведении прогнозно-минерагенических исследований, особенно крупномасштабного районирования.

Задача разработки требований к оценке и изучению параметров качества калийных руд,

включая технологическое опробование, была по-
ставлена руководством РУП «Белгеология» в 2006 г.
при проведении научно-исследовательских работ.
Впервые были подробно рассмотрены особенно-
сти изучения технологических свойств калийных
руд Припятского прогиба, выделены критерии
обогатимости и технологические типы сильви-
нитовых руд промышленных горизонтов красно-
цветной ассоциации, подготовлены и согласованы
со специалистами-технологами ОАО «Белгорхим-
пром» «Требования к изучению вещественного со-
става технологических проб сильвинитовых руд».
При составлении требований для обеспечения
полноты геологического изучения, рационального
комплексного использования и охраны недр учтен
ряд директивных и рекомендательных материалов,
практика отбора и испытания технологических
проб [1; 2; 7; 8].

В подготовленном документе рассмотрены технические требования к изучению вещественного состава технологических проб сильвинитовых руд на всех стадиях геологоразведочного процесса на калийные соли и эксплуатационной разведки с целью унификации методических подходов к исследованию вещественного состава технологических проб для получения сопоставимых результатов по всем этапам геологоразведочного процесса и эксплуатации месторождения (участка); согласования разрабатываемых материалов по технологической оценке калийных руд с нормативно-методической документацией Государственной комиссии по утверждению запасов Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, а также других ведомств; учета современных направлений инновационного развития геологической отрасли и перерабатывающих предприятий; обеспечения единой научно-технической политики и управления качеством научно-исследовательских работ в отрасли при технологической оценке калийных руд. Требования подготовлены на основе большого фактического материала по структурно-вещественной характеристике сильвинитовых руд с учетом аналогичных материалов по другим калиеносным бассейнам мира и направлены на оказание практической помощи недропользователям и организациям, осуществляющим подготовку материалов по подсчету запасов полезных ископаемых и представляющим их на государственную экспертизу, а также при составлении ТЭО кондиций на освоение новых участков и месторождений калийных солей в Припятском калиеносном бассейне.

При исследовании минералогического состава узких классов изучается распределение свободных зерен сильвина (или галита) и сростков. Распределение свободного сильвина – один из важнейших параметров, который позволяет выделить представительный класс для обогащения и верхнюю границу раскрытия зерен сильвина. Количество сростков (срастания) и их морфологические особенности значительно варьируют в зависимости от особенностей залежей калийных руд. В качестве примера приведены основные типы зерен и сростков в технологических пробах Старобинского и Петриковского месторождений (рис. 1, 2).

Степень раскрытия определяется для отдельных классов крупности в зависимости от величины зерна и в виде интегральной степени раскрытия (среднее значение неравномерно зернистой измельченной породы). Для полноты идентификации минералогического состава и прогнозной оценки продуктов обогащения проводится фракционный анализ в тяжелых жидкостях с калибронованными величинами плотности (рис. 3).

Коэффициент срастания – частное от деления учетверенной площади F (4F) минерала или мономинерального агрегата на периметр U, измеренный в шлифе [9]. Очевидно, что это соотношение для изометричных (приравненных к шаровидным в объеме) зерен приближается к среднему диаметру. Чем меньше коэффициент, тем сильнее срастание, и наоборот. Если рассматривать два одинаковых по площади зерна, то зерно с большим периметром – сильноросшееся, а с малым – слабосросшееся. Эта зависимость показывает важность исследований формы зерен полезного минерала в породе. По результатам измерений отмечается определенная параллелизация между ходом кривой раскрытия и коэффициентом срастания. Так, в крупнозернистых разностях красных сильвинитов Старобинского месторождения с размером зерен до 5 мм коэффициент срастания составляет 3,1 мм, а для зерен до 3 мм – 1,5 мм. Согласно классификации [9], основная масса сильвинитов с такими параметрами относится к среднесросшимся, и для них возможно достижение раскрытия сильвина до 75% (на руду в целом). По степени раскрытия красные сильвиниты залежей Припятского калийносного бассейна наиболее близки к сильвинитам Верхнерейнского грабена (рис. 4) [4].

Наряду с исследованием гранулометрического спектра, изучается характер срастания полезного минерала с галитом: в шлифах с помощью качественного и количественного определения коэффициента срастания; непосредственным

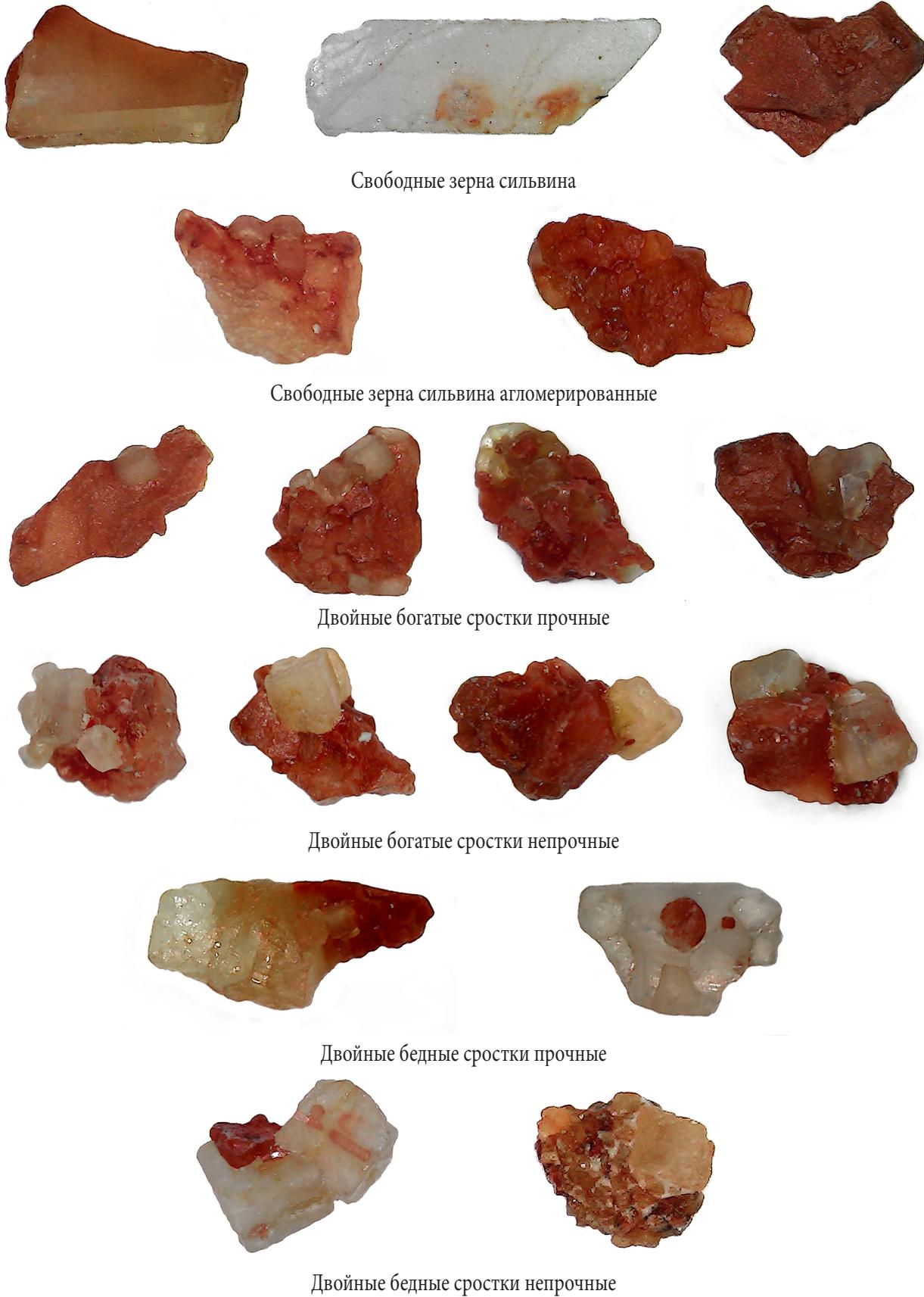


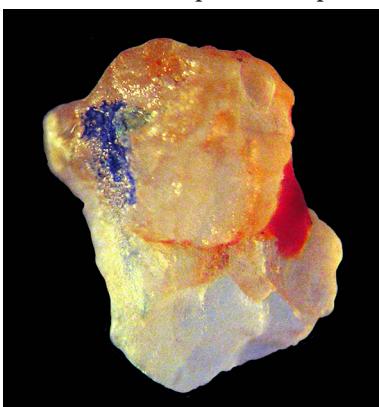
Рисунок 1 – Морфоструктурные особенности калийных руд залежей Старобинского месторождения по материалам исследований технологических проб (класс $-1,25 + 0,8$ мм)



Свободные зерна сильвина



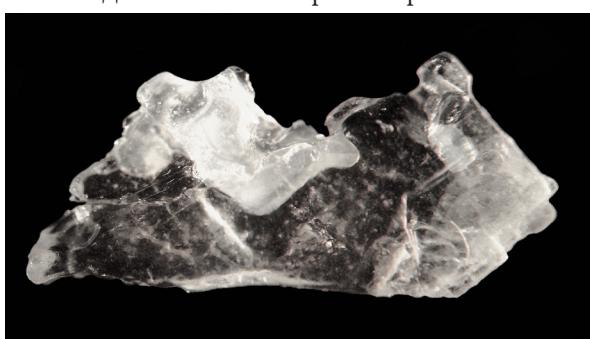
Двойные богатые сростки непрочные



Двойной богатый сросток прочный



Двойной бедный сросток прочный



Двойные бедные сростки непрочные



Рисунок 2 – Морфоструктурные особенности калийных руд залежей Петриковского месторождения по материалам исследований технологических проб (класс -1,25 + 0,8 мм)

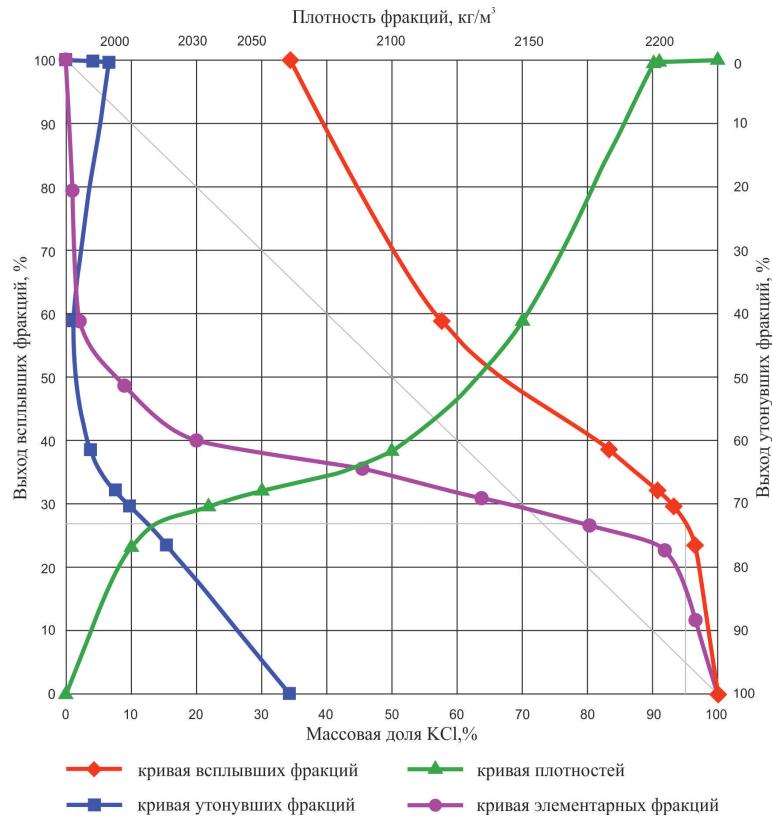


Рисунок 3 – Кривые обогатимости руд крупностью $-3,15 + 0,25$ мм III калийного горизонта Нежинского участка Старобинского месторождения

