

ЗМЕСТ

■ ГЕАЛОГІЯ

У.І. Талсташэў, С.А. Кручак, П.А. Сахарук
СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТАРЫСТЫКА ПАВЕРХНІ АДКЛАДАЎ
ФРАНСКАГА ЯРУСА ВЕРХНЯГА ДЭВОНА БРАГІНСКА-
ЛОЕЎСКАЙ ПЕРАМЫЧКІ І СУМЕЖНЫХ ТЭРЫТОРЫЙ
(ПАЎДНЁВЫ ўСХОД БЕЛАРУСІ) 3

І.А. Красоўская, І.І. Косінава, С.В. Андрушка,
А.І. Паўлоўскі, А.М. Галкін
КЛАСІФІКАЦЫЯ АПОЎЗНЯЎ І МАШТАБЫ ІХ
РАСПАЎСЮДЖВАННЯ НА ТЭРЫТОРЫ БЕЛАРУСІ 20

■ ПАЛЕАНТАЛОГІЯ І СТРАТЫГРАФІЯ

Д.П. Плак
НОВЫ ВІД ПРАМЯНЁВАПЭРАЙ РЫБЫ (OSTEICHTHYES,
ASTINOPTERYGII) З ВЕРХНЕЭМСКІХ І АСНАВАННЯ
ЭЙФЕЛЬСКІХ АДКЛАДАЎ БЕЛАРУСІ 30

Г.В. Шыдлоўская, Г.І. Літвінюк
ПАЛЕАБАТАНІЧНАЕ АБГРУНТАВАННЕ ўЗРОСТУ
СТАРАЖЫТНААЗЭРНЫХ АДКЛАДАЎ, ВЫЯЎЛЕННЫХ
СВІДРАВІНАМІ 2Р І 4Р У В. ЧАРАНКІ ЧАВУСКАГА РАЁНА
МАГІЛЕЎСКАЙ ВОБЛАСЦІ 40

■ ГЕАФІЗІКА

В.М. Сілуянаў, А.У. Жукоўская
АСАБЛІВАСЦІ ВЫКАРЫСТАННЯ СЕЙСМІЧНЫХ
АТРЫБУТАЎ ПРЫ ІНТЭРПРЭТАЦЫІ ВЫНІКАЎ
РЭГІОНАЛЬНЫХ СЕЙСМІЧНЫХ ДАСЛЕДАВАННЯЎ
ПАЎНОЧНА-ПРЫПЯЦКАГА ПЛЯЧА НА ПАЎДНЁВЫМ
УСХОДЗЕ БЕЛАРУСІ 49

Я.А. Магнічэнка, С.Л. Сушкевіч, А.К. Хібіеў, П.В. Шаблыка
ВОПЫТНЫЯ ГЕАТЭРМІЧНЫЯ ДАСЛЕДАВАННІ
ПА ПРОФІЛІ НА МАЛАДЗЕЧАНСКІМ
ГЕАДЫНАМІЧНЫМ ПАЛІГОНЕ БЕЛАРУСІ 57

■ ГЕАХІМІЯ

А.А. Махнач, Б.Г. Пакроўскі, В.В. Мурашка, А.Л. Пятроў
ВАРЫЯЦЫІ ІЗАТОПНАГА СКЛАДУ ВУГЛЯРОДУ
І КІСЛАРОДУ ў ЭМСКІХ І ЭЙФЕЛЬСКІХ АДКЛАДАХ
НА ПАЎДНЁВЫМ УСХОДЗЕ ЛАТВІЙСКАЙ СЕДЛАВІНЫ .. 67

М.П. Аношка, Н.В. Жукоўская, Л.І. Смыковіч, А.М. Бурко,
М.А. Падружыя, У.А. Крашыньскі
МАДЭЛЬ ПРАСТОРАВАЙ ДЫФЕРЭНЦЫЯЦЫІ ХІМІЧНЫХ
ЭЛЕМЕНТАЎ У ПОКРЫЎНЫХ АДКЛАДАХ ПАЎНОЧНАЙ
ЧАСТКІ ТЭРЫТОРЫ БЕЛАРУСІ (У МЕЖАХ ВІЦЕБСКАЙ
ВОБЛАСЦІ) 80