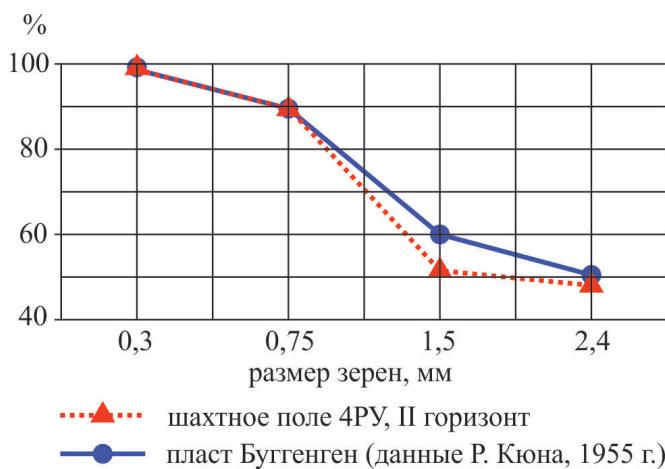


Рисунок 4 – Раскрытие сильвина в сильвинитах II калийного горизонта Старобинского месторождения (шахтное поле 4 РУ) [4] и пласта Буггенген (Верхнерейнский грабен, ФРГ) [9]

получением кривой срастания, где степень раскрытия $A = (\% \text{ свободного сильвина} / \% \text{ свободный} + \% \text{ сросшийся сильвин}) \cdot 100$, представлена в зависимости от величины зерна раздробленной руды и определяется как процентное отношение раскрываемого полезного минерала с содержанием a' к общему содержанию a используемого мине-

рала [9]. Степень раскрытия определяется в зависимости от величины зерна для отдельных классов крупности зерна, а также как среднее значение (равное интегральной степени раскрытия) неравномерно зернистой измельченной породы. Если следует разделить измельченную породу с общим содержанием S полезного компонента на n ситовых фракций и степени раскрытия этих ситовых фракций будут $A_1, A_2 \dots A_n$, их весовые доли $p_1, p_2 \dots p_n$, то получается \bar{A} по следующему расчету:

$$a' = \sum a'_j \cdot p_j / 100 = \sum a'_j / a_i \cdot a_i \cdot p_j / 100 = \sum A_i \cdot a_i \cdot p_j / 100$$

$$S = \sum a'_j \cdot p_j / 100$$

$$\bar{A} = a' \cdot 100 / S = \sum A_i \cdot a_i \cdot p_i / \sum a'_j \cdot p_j = \sum A_i \cdot a_i \cdot p_i / 100S$$

Доля микровключенного сильвина в галите и галите в сильвине оценивается в шлифах. Исследования показывают, что доля микровключений зависит от размера зерна-хозяина и может значительно колебаться по площади распространения и разрезу калийного горизонта.

Информация о характеристиках раскрытия минеральных фаз в руде и продуктах обогащения различной крупности позволяет разработать ра-

циональные принципиальные и технологические схемы обогащения, обеспечить создание ресурсосберегающих технологий и повысить качественно-количественные показатели обогащения.

Разработанные нами принципы и методика минералогического контроля технологических проб были использованы при оценке обогатимости руд нескольких месторождений калийных солей: Страбинского (Красносльбодский, Нежинский, Смоловский участки), Петриковского (горизонт IV-п), Верхнекамского (Палашерский и Белопашинский участки) и Гремячинского (Российская Федерация), Сатимола (Республика Казахстан).

Показана роль минералого-технологических исследований на разных стадиях геологоразведочного процесса и необходимость проведения минералого-технологического картирования, особенно на площадях детальной разведки. Методика проведения минералогического контроля технологических проб представлена в концепции многоцелевого использования прогнозно-технологической оценки калийных солей в соленосных формациях хлоридного типа и на малоизученных бурением территориях. Эта методика является частью разрабатываемой экспрессной оценки минерального сырья на ранних стадиях геологического изучения, которая определяет набор и последовательность операций технологического тестирования. Выходом может служить проведение малообъемного технологического опробования и геолого-технологического картирования. Конечно, для этого требуется решение вопроса об определении необходимой представительной массы технологических проб и создании методики геолого-технологического картирования применительно к калийным месторождениям.

Для Республики Беларусь роль технологической изученности калийных руд в настоящее время значительно возрастает в связи с освоением Петриковского месторождения, разработкой нового для калийной отрасли типа руд в горизонте IV-п. Тем более, что включение в рассмотрение горизонта VI-п на этом месторождении усложнит условия переработки: он является представителем красноцветной гиперсолианой ассоциации, и потребуется решать вопрос о технологическом переделе, в том числе, вполне вероятно, и о шихтовке руд этих горизонтов. Ранее нами уже отмечалось, что для включенного в разработку горизонта IV-п характерна высокая контрастность в характере и структуре изменчивости оценочных параметров, были показаны особенности состава извлекаемых руд, включая структурно-текстурные особенности

соляных пород и галопелитов [3]. По-видимому, за основу принятия решений по разработке Петриковского месторождения было взято представление о невысоком содержании вредных примесей в рудах продуктивных пластов – хлористого магния и нерастворимого остатка. Однако еще в 1974 г. при утверждении запасов было обращено внимание на необходимость проведения дополнительных работ по оценке структурно-текстурных особенностей руд пестроцветной гиперсолианой ассоциации [6], поэтому в то время, несмотря на проведенные детальные геологоразведочные работы, балансовые запасы были классифицированы лишь по категориям C₁ и C₂.

Традиционный подход к оценке запасов месторождений калийных солей, основанный исключительно на данных химического состава руд, постепенно уходит в прошлое. Оценка месторождений с использованием минералогического подхода, основанного на изучении значительного количества минералогических проб и прогнозировании технологических свойств руды, обеспечивает наиболее полный и универсальный способ получения геолого-технологических данных. Кроме того, это позволяет значительно сократить объемы экспериментальных технологических исследований. Для минералогического подхода количественная минералогическая информация необходима как для исходных руд, так и для продуктов их переработки включая концентраты, промпродукты и хвосты.

Современный подход предполагает оценку руды по всему комплексу параметров, не ограничиваясь исключительно содержаниями полезных и вредных компонентов; понимание вариативности вещественного состава и типов руд; проведение подсчета запасов полезного ископаемого с дифференциацией по типам и сортам; обоснованный отбор представительных по всем параметрам проб отдельных типов и сортов руды для лабораторных полупромышленных и промышленных испытаний; создание технологической схемы переработки руд на основе многовариантного анализа с прогнозом показателей для каждого узла; уточнение и развитие геолого-технологической модели по мере освоения месторождения; оперативную оценку возможности оптимизации технологической схемы в связи с изменением конъюнктуры рынка или появлением новых технологий отработки и переработки руд; прогноз технологических показателей на перспективу с целью стабилизации работы горнообогатительного комбината и минимизации разного рода рисков. Для геолого-экономической

оценки месторождения или оптимизации процессов добычи и переработки руд, в том числе для выбора последовательности отработки и уточнения схемы шихтовки руд разных калийных горизонтов, важна информация о распределении основ-

ных компонентов в недрах, характере распределения минеральных фаз по крупности, морфологии, состоянию поверхности, характеру срастания, качеству сростков, пористости и трещиноватости, другим структурно-фазовым параметрам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кодекс Республики Беларусь о недрах : 14 июля 2008 г. № 406-3 : принят Палатой представителей 10 июня 2008 г. : одобр. Советом Республики 20 июня 2008 г. : вступает в силу с 1 янв. 2009 г. – Минск : Амальфейя, 2008. – 135 с.
2. Методические рекомендации по разработке технико-экономических докладов о целесообразности детальной разведки месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев) и обоснованию временных кондиций / ВНИИ экономики минер. сырья и геологоразвед. работ. – Москва : ВИЭМС, 1986. – 224 с.
3. Петрова, Н. С. Минералого-технологические особенности сильвинитовых руд средневерхнефаменской формации Припятского калиеносного бассейна / Н. С. Петрова, Н. Ю. Денисова // Природные ресурсы. – 2010. – № 2. – С. 16–28.
4. Петрова, Н. С. Структурно-вещественная характеристика калийных горизонтов – основа оценки качества калийных руд / Н. С. Петрова // Перспективы производства минеральных удобрений в Республике Беларусь : материалы республ. науч.-практ. конф., Минск, 29 сент. 2005 г. / редкол.: С. А. Меженцева, В. В. Зайцева, Н. М. Стельмах. – Минск : Юнипак, 2005. – С. 34–41.
5. Петрова, Н. С. Структурно-вещественная характеристика калийных руд Петриковского месторождения / Н. С. Петрова, Н. Ю. Денисова // Літасфера. – 2013. – № 1 (38). – С. 30–42.
6. Протокол № 7316 заседания Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (ГКЗ СССР) от 20 декабря 1974 г. – Москва, 1974.
7. Требования промышленности к качеству минерального сырья : справочник для геологов / Гос. геол. ком. СССР ; Всесоюз. науч.-исслед. ин-т минер. сырья «ВИМС». – Москва : Госгеолтехиздат, 1963. – Вып. 22 : Калийные и магнезиальные соли. – 56 с.
8. Удобрения минеральные. Методы испытаний. ГОСТ 21560.0–82 – ГОСТ 21560.3–82, ГОСТ 21560.5–82.
9. Kuehn, R. Die Verwachsungen der Salzminerale in deutschen Salzgesteinen / R. Kuehn // Zeitschrift fuer Erzbergbau und Metallhuettenwesen. Bd. VIII : Beiheft, S. 1955. В 93/B 107.
10. Petrova, N. S. Assessments of the sylvite ore dressability at the Starobin potassium salt deposit / Natalia Petrova, Ludmila Bakhmutskaya, Alesja Zhuravskaya // Geology, Geophysics & Environment. – 2012. – Vol. 38, № 1. – P. 93–97.

Статья поступила в редакцию 06.10.2022

Рецензент В.И. Пашкевич

ПАТРАБАВАННІ ДА ТЭХНАЛАГІЧНАЙ ВЫВУЧАНСЦІ КАЛІЙНЫХ РУД ПАКЛАДАЎ ПРЫПЯЦКАГА КАЛЕНОСНАГА БАСЕЙНА

Н.С. Пятрова, Н.Ю. Дзянісава

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
Філіял «Інстытут геалогіі»
вул. Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь
E-mail: belnigri@list.ru
denisov.nat@yandex.by

За апошнія гады ў фарміраванні мінеральна-сыравіннай базы і ўстойлівым развіцці горна-перапрацоўчага комплексу калійнай прамысловасці ўзрасла роля і значэнне мінералага-тэхналагічных паказчыкаў. У работе разгледжаны патрабаванні да тэхналагічнай вывучанасці калійных пакладаў Прывяцкага каленоснага басейна. Нягледзячы на тое, што распрацоўка калійных руд у Рэспубліцы Беларусь вядзеца з сярэдзіны мінулага стагоддзя, мэтанакіраваных работ па мінералага-тэхналагічным вывучэнні не праводзілася. Не існуе ўніфікованай методыкі геолага-тэхналагічнай ацэнкі запасаў калійных руд пры правядзенні геолагаразведачных работ і засваенні радовішчаў. Асноўны недахоп геолага-тэхналагічных даследаванняў, якія сёння праводзяцца, – адсутнасць поўнага ўліку зменлівасці рэчышнага складу руд у прасторы і ступені ўзбагачальнасці розных тыпаў і разнавіднасцей калійных руд, таму нават самы пільны адбор і вывучэнне прадстаўнічых проб, якія з'яўляюцца асновай тэхналагічнай ацэнкі запасаў, не дае належнага эффекту.

REQUIREMENTS FOR TECHNOLOGICAL EXPLORATION OF POTASH DEPOSITS OF THE PRITYAT POTASSIUM-BEARING BASIN

N. Petrova, N. Denisova

State Enterprise “RPC FOR GEOLOGY”
Branch “Institute of Geology”
7 Kuprevich St, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: petrova@gmail.com
denisov.nat@yandex.by

In recent years there has been a significant growth in the role and importance of mineralogical and technological indicators in the compilation of mineral resource base and the sustainable development of the mining and processing complex of the potash industry. The article examines the requirements for technological exploration of potash deposits of the Pripyat potassium-bearing basin. Despite the fact that potash ore mining in the Republic of Belarus has been done since the middle of the last century, extensive and thorough mineralogical and technological studies have not been carried out. There are no unified methods for the geological and technological assessment of potash ore reserves during geological exploration and development of deposits. The main drawback of the ongoing geological and technological research is the absence of full consideration of the variability of the material composition of ores in space and the degree of dressability of various types and varieties of potash ores. Therefore even the most careful selection and study of the representative samples, which are the basis of the technological assessment of reserves, does not give the desired effect.

Учащиеся гимназии № 5 г. Минска завоевали золотые медали на VI Казахстанской полевой олимпиаде юных геологов

С 22 по 28 июля 2022 г. в Республиканском учебно-оздоровительном центре «Балдаурен», расположеннном в курортной зоне Бурабай (Акмолинская область Республики Казахстан), прошла VI Казахстанская открытая полевая олимпиада юных геологов.

В мероприятии приняли участие 150 учащихся 8–11 классов. Всего было представлено 16 команд из различных городов и стран: Казань (Республика Татарстан, Российская Федерация), Минск (Республика Беларусь), Ташкент (Республика Узбекистан), Нур-Султан, Алматы, Актобе, Караганды, Костанай, Кокшетау, Актау, Уральск, Семей, Шымкент, Рудный, Сатпаев и Индерский район Атырауской области (Республика Казахстан).

Победителями стали белорусские ребята – об этом красноречиво говорят завоеванные золотого достоинства. В состав национальной команды «Юные геологи Республики Беларусь» вошли учащиеся 8–10 классов ГУО «Гимназия № 5 г. Минска имени героев встречи на Эльбе».

Олимпиада состояла из 10 многопрофильных геологических конкурсов: гидрология, геологический маршрут, радиометрия, минералогия и петрография, поиски нефти и газа, палеонтология, шлиховое опробование, геологический разрез, основы техники безопасности, организация полевой стоянки. Они включали теоретические вопросы и выполнение в полевых условиях практических заданий. Белорусы стали призерами во всех конкурсах.

Обучение сборной юных геологов проводилось при непосредственном участии сотрудников филиала «Институт геологии» республиканского унитарного предприятия «Научно-производственный центр по геологии».

Члены национальной команды приняли участие и в ряде геологических конкурсов (геологические памятники, рисунки на геологическую тематику, выставка «Геология и мы» и др.), которые не влияли на общий зачет, где также стали призерами.



На выставке «Геология и мы» была представлена экспозиция «Белорусское Полесье», образцы полезных ископаемых для которой (бурые угли, горючие сланцы, базальты, граниты, калийные соли, образцы керна нефтяных месторождений) предоставили отделы филиала «Институт геологии» и Геологический музей Государственного предприятия «НПЦ по геологии».

Государственное предприятие «НПЦ по геологии» поздравляет ребят и их руководителей с таким важным достижением и желает дальнейших успехов и побед!

XXVI Белорусский энергетический и экологический форум Energy Expo

В период с 11 по 14 октября 2022 г. в г. Минске проходил XXVI Белорусский энергетический и экологический форум.

Цель проведения форума – содействие инновационному развитию топливно-энергетического сектора Беларуси. Ежегодно форум становится уникальным местом встреч энергетиков и экологов, способствуя тем самым расширению сотрудничества, обмену передовыми разработками и проектами. Деловая программа форума включала в себя научно-практические конференции, круглые столы и семинары, на которых эксперты представили современные технологические решения в области энергетики, энергосбережения и экологии.

Государственное предприятие «НПЦ по геологии» представило свою выставочную экспозицию на коллективном стенде Минприроды.



В рамках выставки продемонстрированы научно-производственные достижения предприятия в области геологии. Выставочная экспозиция была представлена рядом новых картографических материалов и научных изданий, в том числе «Геотермическим атласом Беларусь», коллекцией образцов полезных ископаемых Республики Беларусь; работами творческой мастерской (картинами из натурального камня), информационными материалами о направлениях деятельности Государственного предприятия «НПЦ по геологии», а также услугах по проектированию и строительству скважин на воду.

14 октября 2022 г. состоялось закрытие XXVI Белорусского энергетического и экологического форума Energy Expo, на котором Республиканскому унитарному предприятию «Научно-производственный центр по геологии» вручен диплом участника выставки.



Інстытуту геалогіі – 95 гадоў

У лістападзе 2022 г. споўнілася 95 гадоў геалагічнаму інстытуту, які быў створаны на базе геолага-глебазнаўчага падраздзялення Інстытута беларускай культуры. З восені 2018 г. гэта філіял «Інстытут геалогіі» ў складзе Дзяржаўнага прадпрыемства «НВЦ па геалогіі». Спадкаемца акадэмічнага і галіновага геалагічных інстытутаў, Інстытут геалогіі застаецца вядучым цэнтрам навуковага геалагічнага профілю ў Рэспубліцы Беларусь. Зараз тут працуе калектыў навукоўцаў і аднадумцаў амаль з 60 чалавек, у тым ліку 1 акадэмік НАН Беларусі, 1 доктар і 16 кандыдатаў навук.

У Інстытуце штогод праводзяцца навукова-даследчыя і тэматычныя працы па шэрагу мерапрыемстваў і заданняў розных дзяржаўных праграм і праектаў па замовах іншых арганізацый. Кірункі даследаванняў найперш тычацца рэгіональнай геалогіі. Гэта вывучэнне стратыграфіі і тэкtonікі, геалогіі і мінерагеніі крышталічнага фундамента і платформеннага чахла Беларусі, чацвярцёй геалогії, геалогіі і геахіміі нафты і газу, гідрагеалогіі і маніторынгу падземных вод і інш. Інстытут геалогіі – галаўная арганізацыя-выканаўца падпраграмы «Беларускія нетры» дзяржаўной праграмы навуковых даследаванняў «Прыродныя рэсурсы і навакольнае асяроддзе» на 2021–2025 гг. і падпраграмы «Нетры Беларусі» дзяржаўной праграмы «Ахова навакольнага асяроддзя, устойлівае выкарыстанне прыродных рэсурсаў» на 2021–2025 гг. (навуковае забеспеччэнне). У рэшце рэшт праца інстытута накіравана на пошуки новых перспектыўных пляцовак і аб'ектаў, радовішчаў карысных выкапняў, новых відаў мінеральнай сырэвіны. Вынікі даследаванняў укараняюцца ў першую чаргу ў дзейнасць вытворчых падраздзяленняў прадпрыемства – філіялаў «Беларуская комплексная геолагаразведачная экспедыцыя» і «Мазырская нафтараразведачная экспедыцыя глыбокага свідравання». Супрацоўнікі Інстытута геалогіі прымаюць удзел у вызначэнні і аргументаванні прыярытэтных кірункаў геолагаразведачных прац прадпрыемства. Інстытут геалогіі забяспечвае функцыянаванне аспірантуры і дактарантury Дзяржаўнага прадпрыемства «НВЦ па геалогіі», дзе вядзеца падрыхтоўка кадраў вышэйшай навуковай кваліфікацыі ў галіне геолага-мінералагічных навук, і працу савета па абароне кандыдацкіх дысертацый па геолага-мінералагічных навуках. Супрацоўнікі інстытута рыхтуюць да выдання навуковы геалагічны часопіс «Літасфера», друкуюць манаграфіі, атласы, зборнікі артыкулаў па выніках геалагічных даследаванняў, арганізуюць розныя навуковыя і навукова-практычныя мерапрыемствы, здзяйсняюць міжнароднае супрацоўніцтва, падтрымліваюць юнацкі геалагічны рух.

Інституту природопользования НАН Беларуси – 90 лет

В 2022 г. исполнилось 90 лет Институту природопользования НАН Беларуси – организации, проводящей исследования в сфере наук о Земле, в том числе с 2008 г. в области геологии. В Институте природопользования три лаборатории геологического профиля (геотектоники и геофизики, гидрогеологии и гидроэкологии, современной геодинамики и палеогеографии), объединенные в Центр литосферы и минерагении.

Основные направления работ лаборатории геотектоники и геофизики: изучение геотектонических особенностей территории Беларуси, исследование региональных геофизических полей и разработка методики их комплексной интерпретации, организация и сопровождение геологических научно-исследовательских работ в Антарктиде.

Лаборатория гидрогеологии и гидроэкологии занимается изучением процессов формирования ресурсов и химического состава подземных вод Беларуси, решением вопросов их защиты от истощения и загрязнения. Разрабатываются геолого-гидрогеологические обоснования выбора участков строительства особо ответственных инженерных объектов, выполняется оценка водозащитных свойств толщ горных пород для обеспечения безопасной эксплуатации калийных рудников.

В лаборатории современной геодинамики и палеогеографии исследуются особенности развития современных геологических процессов, оцениваются их негативные последствия с целью районирования территорий по степени комфорtnости геологической среды для жизнедеятельности населения, проводятся разработка и совершенствование стратиграфических схем неогеновых, четвертичных и позднеледниково-голоценовых отложений Беларуси.

В Институте природопользования НАН Беларуси осуществляется подготовка научных кадров в аспирантуре по специальности 25.01.01 – общая и региональная геология (геолого-минералогические науки).

ТАТЬЯНА БОРИСОВНА РЫЛОВА

(К 75-летию со дня рождения)

18 августа 2022 г. исполнилось 75 лет Татьяне Борисовне Рыловой – известному белорусскому ученому-палинологу, доктору геолого-минералогических наук, доценту, главному научному сотруднику Института природопользования НАН Беларуси.