■ КАРЫСНЫЯ ВЫКАПНІ

Н.С. Пятрова, Н.Ю. Дзянісава
ПЕРСПЕКТЫВЫ АСВАЕННЯ ЗАЛЕЖАЎ КАЛІЙНЫХ СОЛЯЎ
У МЕЖАХ КАПАТКЕВІЦКАГА ўЧАСТКА ў ЦЭНТРАЛЬНЫМ
СТРУКТУРНЫМ АРЭАЛЕ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ 89

В.Д. Парошын, С.Л. Парошына
АЦЭНКА ЗМЯНЕННЯ АБ'ЁМУ СЕТКІ ФІЛЬТРАЦЫЙНЫХ
КАНАЛАЎ ПРЫ ПРАВЯДЗЕННІ ДОСВЕДНА-ПРАМЫСЛОВЫХ
ПРАЦ ПА РАСАЛЕННІ ПРАДУКТЫЎНЫХ
КАЛЕКТАРАЎ НА СВІДРАВІНАХ БЯРЭЗІНСКАГА
РАДОВІШЧА НАФТЫ ў ПРЫПЯЦКІМ ПРАГІНЕ 101

А.У. Кандраценка
АСАБЛІВАСЦІ БУДОВЫ І ПЕРСПЕКТЫВЫ
НАФТАГАЗАНОСНАСЦІ ГАЛІТАВАЙ ПАДТОЎШЧЫ
ВЕРХНЕСАЛЯНОСНЫХ ДЭВОНСКІХ АДКЛАДАЎ
МАРМОВІЦКА-ДАВЫДАЎСКАГА ўЧАСТКА
ў ПАЎНОЧНАЙ ЗОНЕ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ 118

С.Л. Парошын
АНАЛІЗ РАСПРАЦОЎКІ ЗАЛЕЖЫ НАФТЫ ў ВАРОНЕЖСКІХ
АДКЛАДАХ (ВЕРХНІ ФРАН) ЗАЛАТУХІНСКАГА
РАДОВІШЧА ў ПРЫПЯЦКІМ ПРАГІНЕ
ПА ПРАМЫСЛОВЫХ ГІДРАХІМІЧНЫХ ДАНЫХ 130

Н.І. Кандраценка, Я.Г. Грыбік
АЦЭНКА ДАКЛАДНАСЦІ ГІДРАХІМІЧНЫХ ДАНЫХ
ПРЫ ВЫПРАБАВАННІ І АСВАЕННІ ПЕРСПЕКТЫЎНЫХ
ГАРЫЗОНТАЎ ПРЫПЯЦКАГА НАФТАГАЗАНОСНАГА
БАСЕЙНА 148

А.В. Бібікава, Т.В. Васкабойнікава, М.С. Шарык, В.М. Багук
УМОВЫ ФАРМІРАВАННЯ НАФТАМАЦЫЯРЫНСКІХ
І ВУГЛЕВАДАРОДАЗМЯШЧАЛЬНЫХ ПАРОД ЗАДОНСКАГА
НАДГАРЫЗОНТУ (НІЖНІ ФАМЕН) У ЦЭНТРАЛЬНАЙ
ЧАСТЦЫ ЧЫРВОНАСЛАБОДСКА-МАЛАДУШЫНСКАЙ
СТУПЕНІ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ 160

■ ДАВЕДАЧНЫЯ МАТЭРЫЯЛЫ

С.У. Дзямідава, С.А. Кручак, П.А. Сахарук
АГЛЯД ПУБЛІКАЦЫЙ, ЯКІЯ ўВАЙШЛІ ў СПРАВАЗДАЧЫ
СТРАТЫГРАФІЧНАЙ КАМІСІІ БЕЛАРУСІ ЗА 2021 ГОД ... 167