Татьяна Борисовна родилась в Минске. В 1965 г. окончила среднюю школу № 1 г. Минска и поступила на вечернее отделение биологического факультета Белгосуниверситета. В студенческие годы работала в спорово-пыльцевой лаборатории Института геологии Министерства геологии БССР в должности старшего лаборанта под руководством к. г.-м. н. Г.И. Кедо. После окончания БГУ в 1971 г. поступила в очную аспирантуру Института геохимии и геофизики АН БССР, где обучалась под руководством академика Г.И. Горецкого и лидера белорусских палинологов-четвертичников Н.А. Махнac, занималась палинологическими исследованиями неогеновых отложений Белорусского Понеманья. Полученные материалы легли в основу защищенной в 1979 г. диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности «палеонтология и стратиграфия» на тему «Палинологическое обоснование стратиграфии неогеновых отложений Белорусского Понеманья», опубликованную впоследствии в виде монографии. В ней впервые на основании данных спорово-пыльцевого анализа было выполнено детальное расчленение неогеновых отложений этого региона на верхнемиоценовые, нижне-, средне- и верхнеплиоценовые. Установлены характерные для каждого из перечисленных стратиграфических уровней спорово-пыльцевые комплексы и произведено их сопоставление с аналогичными комплексами других регионов.

С 1975 г. Татьяна Борисовна работала в должности младшего научного сотрудника, с 1983 г. – старшего научного сотрудника лаборатории геологии антропогена Института геохимии и геофизики АН БССР. С 1997 г. – ведущий научный сотрудник, с 2006 г. – главный научный сотрудник лаборатории геодинамики и палеогеографии кайнозоя Института геохимии и геофизики НАН Беларуси, с 2008 г. – главный научный сотрудник лаборатории геодинамики и палеогеографии Института природопользования НАН Беларуси, в котором работает до сих пор. В 1988 г. ей было присвоено ученое звание старшего научного сотрудника, а в 2009 г. путем ностирификации – ученое звание доцента по специальности «геология».

В дальнейшем научные интересы Татьяны Борисовны были сосредоточены на палинологическом изучении как верхнеолигоценовых и неогеновых, так и четвертичных отложений Беларуси. Полученный обширный фактический материал позволил подготовить и защитить в 2003 г. докторскую диссертацию «Палиностратиграфия отложений верхнего олигоцена и неогена Беларуси и закономерности развития флоры и растительности» (специальность «палеонтология и стратиграфия»). Было дано палинологическое обоснование нового варианта стратиграфической схемы неогеновых отложений Беларуси с выделением трех надгоризонтов (бриневского, антопольского и колочинского) и восьми горизонтов. Выполнено палиностратиграфическое расчленение верхнеолигоценовых и неогеновых отложений на 34 пыльцевых комплекса, 18 из которых имеют региональное значение и лежат в основе корреляции этих образований Беларуси с одновозрастными отложениями России, Украины, Польши, Литвы и других стран. Детальные палинологические исследования позволили Т.Б. Рыловой существенно расширить и уточнить таксономический состав позднеолигоценовой и неогеновой флоры территории Беларуси. Выявлено 327 таксонов древесных, травянистых и споровых растений, относящихся к 172 родам из 110 семейств. Описаны 3 новых для науки вида *Itea*, 2 вида *Fagus*, 1 вид *Pinus*, 5 видов *Azolla*.

В дальнейшем основным направлением научной работы Татьяны Борисовны являлось изучение проблем стратиграфии кайнозойских отложений, эволюции флоры и растительности в палеогене, нео-



геме и квартере, реконструкция палеогеографических условий формирования кайнозойских отложений на территории Беларуси.

Научные результаты, полученные Татьяной Борисовной, послужили палинологическим обоснованием стратиграфических схем неогеновых и четвертичных отложений Беларуси 2010 г. В 2019 г. при участии Т.Б. Рыловой обосновано понижение нижней границы квартера на территории Беларуси до уровня 2,58 млн лет.

На протяжении многих лет Татьяна Борисовна проводит совместные исследования со специалистами из Польши, Литвы, России и Украины, была научным руководителем и участвовала в выполнении ряда международных проектов.

Полученные Т.Б. Рыловой научные результаты опубликованы в более чем 250 печатных работах, в числе которых 8 монографий.

Татьяна Борисовна пользуется заслуженным уважением и авторитетом в коллективе. Ей присущи оптимизм, жизнерадостность и душевная теплота.

Сердечно поздравляем Татьяну Борисовну с юбилеем и желаем ей здоровья, счастья, благополучия и новых успехов в научной деятельности!

Коллеги, друзья, редколлегия

ВІКТОР СТЕПАНОВИЧ КОНИЩЕВ
 (2.03.1936–3.03.2022)

3 марта 2022 г. закончил земной путь известный белорусский ученый в области геотектоники Виктор Степанович Конищев, доктор геолого-минералогических наук, лауреат Государственной премии БССР в области науки и техники.

Родился Виктор Степанович 2 марта 1936 г. в с. Лукашкин Яр Александровского района Томской области в многодетной семье. В 1948–1954 гг. жил в г. Талгаре Алма-Атинской области Казахской ССР, где окончил среднюю школу с золотой медалью. После окончания с отличием в 1959 г. Казахского государственного университета им. С.М. Кирова (Алма-Ата) по специальности «поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений» почти 8 лет работал коллектором, участковым геологом, старшим геологом в организациях треста «Актюбиннефтегазразведка», изучал геологическое строение восточной части Прикаспийской впадины.

В 1966 г. В.С. Конищев был приглашен на должность старшего геолога – руководителя тематической группы Комплексной тематической партии треста «Белнефтегазразведка» (Гомель), где применил свой опыт полевых исследований Прикаспийской впадины для изучения нефтеносной области Беларуси – Припятского прогиба. В ходе работы в производственных геологических организациях Казахстана и Беларуси у Виктора Степановича проявился талант исследователя, позволивший ему после 3 лет обучения в заочной аспирантуре Института геологических наук Госгеолкома СССР (Минск) в 1969 г. защитить кандидатскую диссертацию «Сравнительный анализ строения, формирования и нефтеносности соляных структур Припятской и восточной окраины Прикаспийской впадины». В 1970 г. молодой талантливый ученый стал руководителем группы тектоники Тематической партии объединения «Белоруснефть» (Гомель).

В 1972 г. В.С. Конищев был приглашен на должность старшего научного сотрудника в только что сформированный под руководством Р.Г. Гарецкого отдел (с 1977 г. – лаборатория) геотектоники Института геохимии и геофизики АН БССР. С этого времени начинается наиболее плодотворная научная деятельность Виктора Степановича. Он занимается исследованием различных аспектов тектоники и геодинамики Припятского прогиба и других осадочных бассейнов.

Виктор Степанович участвовал в создании всех монографических обобщений по тектонике Беларуси. За разработку Тектонической карты Белоруссии масштаба 1:500 000 и монографию «Тектоника Белоруссии» ему в составе авторского коллектива присуждена Государственная премия БССР за 1978 г.

При всей многогранности научных интересов в центре внимания В.С. Конищева была соляная тектоника (галокинез). В течение четырех лет в минском издательстве «Наука и техника» выходят три монографии В.С. Конищева, принесшие ему широкую известность в Советском Союзе и за рубежом. Их названия говорят сами за себя: «Тектоника областей галокинеза древних платформ (Южно-Американская, Африкано-Аравийская и Австралийская)» (1980), «Тектоника областей галокинеза Восточно-Европейской и Сибирской платформ» (1982), «Сравнительная тектоника областей галокинеза древних платформ» (1984). Последняя из них, по существу, стала докторской диссертацией, которую он защитил в 1985 г. в Московском геологоразведочном институте им. С. Орджоникидзе. За цикл научных работ, включающий названные монографии, В.С. Конищев в 1997 г. был удостоен премии НАН Беларуси.

С 1986 г. Виктор Степанович работает главным научным сотрудником лаборатории геотектоники академического Института геохимии и геофизики, с 2008 г. – в отделе геологии нефти и газа Белорусского научно-исследовательского геологоразведочного института, а затем – в отделе стратиграфии и тектоники Научно-производственного центра по геологии.

В.С. Конищев активно работал до выхода на пенсию в 2014 г. В последние 10 лет трудовой деятельности в сферу его внимания попали тектонические аспекты образования бурых углей, давсонита и проблемы алмазоносности территории Беларуси. В 2006 г. ему была назначена стипен-



дия Президента Республики Беларусь за выдающийся вклад в социально-экономическое развитие Республики Беларусь.

Виктор Степанович, обладавший аналитическим складом ума и феноменальной работоспособностью, являл собой пример классического академического ученого, постоянно штудирующего научные публикации советских и зарубежных геологов по интересующей его тематике. Картотека изученных им статей и книг размещалась в большом каталожном шкафу. В.С. Конищев собрал и постоянно пополнял уникальный архив сотен каротажных диаграмм глубоких скважин Припятского прогиба, других нефтегазоносных бассейнов. Многие из этих диаграмм он копировал сам, не считаясь с тратой времени на техническую работу. Не пропускал он ни одной из полевых экспедиций, организуемых Институтом геохимии и геофизики НАН Беларуси, в ходе которых заверял геофизические данные каротажных диаграмм, изучая керн глубоких скважин. Внимательное и бережное отношение к отбору и анализу фактического материала, характерное для работы Виктора Степановича, давало ему уверенность в обоснованности новых научных идей и концепций, которые он излагал в своих публикациях, общее число которых насчитывает 14 монографий, 7 карт геологического содержания, 212 статей в научных журналах и сборниках, 39 тезисов докладов и около 330 статей в научно-популярных, справочных и энциклопедических изданиях.

В.С. Конищев занимался также педагогической и научно-организационной деятельностью. В течение ряда лет он по совместительству работал профессором кафедры динамической геологии БГУ (курсы лекций «Геология нефти и газа», «Учение о геологических формациях»), был членом и ученым секретарем Экспертного совета ВАК Беларуси, многие годы был членом Диссертационного совета при Институте геохимии и геофизики НАН Беларуси.

Мы сохраним светлую память о Викторе Степановиче Конищеве.

Коллеги

ПЁТР ЗАХАРАВІЧ ХОМІЧ
 (28.06.1937–22.09.2022)

22 верасня 2022 г. пайшоў з жыцця Пётр Захаравіч Хоміч – адзін з лідараў беларускай геалогіі, выдатны арганізатор геолагаразведачнай вытворчасці, былы намеснік генеральнага дырэктара і галоўны геолаг РУП «Белгеалогія», член-карэспандэнт Беларускай інжынернай акадэміі.

Ён нарадзіўся 28 чэрвеня 1937 г. у с. Старыкі Гарохаўскага раёна Валынскай вобласці (Украіна).

Пётр Захаравіч скончыў геалагічны факультэт Львоўскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Івана Франка па спецыяльнасці «разведка радовішчаў карысных выкапняў» і шэсць гадоў пасля вучобы працаўаў у геалагічных арганізацыях Сярэдняй Азіі і Сібіры на пасадах геолага, начальніка атрада, начальніка паліевых геолага-пошукавых партый.

41 год П.З. Хоміч працаўаў у Беларусі, дзе прайшоў шлях ад радавога геолага да намесніка генеральнага дырэктора РУП «Белгеалогія» – аднаго з кіраўнікоў геалагічнай службы Рэспублікі Беларусь. Дзякуючы прыроджанаму таленту кіраўнік ён 38 гадоў займаў кіруючыя пасады.

Пётр Захаравіч унёс велізарны ўклад у развіццё геолагаразведачнай галіны і мінеральна-сыравіннай базы Беларусі.