■ КРЫТЫКА І ДЫСКУСІІ 174

■ ХРОНІКА 176

■ ЮБІЛЕІ
В.Д. Парошын 179

■ СТРАТЫ НАВУКІ
Г.А. Калпашнікаў 181
А.А. Світач 183
Р.Я. Айзберг 186

■ НАВІНКІ ЛІТАРАТУРЫ 189

СОДЕРЖАНИЕ – CONTENTS

■ ГЕОЛОГИЯ – GEOLOGY

- В.И. Толстошеев, С.А. Кручек, П.О. Сахарук**
СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ
ФРАНСКОГО ЯРУСА ВЕРХНЕГО ДЕВОНА БРАГИНСКО-ЛОЕВСКОЙ
ПЕРЕМЫЧКИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (ЮГО-ВОСТОК БЕЛАРУСИ)
V. Tolstosheev, S. Kruchek, P. Sakharuk
STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE SURFACE OF THE UPPER DEVONIAN
FRASNIAN DEPOSITS OF THE BRAGIN-LOYEV BRIDGE
AND ADJACENT TERRITORIES (SOUTHEAST OF BELARUS) 3
- И.А. Красовская, И.И. Косинова, С.В. Андрушко,
А.И. Павловский, А.Н. Галкин**
КЛАССИФИКАЦИЯ ОПОЛЗНЕЙ И МАСШТАБЫ ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ
I. Krasovskaya, I. Kosinova, S. Andrushko, A. Pavlovsky, A. Galkin
CLASSIFICATION OF LANDSLIDES AND THE SCALE OF THEIR DISTRIBUTION
ON THE TERRITORY OF BELARUS 20

■ ПАЛЕОНТОЛОГИЯ И СТРАТИГРАФИЯ – PALEONTOLOGY AND STRATIGRAPHY

- Д.П. Плакс**
НОВЫЙ ВИД ЛУЧЕПЕРОЙ РЫБЫ (OSTEICHTHYES, ACTINOPTERYGII)
ИЗ ВЕРХНЕЭМСКИХ И НИЗОВ ЭЙФЕЛЬСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕЛАРУСИ
D.P. Plax
A NEW SPECIES OF THE RAY-FINNED FISH (OSTEICHTHYES, ACTINOPTERYGII)
FROM THE UPPER EMSIAN AND LOWERMOST EIFELIAN DEPOSITS OF BELARUS ... 30
- А.В. Шидловская, Г.И. Литвинюк**
ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗРАСТА ДРЕВНЕОЗЕРНЫХ
ОТЛОЖЕНИЙ, ВСКРЫТЫХ СКВАЖИНАМИ 2Р И 4Р У д. ЧЕРЕНКИ
ЧАУССКОГО РАЙОНА МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ
A. Shidlovskaya, G. Litvinyuk
AGE DETERMINATION OF THE ANCIENT LACUSTRINE DEPOSITS RECOVERED
BY BOREHOLES 2R AND 4R AT SHERENKI SITE (CHAUSY DISTRICT, MOGILEV
REGION) ACCORDING TO PALEOBOTANICAL DATA 40

■ ГЕОФИЗИКА – GEOPHYSICS

- В.Н. Силуянов, О.В. Жуковская**
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ АТТРИБУТОВ ПРИ
ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ЮЖНО-ПРИПЯТСКОГО ПЛЕЧА НА ЮГО-ВОСТОКЕ БЕЛАРУСИ
V. Siluyanov, O. Zhukovskaya
PECULIARITIES OF USING SEISMIC ATTRIBUTES IN THE INTERPRETATION
OF THE RESULTS OF REGIONAL SEISMIC INVESTIGATIONS OF THE
NORTH-PRIPYAT SHOULDER IN THE SOUTH-EAST OF BELARUS 49
- Е.А. Магниченко, С.Л. Сущкевич, А.К. Хибиев, П.В. Шаблыко**
ОПЫТНЫЕ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОФИЛЮ
НА МОЛОДЕЧЕНСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ БЕЛАРУСИ
Y. Mahnichenko, S. Sushkevich, A. Khibiyev, P. Shablyko
EXPERIMENTAL GEOTHERMAL STUDIES ALONG THE PROFILE
AT THE MOLODECHNO GEODYNAMIC RANGE OF BELARUS 57