За гады працы пад яго кіраўніцтвам і пры непасрэдным узделе выканана даразведка ўнікальнага Страбінскага радовішча калійных солей; адкрыта і разведана Акцябрская радовішча калійных солей; разведаны і падрыхтаваны да прамысловага асваення буйнейшае ў Еўропе Камунарскае радовішча цементнай сыравіны, радовішчы гранітаў (Мікашэвіцкае, Сітніцкае і Глушкавіцкае), даламітаў (Гралёва), ablіцовачнага каменя (Кар'ер Надзея), бурых вугалёў (Жыткавіцкае і Брынёўскае), шкляных пяскоў (Гарадное), фармовачных глін (Астражанскае), мелу і сілікатных пяскоў (Хаціслаўскае), трэпелаў (Стальное), прамысловых расолаў (Барысаўскае), шматлікія радовішчы прэнсных і мінеральных падземных вод; выканана папярэдняя разведка Брынёўскага радовішча гіпсу, Тураўскага і Любанскаага – гаручых сланцаў, Арэхаўскага і Прыйгранічнага – фасфарытаў, Дзедаўка і Сітніца – каалінаў і інш.

П.З. Хоміч з'яўляўся паслядоўным прыхільнікам пошукаў у нашай краіне новых відаў карысных выкапняў, увядзення у распрацоўку разведеных радовішчаў. Пад яго кіраўніцтвам былі адкрыты трубкі выхуху ў Гомельскай вобласці, дадзена ацэнка прамысловай значнасці Аколаўскага і Навасёлкаўскага радовішчаў жалезных руд.

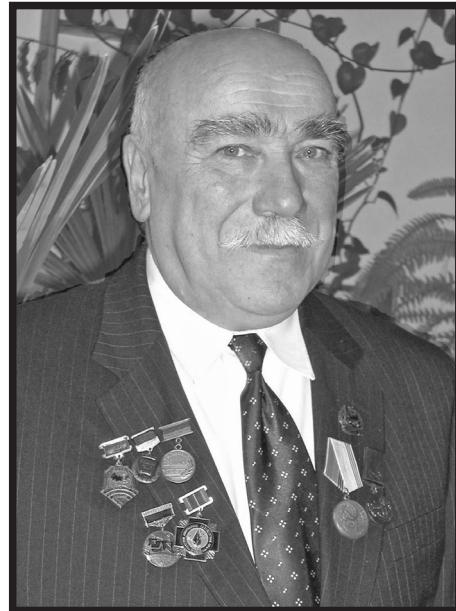
Пётр Захаравіч з'яўляўся адным з асноўных распрацоўшчыкаў некалькіх галіновых і дзяржаўных праграм геолагаразведачных работ па развіцці мінеральна-сыравіннай базы Беларусі, па якіх ажыццяўляліся планаванне, фінансаванне і выкананне пошукаў і разведкі карысных выкапняў і суправаджальных навуковых даследаванняў у краіне. Ён быў намеснікам старшыні Навукова-тэхнічнага савета РУП «Белгеалогія», намеснікам старшыні Рэспубліканскай камісіі па запасах карысных выкапняў, галоўным рэдактарам і арганізатарам выдання фундаментальнай манографіі «Полезные ископаемые Беларуси» (2002).

П.З. Хоміч годна прадстаўляў Беларусь падчас камандзіровак у Расіі, Украіне, Чэхіі, ЗША, Аўстраліі і іншых краінах, дзе яскрава асвятляў дасягненні беларускіх геолагаў.

Урадавыя ўзнагароды сведчаць аб прызнанні заслуг Пятра Захаравіча перад дзяржавай. Ён лаўрэат Дзяржаўнай прэміі Рэспублікі Беларусь у галіне навукі і тэхнікі, Ганаровы разведчык нетраў СССР, Заслужаны геолаг Рэспублікі Беларусь.

П.З. Хоміч адзначаўся высокім прафесіяналізмам, выключнай інтуіцыяй, уважлівымі адносінамі да людзей, прыроднай дабрынёй. Усё гэта дало яму прызнанне, павагу і аўтарытэт сярод калег і знаёмых.

Пётр Захаравіч Хоміч назаўсёды застанецца ў памяці ўсіх тых, хто яго ведаў і працаўаў з ім.



Калегі, сябры

ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ, ПЕДАГОГ, ИНТЕЛЛИГЕНТ, ВЕРНЫЙ ДРУГ

19 мая 2022 г. утром в 9:00 позвонил Олег Айзберг: «Прошло два часа, как умер папа!» Для меня уход Романа Ефимовича Айзберга был особенно тяжелым, так как наш жизненный путь со временем студенчества многими чертами был схожен. Мы то встречались, то расходились, но в конце концов подружились и в Беларуси практически стали неразлучны.

Роман Айзберг, как сообщается в справочном издании «Национальной Академии наук Беларусь. Персональный состав, 1928–2018» (Минск, «Беларуская навука», 2018), родился 16.06.1933 г. в г. Артемовске Донецкой обл. (Украина). Он был на пять лет и шесть мес. младше меня.

Я в 1952 г. окончил Московский нефтяной институт с присвоением квалификации «горный инженер-геолог». Р.Е. Айзберг окончил Новочеркасский политехнический институт в 1956 г. и стал также горным инженером-геологом. Еще в июле 1948 г. на практике в Цимлянской у меня и Ольги Егоровой – редкой красоты студентки Новочеркасского политехнического института – вспыхнула взаимная симпатия. Заехав к Ольге, я смог ознакомиться с институтом, в котором учился и Роман Айзберг.

В 1957–1964 гг. Р.Е. Айзберг был геологом и начальником партии Юго-Восточной Каракумской геологической экспедиции Управления геологии при Совмине Туркменской ССР. Я в 1952 г. был принят в Институт геологических наук АН СССР, зачислен в отдел тектоники, группу Александра Леонидовича Яншина. Мне пришлось изучать самые различные территории, но я не покидал изучать Туранскую плиту, в которую частично входит и Туркмения.



РОМАН ЕФИМОВИЧ АЙЗБЕРГ
(1933–2022)

В сентябре 1960 г. Межведомственная комиссия по изучению палеогена провела экскурсию, в которой приняли участие самые известные специалисты по этой геологической системе (к сожалению, А.Л. Яншин и В.В. Меннер не смогли приехать). Наша полевая группа получила большую пользу от дискуссий выдающихся ученых. Тогда на туркменской части экскурсии я впервые познакомился с Р.Е. Айзбергом.

Несколько позже, в 1960-е гг., была образована Каракалпакская АССР. Тогда столицу Нукус привели в порядок: заасфальтировали основные улицы; разбили новые парки, в которых выделялись пирамидальные тополя; построили новую гостиницу со специальными помещениями для проведения конференций, кинозалом и т. д. Было решено организовать здесь весьма представительную научно-практическую конференцию. Собрались специалисты из Узбекистана, Туркмении, Казахстана, где функционировали многочисленные разнопрофильные геологические организации и учреждения, которые интенсивно вели всю гамму научных, поисковых и других работ. Были заслушаны очень интересные доклады, выступления с представлением важных фактических материалов (карт, разрезов и т. д.). Тут мы, Роман Ефимович и я, смогли познакомиться друг с другом довольно основательно.

Состав участников конференции был в основном молодым, причем многие приехали прямо с полевых работ. После завершения заседаний вечером все разбрелись в кафе, на танцы; загремела музыка, песни – радость молодости, встреч, новых знакомств охватила большинство из нас. Роман Ефимович и я пошли в парк, где были небольшие ларечки и можно было купить разную вкуснятину, приобрести бокалы с пивом или даже вином. Мы этим воспользовались, взяли бутылочку приятного вина и еще разное к нему, уединились в глубине сквера, уселись на уютную скамейку (даже со столиком) и под звуки удаленной музыки повели интересную беседу, во время которой выявились общие интересы – не только геологические, но и самые различные. Роман Ефимович рассказал, что его партия проводит средне-

масштабную съемку северо-западного взгорья Гиссарского хребта, а также анализ и обобщение материалов геолого-геофизических и геологоразведочных работ на нефть и газ. Уже тогда выводы этих исследований по стратиграфии нефтегазоперспективных комплексов восточной Туркмении имели большое научное и практическое значение. Особенно важными были открытие Р.Е. Айзбергом солянокупольных структур в зоне Репетекского глубинного разлома и тектоническое районирование северо-восточной Туркмении. В журнале «Геология нефти и газа» он опубликовал статью «О солянокупольном поднятии в Юго-Восточных Каракумах и возрасте слагающих их отложений» (1960). Я рассказал о своих исследованиях Туранской плиты, в том числе ее туркменской части, и, в частности, о моей статье (совместно с А.Л. Юревичем) «К вопросу о происхождении Репетекской и Байрамалийской зон соляных антиклиналей в юго-восточной Туркмении» (1964) в научном журнале «Доклады АН СССР», которую мы писали, не зная об открытиях Р.Е. Айзберга.

Мы настолько увлеклись беседой, что просидели в нашем уютном уголке до середины ночи. Мне Роман Ефимович очень понравился во всех отношениях. Совпадение некоторых общих тем работ не вызвало никакой обиды, а, наоборот, увеличило взаимную симпатию. У нас возникли дружеские отношения.

После завершения конференции Р.Е. Айзберг и я решили посетить большую команду геофизиков под руководством выдающегося специалиста Ю. Година, которые проводили сейсморазведочные работы в Туркмении. На небольшом самолете мы летели над протяженным массивом песков Каракум, где дули мощные потоки ветра и нас, как щепки, кидало то вниз, то вверх, то в одну, то в другую сторону, и, наконец, мы приземлились в Ашхабаде.

* * *

В начале 1960-х гг. Р.Е. Айзберг поступил в аспирантуру Института геологии и разработки горючих ископаемых (Москва), которую окончил в срок, и уже в 1963 г. защитил кандидатскую диссертацию на основе богатых принципиально новых материалов, полученных по Туркмении.

Выводы исследований Р.Е. Айзберга имели настолько большое фундаментальное и прикладное значение, что вошли составной частью в известное многотомное издание «Геология СССР. Туркменская ССР» (т. 23, 1972). В этом направлении у нас получилась «корреляция»: я был одним из редакторов и авторов двухтомного издания «Геология СССР. Западный Казахстан» (т. 21, 1970).

В январе 1969 г. в Геологическом институте АН СССР я защитил докторскую диссертацию на тему «Тектоника молодых платформ Евразии», причем оппонирующей организацией стал институт, где Р.Е. Айзберг защищал кандидатскую.

* * *

В 1965 г. Р.Е. Айзберг переехал в Минск и в Белорусском научно-исследовательском геологоразведочном институте (БелНИГРИ) Управления геологии при Совмине БССР начал заниматься изучением тектоники, региональной и нефтяной геологии территории Беларуси. Тогда он еще не знал, что внесет выдающийся вклад в белорусскую геологию, станет одним из ее лидеров, подготовит для нее доктора и восемь кандидатов наук. Счастливое возвращение моих уже пожилых родителей в Минск привело в 1972 г. и к моему переезду и поступлению на работу в Институт геохимии и геофизики АН БССР. Таким образом, с перерывом в семь лет мы с Романом Ефимовичем встретились вновь.

Наша первая общая публикация «Сарматско-Туранский линеамент земной коры» (Р.Г. Гарецкий, Р.Е. Айзберг, А.М. Синичка) вошла в сборник (1971), посвященный 60-летию академика Александра Леонидовича Яншина.