■ ГЕОХИМИЯ – GEOSCHEMISTRY

- А.А. Махнач, Б.Г. Покровский, О.В. Мурашко, О.Л. Петров**
ВАРИАЦИИ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА В ЭМСКИХ
И ЭЙФЕЛЬСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЛАТВИЙСКОЙ СЕДЛОВИНЫ
A. Makhnach, B. Pokrovsky, O. Murashko, O. Petrov
VARIATIONS OF THE CARBON AND OXYGEN ISOTOPIC COMPOSITION IN THE
EMSIAN AND EIFELIAN DEPOSITS IN THE SOUTH-EAST OF THE LATVIAN SADDLE. 67
- М.П. Оношко, Н.В. Жуковская, Л.И. Смыкович, А.Н. Бурко,
М.А. Подружая, В.А. Крошинский**
МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ
ЭЛЕМЕНТОВ В ПОКРОВНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ
ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ (В ГРАНИЦАХ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ)
**M. Onoshko, N. Zhukovskaya, L. Smykovich, A. Burko,
M. Podruzhaya, V. Kroshinsky**
MODEL OF SPATIAL DIFFERENTIATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN COVERING
SEDIMENTS OF THE NORTHERN PART OF BELARUS (THE VITEBSK REGION) 80

■ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ – MINERALS

- Н.С. Петрова, Н.Ю. Денисова**
ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ
В ПРЕДЕЛАХ КОПАТКЕВИЧСКОГО УЧАСТКА В ЦЕНТРАЛЬНОМ
СТРУКТУРНОМ АРЕАЛЕ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

- N. Petrova, N. Denisova**
PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF POTASSIUM SALT
DEPOSITS WITHIN THE KOPATKEVICHY SECTION IN THE
CENTRAL STRUCTURAL AREA OF THE PRIPYAT TROUGH 89

- В.Д. Порошин, С.Л. Порошина**
ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА СЕТИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ КАНАЛОВ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОПЫТНО-ПРОМЫСЛОВЫХ РАБОТ ПО РАССОЛЕНИЮ
ПРОДУКТИВНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА СКВАЖИНАХ БЕРЕЗИНСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ В ПРИПЯТСКОМ ПРОГИБЕ
V.D. Poroshin, S.L. Poroshina
EVALUATION OF CHANGE IN THE VOLUME OF THE FLOW MATRIX VOLUME
DURING PILOT WORK ON THE DESALINIZATION OF PRODUCTIVE RESERVOIRS
AT THE WELLS OF THE BEREZINSKOE OIL FIELD IN THE PRIPYAT TROUGH 101

- А.В. Кондратенко**
ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ
ГАЛИТОВОЙ ПОДТОЛЩИ ВЕРХНЕСОЛЕННЫХ ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ
МАРМОВИЧСКО-ДАВЫДОВСКОГО УЧАСТКА В СЕВЕРНОЙ ЗОНЕ
ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА
A. Kondratsenko
STRUCTURAL FEATURES AND PROSPECTS OF OIL AND GAS OF THE HALITE
SUBSECTION OF THE UPPER SALT-BEARING DEVONIAN DEPOSITS
OF THE MARMOVICHSKO-DAVYDOVSKI AREA IN THE NORTHERN ZONE
OF THE PRIPYAT TROUGH 118

- С.Л. Порошина**
АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ ЗАЛЕЖИ НЕФТИ В ВОРОНЕЖСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ
(ВЕРХНИЙ ФРАН) ЗОЛОТУХИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ПРИПЯТСКОМ
ПРОГИБЕ ПО ПРОМЫСЛОВЫМ ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ
S. Poroshina
ANALYSIS OF THE PRODUCTION OF OIL RESERVOIRS IN THE VORONEZH
DEPOSITS (UPPER FRASNIAN) OF THE ZOLOTUKHINSKOE FIELD
IN THE PRIPYAT TROUGH ON THE BASIS OF HYDROCHEMICAL DATA 130

- Н.И. Кондратенко, Я.Г. Грибик**
ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ
ПРИ ИСПЫТАНИИ И ОСВОЕНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГОРИЗОНТОВ
ПРИПЯТСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА
N. Kondratenko, Y. Gribik
ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF HYDROCHEMICAL
DATA DURING TESTING AND DEVELOPMENT
OF PROSPECTIVE HORIZONS OF THE PRIPYAT OIL BASIN 148

- Е.В. Бибикина, Т.В. Воскобойникова, М.С. Шарик, О.М. Багук**
УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ И УГЛЕВОДОРОД-
СОДЕРЖАЩИХ ПОРОД ЗАДОНСКОГО НАДГОРИЗОНТА (НИЖНИЙ ФАМЕН)
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЧЕРВОНОСЛОБОДСКО-МАЛОДУШИНСКОЙ
СТУПЕНИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА
A. Bibikova, T. Voskoboinikova, M. Sharik, O. Baguk
PROCESSES OF FORMATION OF OIL SOURCE AND HYDROCARBON-BEARING
ROCKS IN INTERSALT DEPOSITS OF THE ZADONSK SUPERHORIZON IN THE
CENTRAL PART OF THE CHERVONOSLOBODSKO-MALODUSHINSKAYA STAGE
OF THE PRIPYAT TROUGH 160

■ СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – REFERENCE MATERIALS

- С.В. Демидова, С.А. Кручек, П.О. Сахарук**
ОБЗОР ПУБЛИКАЦИЙ, ВОШЕДШИХ В ОТЧЕТ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ
КОМИССИИ БЕЛАРУСИ ЗА 2021 ГОД
S. Demidova, S. Kruchek, P. Sakharuk
REVIEW OF PUBLICATIONS INCLUDED IN THE REPORT
OF THE STRATIGRAPHIC COMMISSION OF BELARUS (2021) 167

■ КРИТИКА И ДИСКУССИИ – CRITICISM AND DISCUSSION 174

■ ХРОНИКА – CHRONICLE 176

■ ЮБИЛЕИ – ANNIVERSARIES 179

- В.Д. Порошин / V. Poroshin 179

■ ПОТЕРИ НАУКИ – OBITUARIES 181

- Г.А. Колпашников / G. Kolpashnikov 181

- А.А. Свиточ / A. Svitoch 183

- Р.Е. Айзберг / R. Aizberg 186

■ НОВИНКИ ЛИТЕРАТУРЫ – NEW LITERATURE 189

**СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ
ФРАНСКОГО ЯРУСА ВЕРХНЕГО ДЕВОНА БРАГИНСКО-ЛОЕВСКОЙ
ПЕРЕМЫЧКИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (ЮГО-ВОСТОК БЕЛАРУСИ)**

В.И. Толстошеев, С.А. Кручек, П.О. Сахарук

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
Филиал «Институт геологии»
ул. Купревича, 7, 220141, Минск, Беларусь
E-mail: polina.sakharuk@gmail.com

Рассмотрены вопросы тектонического районирования и строения поверхности отложений франского яруса верхнего девона Брагинско-Лоевской перемычки и сопредельных территорий Припятского и Днепровско-Донецкого прогибов, а также примыкающих к ним районов Северо-Припятского плеча, Гомельской структурной перемычки и юго-западных районов Воронежской антеклизы. С учетом имеющихся и появившихся дополнительных геолого-геофизических данных впервые составлена структурная карта разновозрастной поверхности франских отложений перемычки и примыкающих к ней территорий. Приводится расчленение разрезов скважин, вскрывших образования франского яруса изученных районов, согласно новой Стратиграфической схеме девонских отложений Беларуси, дана характеристика выделенных в их пределах положительных и отрицательных локальных структур, ограниченных крупными и мелкими разломами, которым присвоены географические названия.