Р.Е. Айзберг и я совместно организовали ряд исследований и важных мероприятий по тектонике и перспективам поисков полезных ископаемых в Беларуси и соседних областях. В октябре 1972 г. в Гомеле провели совещание «Проблемы тектоники Припятского прогиба»; в 1974 г. был опубликован сборник под таким же названием.

В программу отдела общей и региональной тектоники Института геохимии и геофизики АН БССР на 1972–1975 гг. я запланировал тему по тектоническому районированию территории нашей республики, в результате выполнения которой в 1976 г. были изданы «Тектоническая карта Белоруссии и сопредельных территорий» и монография «Тектоника Белоруссии» (главный редактор Р.Г. Гарецкий, заместитель главного редактора Р.Е. Айзберг).

Помнится, если в Минске поддержки, разрешения и финансирования на издание карты и монографии мы добились достаточно быстро, то в Москве мне пришлось с огромной помощью А.Л. Яншина (Отделение геологии, геофизики и геохимии АН СССР) добраться до начальника Главного управления геодезии и картографии при Совмине СССР И.А. Кутузова и получить разрешение.

За эту работу Государственной премии БССР 1978 г. были удостоены Р.Г. Гарецкий, Р.Е. Айзберг, В.А. Богино, Б.В. Бондаренко, Г.В. Зиновенко, В.С. Конищев, В.Н. Макаревич, В.И. Пасюкевич.

* * *

В Минске мы подружились семьями, поэтому очень часто собирались по разным поводам дома. Причин для этого было много: дни рождения, праздники, приезд общих знакомых и т. д. Супруга Романа Ефимовича Элеонора Михайловна всем (особенно мне) очень понравилась – миловидная, спокойная, улыбчивая, доброжелательная. Моя жена Валентина также была очень гостеприимной, веселой, хозяйственной. Обстановка наших встреч всегда была очень дружественная, непринужденная, заполненная смехом, шутками, юмором. Валя имела приятный голос, и мы периодически наше веселье дополняли песнями. Вспоминаю, как 7 декабря 1973 г. мне стукнуло 45 лет, и мы не только с моими геологическими друзьями, но и с родителями Гаврилой Ивановичем Горецким и Ларисой Иосифовной Горецкой отметили этот юбилей, причем, как всегда, тамадой был Роман Ефимович.

* * *

В марте 1972 г. в Минске прошло учредительное собрание по созданию Комиссии по тектонике Белоруссии и Прибалтики. Председателем Комиссии выбрали Р.Г. Гарецкого, а руководителями секций: Белоруссии – Р.Е. Айзberга, Литвы и Калининградской области – П.И. Сувейзиса, Латвии – А.П. Брангулиса, Эстонии – В. Пуура. Уже в мае 1973 г. в Вильнюсе прошло заседание данной комиссии, где мы с Р.Е. Айзбергом сделали доклад о методике составления тектонических карт.

Для проведения полевых работ и поездок в другие города на заседания Комиссии по тектонике Белоруссии и Прибалтики, для конференций и встреч с геологами и геофизиками производства и научно-исследовательских институтов мы пользовались небольшими автобусами автобазы АН БССР.

В мае 1974 г. в Риге мы проводили III годичное совещание Комиссии по тектонике Белоруссии и Прибалтики, посвященное теме «Разломы Белоруссии и Прибалтики». Взяли с собой супруг Элеонору Михайловну и Валентину Яковлевну и дочерей Лену и Ольгу, так как хотелось, чтобы они также ознакомились с прекрасным городом, который раскинут в месте впадения широкой Даугавы в Рижский залив. Роман Ефимович и я посетили Всесоюзный научно-исследовательский институт морской геологии и геофизики (директор – член-корреспондент АН Латвийской ССР Карл Яковлевич Спрингис), в котором работали известные ученые-геологи. С помощью Арниса Петровича Брангулиса мы также ознакомились с деятельностью Управления геологии при Совете Министров Латвийской ССР, его руководством и специалистами. Затем прошло заседание комиссии со многими интересными докладами и увлекательной дискуссией. Р.Е. Айзберг и я сделали доклад «Разломная тектоника Белоруссии и смежных областей». Наши экскурсии тем временем с большим удовольствием погуляли по тенистым аллеям города, осмотрели ряд достопримечательностей. Потом мы уже все вместе прослушали концерт органной музыки в уникальном Домском соборе.

На IV годовое совещание комиссии, которое проходило 24–25 марта 1975 г. в Таллине, мы той же веселой командой выехали на несколько дней раньше, чтобы у нас с Романом Ефимовичем было время изучить выходы отложений низов платформенного чехла, которые на территории Беларуси в основном залегают довольно глубоко.

Таллин поразил нас своими дворцами, красивыми зданиями, которые прекрасно вписаны в гористый рельеф Вышгорода – исторического ядра столицы Эстонии. Большое впечатление произвела на нас красивая бухта с кораблями, парусниками и моторными лодками.

Совещание было посвящено теме «Проблема унаследованности и новообразования тектонических структур в Прибалтике и Белоруссии». Вступительное слово произнес старейший академик АН ЭССР К.К. Орвику. Было заслушано 16 докладов. От Беларуси выступили Р. Айзберг, Р. Гарецкий, Э. Левков, Г. Зиновенко, И. Тышкевич. По итогам совещания был опубликован сборник «Проблемы унаследован-

ности тектонических структур в Прибалтике и Белоруссии» под редакцией Х. Вийдинга и В. Пуура (Таллин, 1979).

В годовое совещание прошло 20–25 мая 1976 г. в Минске и было посвящено теме «Региональная тектоника Белоруссии и Прибалтики». В совещании приняли участие около 150 представителей научных и производственных организаций Беларуси, Литвы, Латвии, Эстонии, России, Украины. Был заслушан 21 доклад. На следующий год под редакцией Р.Г. Гарецкого вышел в печать сборник «Региональная тектоника Белоруссии и Прибалтики» (Минск, «Наука и техника», 1977).

* * *

Естественно, мы с Р.Е. Айзбергом вместе занимались не только делами Комиссии по тектонике Белоруссии и Прибалтики, но и решением различных вопросов, возникающих в Беларуси и других странах. Часто мы ездили в Гомель, где в тресте «Белнефтегазразведка» обсуждали места заложения скважин для поисков месторождений нефти. В сентябре 1973 г. мы во Львове участвовали в работе Республиканского совещания по проблеме «Тектоника и полезные ископаемые запада Украинской ССР», которое проходило в конференц-зале Института геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР. Вступительное слово произнес председатель Оргкомитета академик АН УССР О.С. Вялов. Р.Е. Айзберг и Р.Г. Гарецкий сделали доклад «К методике составления региональных тектонических карт (на примере территории Белоруссии)». Эта поездка для нас была очень полезной, так как позволила познакомиться (а позднее и подружиться) со многими ведущими представителями геологии и геофизики Украины.

В 1974 и 1976 гг. мы ездили в Чернигов, где находится Черниговский филиал УкрНИГРИ, с геологами которого (Ю. Арсирием, Л. Цыпко и др.) у нас сложились добрые отношения. Они тогда составляли серию геологических карт Припятско-Днепровского прогиба и объяснительную записку к ним. Припятскую часть делали мы и поэтому вместе анализировали геолого-геофизический материал. Позже вся серия карт и объяснительные записки к ним были опубликованы в Киеве и Львове. Это солидное обобщение получило хорошие отзывы, и им многие пользовались. В Чернигове мы обычно останавливались в палатах на берегу красивой речки Десны – левого притока Днепра. Оттуда мы ехали в Киев для ознакомления с различными материалами в геологических организациях науки и производства. Места для нашего лагеря мы выбирали в красивейшем лесном массиве под Киевом. Чернигов и Киев очаровали своей красотой, многочисленными памятниками, интересной историей, богатой культурой.

В 1979 г. Р.Е. Айзберг закончил книгу «Структура и формации чехла запада Русской плиты и их эволюция», которую представил как докторскую диссертацию на Ученый совет геологического факультета Московского госуниверситета. Когда я работал в Геологическом институте АН СССР (Москва), то был членом этого Ученого совета и поддержал докторанта перед бывшими моими коллегами (особенно ученым секретарем профессором А.Ф. Якушевой). Р.Е. Айзберг успешно защитил диссертацию и на ее автореферате сделал надпись «Дорогому Радиму Гавриловичу, без которого не было бы этой работы».

* * *

С 1975 г. одним из наиболее важных и интересных был проект № 86 МПГК «Восточно-Европейская платформа (северо-западный край)». Р. Гарецкий был руководителем советской части, включающей Белоруссию (Р. Айзберг), Россию, Москву (В. Колчанов), Украину (В. Глушко), Молдавию (А. Друме, В. Няга), Прибалтику (П. Сувейздис, А. Брангулис, В. Пуура); ученым секретарем была Г. Зиновенко. Роман Ефимович участвовал во многих аспектах работы над проектом. Так, в самом начале он разрабатывал легенду палеотектонических карт. В 1981 г. под редакцией Р.Г. Гарецкого вышел сборник «Геология запада Восточно-Европейской платформы» (Минск, «Наука и техника») с эмблемой проекта. В сборнике опубликована статья Р.Е. Айзберга, Р.Г. Гарецкого «Общие особенности доплитных и плитных этапов развития древних платформ». В том же издании, а позже в монографии «Тектоника запада Восточно-Европейской платформы» (1990) опубликован раздел «Тектоническое и палеотектоническое районирование по времени формирования платформенных структур» (Р.Е. Айзберг, Р.Г. Гарецкий).

1–5 апреля 1986 г. в ГДР состоялось XI (заключительное) совещание проекта МПГК № 86. Советская делегация была достаточно представительной – девять человек (в том числе и Р.Е. Айзберг). Приняли участие представители восьми стран (Великобритании, ГДР, Дании, ПНР, СССР, ФРГ, ЧССР, Швеции),

а также директор Департамента наук о Земле ЮНЕСКО (Париж) профессор, доктор В. Шибрава. Сообщение «О связях между Сарматско-Туранским и Корнуэлл-Реногерцинским линеаментами» сделали Р.Е. Айзберг и Р.Г. Гарецкий. Один день был выделен на культурную программу: нас познакомили с городом Виттенбергом – местом жизни и деятельности церковного реформатора и гуманиста Мартина Лютера, основателя лютеранства. У участников проекта было двоякое чувство: с одной стороны, мы радовались и гордились, что выполнили такую большую, очень важную и нужную работу, а с другой, жалели, что наш такой отличный коллектив одних из лучших знатоков геологии Европы, который искренне, усердно, по-дружески решал наиважнейшие проблемы, уже не будет существовать в полном составе.

* * *

В 1980–1984 гг. Роман Айзберг в составе группы советских геологов-нефтяников был в командировке в ГДР. Он работал главным специалистом-консультантом по тектонике в Центральном геологическом институте Министерства геологии ГДР (Берлин). Руководителем всей советской группы был наш друг, который возглавлял украинскую команду проекта МПГК № 86 член-корреспондент АН УССР Василь Глушко из Львова. Мы, сотрудники Института геохимии и геофизики АН БССР, всегда, когда приезжали в Берлин, встречались с ними, причем они помогали познакомиться с новыми геолого-геофизическими материалами. Между академиями наук и министерствами бывают непростые отношения: первые имеют большие возможности для обработки геолого-геофизических материалов, а вторые добывают и владеют большинством фактических данных бурения, геофизических исследований и т. д. Из-за этого между ними возникает соревнование за приоритет в авторстве открытий. В ГДР была такая же ситуация: наши коллеги из АН ГДР не имели новых материалов, которые им не давало Министерство геологии, и «академики» чувствовали себя обделенными, не зная самых современных наиважнейших геологических фактов. Мы были гостями АН ГДР, поэтому и к нам со стороны Министерства геологии и его Центрального института тоже были осторожные отношения. Но благодаря друзьям-консультантам нам удавалось познакомиться со многими фактами. Эти знания, в частности, позволили более правильно показать на тектонической карте строение Северогерманского-Польской депрессии.

Обычно нас поселяли в хорошей гостинице «Беролина» на пр. Карла Маркса. Роман Айзберг с женой и сыном Олегом – очень живым, умным школьником начальных классов – жили в хорошей квартире дома в самом центре Берлина на Александплац, где находится телевизионная вышка, а немного дальше древняя красивая Мариенкирхе, а напротив – Ратуша. Отсюда отходит одна из самых красивых магистралей – Унтер-ден-Линден, на которой построены древние памятники архитектуры – цейхгауз (здесь Музей немецкой истории, государственная опера, университет им. Гумбольдта, государственная библиотека). Магистраль пересекает р. Шпрее, которая образует остров, где размещаются интереснейшие Музей Боде, Музей Пергамон, Национальная галерея. Дальше мимо театра «Комише Опер» можно дойти до знаменных Бранденбургских ворот.

В свободное время я навещал своих друзей, и мы, чаще всего с Романом, ходили по Берлину. Он, уже хорошо знавший город, знакомил меня с интересными местами. Несколько раз заходили на выставки. В том числе вспоминаю выставку популярного французского художника испанского происхождения Пикассо – одного из крупнейших представителей авангардизма.

Директор Центрального геологического института Министерства геологии ГДР Карл Шмидт, как и наш Василь Глушко, были участниками войны, оба летчиками. Они хорошо понимали друг друга и подружились. Периодически, особенно в дни каких-нибудь праздников, Карл Шмидт проводил встречи некоторых представителей советской группы и немецких специалистов. Я тоже раза два был на таких встречах. Всегда был богатый стол с напитками. Оба наших руководителя как былье фронтовики любили выпить. Вспоминаю, как они уже на подпитии сидели рядом в обнимку, и Глушко спрашивал у Шмидта: «Скажи, Карл, откровенно, как на духу, бомбил ты меня или нет?» Выяснилось, что нет, так как они были в разных местах. Тогда они поднимали еще по одной чарке за то, чтобы никогда не было войны, а были мир и дружба.

* * *

Несмотря на довольно солидный возраст и относительно плохое самочувствие, Роман Ефимович в начале 2020-х гг. удивительно активно работал. Результаты оригинальных, не имеющих аналогов исследований, обобщенные в виде монографии (под общей редакцией Р.Е. Айзберга и Я.Г. Грибика), вызвали у меня, рецензента, искреннее восхищение. Это книга «Нетрадиционные источники углеводородного сырья в недрах Беларуси: геологические аспекты» (Минск, «Беларуская навука», 2022). В ней дана оценка потенциала нетрадиционных ресурсов углеводородов на территории нашей страны, указаны направления геологоразведочных работ на перспективу путем анализа геологических, геофизических и геохимических данных в Припятском, Оршанском, Подлясско-Брестском бассейнах, а также на основе изучения структурно-вещественных характеристик низкопроницаемых формаций с рассеянной битуминозностью, а также структур с тяжелыми нефтями. В этой работе приведены выводы относительно широкого развития в девонских отложениях Припятского прогиба низкопроницаемых нефтеперспективных полуколлекторов.

Из других публикаций последнего периода стоит отметить следующие статьи: 1) Грибик Я.Г., Айзберг Р.Е., Гарецкий Р.Г. Системные исследования приоритетных геологических объектов в Припятском прогибе с целью увеличения углеводородного ресурсного потенциала // Доклады Национальной академии наук Беларусь. 2021. Т. 65, № 5; 2) Айзберг Р.Е., Грибик Я.Г., Гарецкий Р.Г. Тектонические особенности бассейнов запада Восточно-Европейской платформы // Доклады Национальной академии наук Беларусь. 2022. Т. 66, № 1; 3) Айзберг Р.Е., Грибик Я.Г., Гарецкий Р.Г. Древние осадочные бассейны запада Восточно-Европейской платформы: тектонические аспекты нефтегазоносности // Материалы III Тектонического совещания «Тектоника и геодинамика земной коры и мантии: фундаментальные проблемы». Том 1. Межведомственный комитет РАН, 2022.

Роман Ефимович навечно вписал свое славное имя в науку и производство Беларуси и Туркменистана.

Академик Р.Г. Гарецкий

АЛЕКСАНДР КИРИЛЛОВИЧ КАРАБАНОВ
(25.10.1952–03.08.2019)

25 октября 2022 г. исполнилось бы 70 лет А.К. Карабанову – известному белорусскому ученому-геологу и организатору науки, специалисту в области четвертичной геологии и палеогеографии, геоморфологии, новейшей тектоники и неогеодинамики, доктору геолого-минералогических наук, академику Национальной академии наук Беларусь, профессору.

Александр Кириллович родился в Минске, здесь окончил специализированную среднюю школу № 24, во время обучения в которой приобрел знания основ естественнонаучных дисциплин и овладел на высоком уровне немецким языком. В 1969 г. поступил на географический факультет Белорусского государственного университета. В студенческие годы принимал участие в экспедициях по изучению озер Белорусского Полесья, организуемых профессором О.Ф. Якушко, а также в сезонных полевых геологических работах под руководством академика АН БССР Г.И. Горецкого. С отличием окончил университет в 1974 г. и сразу же поступил в очную аспирантуру Института геохимии и геофизики АН БССР, где под научным руководством профессора Э.А. Левкова занимался изучением закономерностей строения новейших геологических формаций, ледникового седименто- и морфогенеза, гляциотектоники. Итогом этих исследований стала защита в 1983 г. кандидатской диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. В 1991 г. А.К. Карабанову присвоено ученое звание старшего научного сотрудника, а в 1992 г. он возглавил лабораторию геологии и геодинамики Института геологических наук НАН Беларусь.



В последующие годы Александр Кириллович занимается изучением вопросов неотектоники и неогеодинамики территории Беларусь и смежных регионов Восточно-Европейской платформы в тесном сотрудничестве с академиками Р.Г. Гарецким и А.В. Матвеевым, членом-корреспондентом Р.Е. Айзбергом, профессором Э.А. Левковым и зарубежными учеными. В этом научном направлении он достиг значительных результатов. В ходе реализации проекта № 346 Международной программы геологической корреляции ЮНЕСКО «Неогеодинамика депрессии Балтийского моря и прилегающих областей» (1994–1997) им разработана оригинальная комплексная методика реконструкции амплитуд неотектонических движений в области дремненатерикового оледенения, сформулирована концепция неотектонической эволюции и неогеодинамики территории Беларусь и смежных областей западного сектора Евразийской литосферной плиты. Кроме того, проведено неотектоническое районирование Западной и Центральной Европы, выделены главные геодинамические факторы, определявшие характер геологических процессов в новейшее время. А.К. Карабанов предложил методику составления неотектонических карт на основе картографирования структурно-формационных комплексов платформенного чехла. Результатом выполненных исследований явилась защита в 2002 г. диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук «Неотектоника Беларусь». Эта работа получила высокую оценку геологов нашей страны, а также коллег из России, Украины, Польши и стран Прибалтики и легла в основу двух монографий.

В 2004 г. А.К. Карабанов был избран членом-корреспондентом, а в 2014 г. – академиком Национальной академии наук Беларусь; в 2011 г. ему присвоено ученое звание профессора по специальности «геология». С 2008 по 2019 г. Александр Кириллович возглавлял Институт природопользования НАН Беларусь и созданную в его структуре лабораторию геодинамики и палеогеографии. В это период, несмотря на большую занятость организационной деятельностью, он продолжал активно вести научные исследования, а также был вовлечен в педагогический процесс, более 20 лет проработав по совместительству в должности профессора кафедры динамической геологии БГУ. Под руководством Александра Кирилловича выполнен комплекс научно-исследовательских работ, связанных с обоснованием выбора площадки для размещения

Белорусской АЭС, разработан прогноз и основы формирования стратегии изучения и освоения минерально-сырьевых ресурсов Беларуси. В последние годы А.К. Карабанов много внимания уделял радоновой проблематике. Совместно с академиком А.В. Матвеевым и М.И. Автушко им были изучены особенности распределения на территории Беларуси объемной активности радона в наиболее распространенных типах четвертичных отложений и коренных пород платформенного чехла и кристаллического фундамента. Выделены радоновые аномалии в приповерхностных отложениях, построена схема районирования территории Беларуси по степени радоновой опасности. Обоснованы мероприятия по минимизации возможного негативного влияния радоновых аномалий на геоэкологическую обстановку, разработаны рекомендации по проведению постоянного мониторинга объемной активности радона и состояния здоровья населения в наиболее радиоопасных зонах.

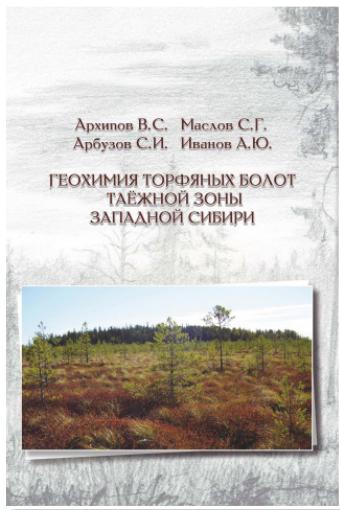
А.К. Карабанов являлся организатором и научным руководителем Государственной программы социально-экономического развития и комплексного использования природных ресурсов Припятского Полесья (2010–2015), государственной целевой программы «Мониторинг полярных районов Земли и обеспечение деятельности арктических и антарктических экспедиций» (2011–2015), государственных программ научных исследований «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал» (2011–2015 гг.), государственной программы научных исследований «Природопользование и экология» на 2016–2020 гг. и др.

Результаты творческой деятельности А.К. Карабанова изложены в более чем 400 научных и научно-популярных публикациях, в том числе 30 монографиях и других книжных изданиях, отражены в полу сотне карт геологического содержания. Подготовил кандидата наук.

Плодотворная научная деятельность Александра Кирилловича получила общественное признание. Он был награжден медалью «За трудовую доблесть» (1973), Премией Национальной академии наук Беларуси за цикл работ «Разломы земной коры Беларуси: теоретические и прикладные аспекты» (2008), медалью Франциска Скорины (2018), нагрудным знаком Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь «Ганаровы эколаг» (2019), многочисленными грамотами и благодарственными письмами.

Вот уже больше трех лет Александра Кирилловича нет с нами. Его отличали доброжелательность, широкая эрудированность, интеллигентность, добродушие, отзывчивость. Таким его запечатлели в памяти коллеги, друзья, ученики.