ВВЕДЕНИЕ

Вначале следует отметить, что Брагинско-Лоевская перемычка, называемая так авторами данной статьи вместо прежнего термина «Брагинско-Лоевская седловина», по-прежнему остается важной тектонической структурой, разделяющей Припятский и Днепровский грабены (рис. 1). Изменение названия связано с уточнениями размеров этой структуры, приведенными на картах структурного районирования подсолевого и межсолевого комплексов Припятского прогиба 2011 г. и в тексте пояснительной записки к ним (В.Н. Бескопыльный и др.) [2; 3]. В связи с этим авторы статьи относят к перемычке крупный Брагинский мегавыступ, включающий Кулажинский выступ, Дублинский горст, Алексеевскую ступень, Руча-

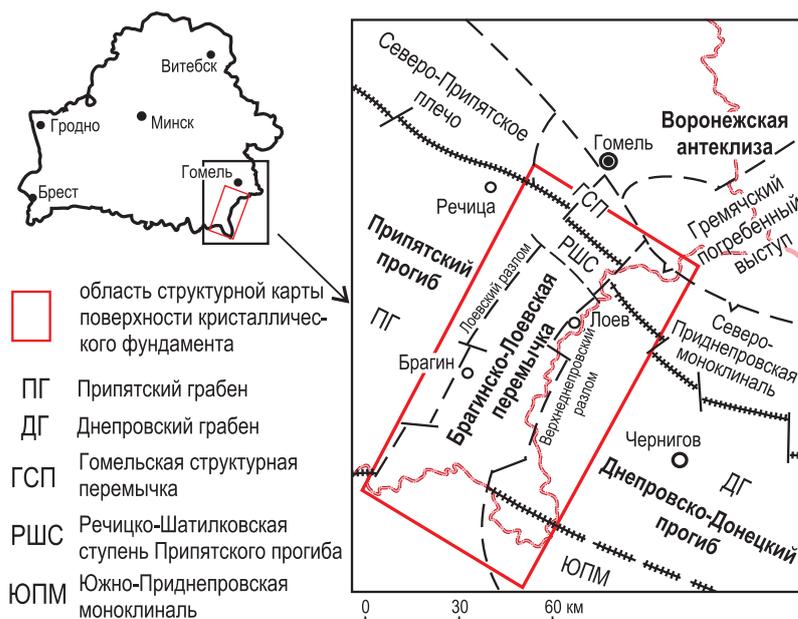


Рисунок 1 – Схема района исследований. Фрагмент карты тектонического районирования территории Беларуси по поверхности фундамента [5] с уточнениями и дополнениями

евский грабен и Колпенский горст (южная и центральная часть перемычки), и Лоевскую ступень (севернее мегавыступа). Территория севернее ступени, соответствующая прежде Лоевской седловине, сейчас включена в состав Речицко-Шатилковской ступени Припятского грабена.

Данная работа, как и прежние наши публикации по Брагинско-Лоевской перемычке, выполнена в рамках темы «Изучение структурно-вещественных комплексов верхнедевонско-мезозойских отложений Брагинско-Лоевской седловины и сопредельных территорий» подпрограммы «Структурно-вещественные комплексы Беларуси» Государственной программы научных исследований на 2016–2020 гг. «Природопользование и экология».