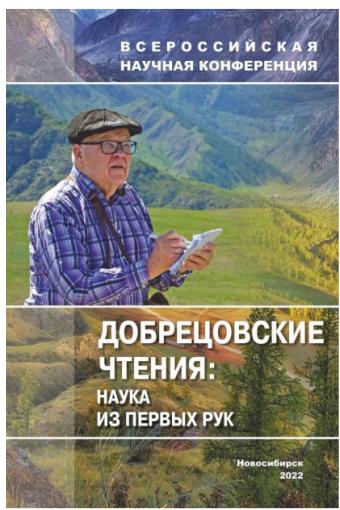
*Р.Г. Гарецкий, А.В. Матвеев, А.А. Махнач, Я.Г. Грибик,
Е.А. Кухарик, В.С. Хомич, Г.А. Камышенко, Т.Б. Рылова*



Геохимия торфяных болот таёжной зоны Западной Сибири / В. С. Архипов [и др.]. - Новосибирск : СО РАН, 2022. - 210 с.

Представлены результаты многолетних комплексных исследований геохимии торфов юго-западной части Западно-Сибирской плиты. На основе данных современных количественных методов анализа оценены уровни накопления 26 химических элементов в 36 месторождениях и их средние содержания в торфах таежной зоны Западной Сибири.

Монография рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся вопросами геохимии, экологии и комплексного освоения месторождений торфа.



Добречовские чтения : наука из первых рук : материалы Первой Всероссийской научной конференции, посвященной памяти выдающегося ученого и организатора науки академика РАН Николая Леонтьевича Добречова Новосибирск, 1–5 августа 2022 г. / програм. и орг. комитет: А. Э. Конторович [и др.] ; Отд-ние наук о Земле РАН [и др.]. - Новосибирск : СО РАН, 2022. - 378 с.

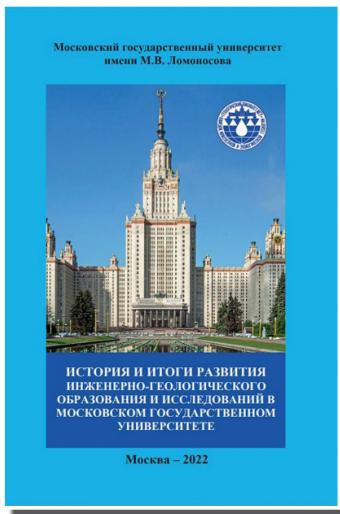
В сборнике представлены труды Первой Всероссийской научной конференции, посвященной памяти выдающегося ученого и организатора науки академика РАН Николая Леонтьевича Добречова. Основные разделы конференции: «Академик Н.Л. Добречов – организатор науки», «Геодинамика, геомеханика и геофизика», «Глобальная геодинамика и корреляция геологических процессов».



Гирин, Р. Э. Тектоно-геодинамический анализ мощности земной коры запада Восточно-Европейской платформы / Р. Э. Гирин. - Минск : Беларусская наука, 2022. - 110 с.

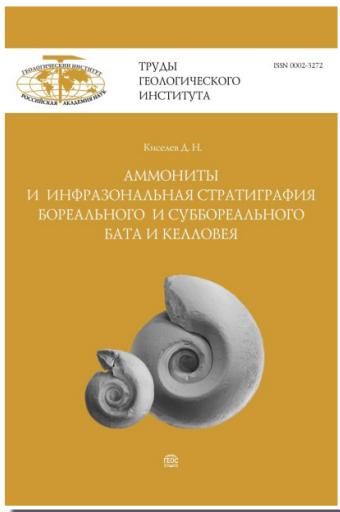
В монографии приведены результаты многолетних исследований глубинного строения литосферы территории Белорусско-Прибалтийского региона. Построена трехмерная модель его консолидированной земной коры, опирающейся на данные международных профилей ГСЗ-КМПВ: EUROBRIDGE-95, -96, -97; POLONAISE-97 P4; CELEBRATION-2000 CEL05 и GEORIFT-2013. Изложены результаты тектоно-геодинамического анализа распределения мощности земной коры запада Восточно-Европейской платформы. Установлены закономерности пространственного размещения разнотипных блоков консолидированной коры, различающихся мощностью и соотношением основных слоев. Показана связь щитов и региональных структур платформенного чехла с суммарной мощностью и разнотипной блоковой делимостью консолидированной коры. Установлены три главных типа соотношений мощности консолидированной коры и платформенного чехла для региональных тектонических структур запада Восточно-Европейской платформы.

Адресуется геофизикам и геологам научных и производственных организаций, а также аспирантам, магистрантам и студентам учебных заведений.



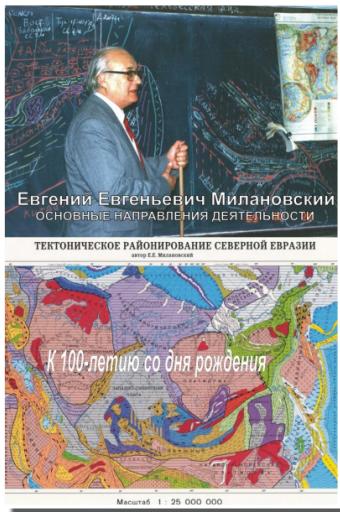
История и итоги развития инженерно-геологического образования и исследований в Московском государственном университете / В. Т. Трофимов [и др.] ; под ред. В. Т. Трофимова, В. А. Королева. – Москва : ООО «Сам Полиграфист», 2022. – 440 с.

В издании, выпущенном в преддверии 270-летия МГУ, впервые в полном объеме отражена история и итоги развития инженерно-геологического образования и научных исследований в Московском государственном университете, история кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.



Киселев, Д. Н. Аммониты и инфразональная стратиграфия бореального и суббореального бата и келловея / Д. Н. Киселев ; отв. ред. В. А. Захаров. – Москва : ГЕОС, 2022. – 667 с. – (Труды Геологического института ; вып. 628).

Монография посвящена аммонитам и инфразональной стратиграфии батского и келловейского ярусов Европейской России, Украины и прилегающих районов Северного Кавказа, а также высокоширотных регионов Северного полушария (Северная Сибирь, Земля Франца-Иосифа, Южная Аляска, Британская Колумбия, Восточная Гренландия). В ней затронуты фундаментальные проблемы инфразональной биостратиграфии и обосновано использование инфразональных подразделений (биогоризонтов) в качестве минимальных по объему биостратонов. Получены принципиально новые данные по эволюции аммонитов верхней части средней юры. В результате проведенных исследований решена важная научная проблема: установлены закономерности стратиграфического и биogeографического распространения аммонитов в батских и келловейских отложениях бореальных и высокобореальных регионов Северного полушария.



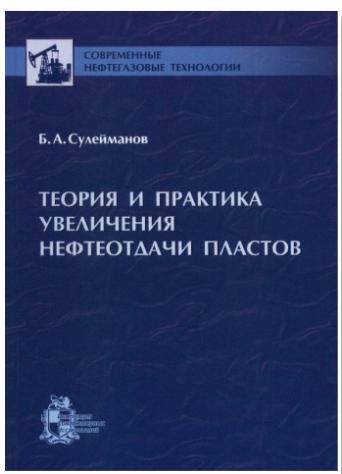
Евгений Евгеньевич Милановский – основные направления деятельности. К 100-летию со дня рождения / З. В. Тимофеева, Л. И. Иогансон, Т. Ю. Тверитинова. – Москва : Изд-во «Перо», 2022. – 315 с.

Книга знакомит читателя с основными направлениями научной и творческой деятельности академика Е.Е. Милановского (1923–2012) – выдающегося геолога XX – начала XXI в. Приведенные избранные статьи Е.Е. Милановского, расположенные в хронологическом порядке, отражают широту и эволюцию его взглядов на различные проблемы геологии нашей планеты.



Природная среда Антарктики: междисциплинарные подходы к изучению : сб. материалов IV Международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию Государственного учреждения «Республиканский центр полярных исследований», Домжерицы, 21–23 сент. 2022 г. / редкол.: В. Ф. Логинов [и др.]. – Минск : БГТУ, 2022. – 284 с.

В сборник включены доклады IV Международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию Государственного учреждения «Республиканский центр полярных исследований» (21–23 сентября 2022 г.; на базе Государственного природоохранного учреждения «Березинский биосферный заповедник», пос. Домжерицы, Витебская область, Республика Беларусь).



Сулейманов, Б. А. Теория и практика увеличения нефтеотдачи пластов. Современные нефтегазовые технологии / Б. А. Сулейманов. – Ижевск : Издво «ИКИ», 2022. – 286 с.

В книге рассматриваются теоретические и практические основы методов повышения нефтеотдачи пластов. Представлена информация о геологии нефтяных месторождений, классификации углеводородов и запасов нефти, первичных и вторичных методах извлечения нефти.

Подробно проанализированы современные методы увеличения нефтеотдачи. Серьезное внимание уделено принципам выбора МУН для конкретного месторождения и технологии его реализации в промысловых условиях. По каждому из методов дается опыт его применения на нефтяных месторождениях в различных регионах мира. Отдельная глава посвящена инновационным МУН, которые находятся в стадии разработки или опытно-промышленного внедрения. Приведены также принципы экономической оценки МУН.

Книга предназначена для студентов нефтяных вузов, а также инженеров, занимающихся практической реализацией МУН.



Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории / И. В. Бычков, Д. П. Гладкоуб, Г. М. Ружников (отв. ред.). – Новосибирск : Сибирское отделение РАН, 2022. – 345 с. – (Интеграционные проекты СО РАН).

Коллективная монография представляет опыт авторов по разработке и внедрению методов и технологий комплексного экологического мониторинга Байкальской природной территории на основе цифровых платформ, обеспечивающих сбор, хранение, обработку, анализ больших массивов разнородных пространственно-временных данных, а также комплекса математических и информационных моделей, сервисов и методов машинного обучения. Исследования проводились по шести направлениям: формирование цифровой платформы экологического мониторинга и прогнозирования, мониторинг экстремальных природных явлений и антропогенных выбросов в атмосфере, мониторинг гидрологических режимов водоемов, оценка экологических рисков состояния растительного покрова, мониторинг экстремальных геологических и эколого-геохимического процессов, медико-экологический и эпидемиологический мониторинг.

навуковае выданне

ЛІТАСФЕРА

2 (57)

2022

Карэктары Н. Я. Анапрээнка, К. І. Вяргейчык-Лабецкая, А. В. Шарпіла
Дызайн, камп'ютарная вёрстка, рэдагаванне табліц і малюнкаў Д. В. Макарэвіча

Падпісана ў друк 25.11.2022 г. Фармат 60x90 1/8. Лічбавы друк.
Гарнітура Minion Pro. Ум. друк. арк. 24,64. Ул.-выд. арк. 15,66.
Наклад 100 экз. Заказ 1164.

Заснавальнік: Рэспубліканская ўнітарнае прадпрыемства
«Навукова-вытворчы цэнтр па геалогіі».
Вул. Купревіча, 7, 220141, Мінск, Беларусь.
Тэл. (+375 17) 248 69 24.
E-mail: litasfera@geologiya.by.
www.lithosphere.by.

Republican Unitary Enterprise "Research and Production Centre of Geology".
7 Kuprevich St, 220141, Minsk, Belarus.

Паліграфічнае выкананне:
дзяржаўная ўстанова «Нацыянальная бібліятэка Беларусі».
ЛП № 02330/182 ад 30.07.2009.
Пр. Незалежнасці, 116, 220114, Мінск.
Тэл. (+375 17) 293 27 68. Факс (+375 17) 266 37 23. E-mail: edit@nlb.by.