КРАТКИЙ ОБЗОР СТРАТИГРАФИИ ОТЛОЖЕНИЙ ФРАНСКОГО ЯРУСА ВЕРХНЕГО ДЕВОНА БРАГИНСКО-ЛОЕВСКОЙ ПЕРЕМОЧКИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Платформенный чехол Брагинско-Лоевской перемычки представлен отложениями фанерозойской эонотемы (включающей палеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую эратемы), залегающими с крупным стратиграфическим несогласием на образованиях кристаллического фундамента. В отличие от платформенного чехла Припятского прогиба на исследуемой территории перемычки отсутствуют отложения рифея и венда верхнего протерозоя, а присутствуют здесь образования девонской, каменноугольной, пермской, триасовой, юрской, меловой, палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем.

В новой стратиграфической схеме 2010 г. [12], как и в схеме 1981 г. [11], девонские отложения представлены в виде колонки отдельной восточной зоны, включающей Брагинско-Лоевскую седловину и прилегающие территории Припятского прогиба. На колонке показаны образования среднего (эйфельский и живетский ярусы) и верхнего (франский и фаменский ярусы) отделов. Отложения нижнего отдела (верхнеэмский подъярус) на территории Брагинско-Лоевской перемычки палеонтологически не доказаны и, возможно, отсутствуют, хотя на сопредельных территориях Речицко-Вишанской ступени, Северо-Припятского плеча и Гомельской структурной перемычки их присутствие подтверждено палеонтологическими данными. Для этой работы изучалась стратиграфия отложений только франского яруса верхнего отдела девонской системы (табл.).

Разрез *франского яруса* на исследуемой территории начинается с *желонской свиты* нижнефранского подъяруса мощностью до 34 м, соответствующей желонскому горизонту верхней части ланского надгоризонта [12] (рис. 2). Отложения свиты являются базальной частью раннефранского этапа осадконакопления, связанного с наступлением франской трансгрессии моря. По сопоставлению с разрезами восточных районов Припятского прогиба свита сложена глинами с прослоями доломитов, в нижней части песчаников, содержащих конхостраки *Glyptoasmussia vulgaris*, остракоды *Uchtotia polenovae*, миоспоры лоны *Raistrickia buccera*.

Желонская свита перекрывается образованиями *саргаевского горизонта* нижнефранского подъяруса [12], представленного нерасчлененной толщей доломитов (мощностью до 46 м) с прослоями мергелей и сульфатно-карбонатных пород, содержащих миоспоры лоны *Archaeozonotrites variabilis insignis*. Эта толща является аналогом *сосновской свиты*, распространенной на прилегающих территориях Припятского прогиба. Следует подчеркнуть, что карбонатные породы саргаевского, как и выше залегающего семилукского горизонтов, являются перспективными на обнаружение в пределах Брагинско-Лоевской перемычки ловушек углеводородов.

Отложения *семилукского горизонта*, относящиеся к среднефранскому подъярусу, на территории Брагинско-Лоевской перемычки и примыкающих к ней частях Припятского прогиба представлены толщей карбонатных пород мощностью до 35 м (*светлогорская свита*) с преобладанием доломитов и известняков, прослоями глинистых, с брахиоподами *Cyrtospirifer disjunctus* в нижней части, а также доломитизированных известняков, прослоями органогенных, с брахиоподами, кораллами, строматопоратами и миоспорами зоны *Geminospira semilucensa – Perotrilites donensis* в верхней части. Разрез семилукского горизонта неполный, так как его верхняя часть на перемычке, как и в Припятском прогибе в целом, отсутствует вследствие регионального перерыва в осадконакоплении [15], который предшествовал формированию отложений верхнефранского подъяруса, включающего образования речицкого, воронежского, евлановского и чернинского горизонтов.

Отложения *речицкого горизонта* верхнефранского подъяруса региональной схемы девонской системы Беларуси 2010 г. [12] в пределах Брагинско-Лоевской перемычки распространены в основном в пределах Лоевской ступени. Нижняя

Международная (Общая) стратиграфическая шкала				Региональные стратиграфические подразделения		Местные стратиграфические подразделения								
Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Надгоризонт, горизонт	Слои	Припятский прогиб (восточная часть)			Брагинско-Лоевская перемычка			Вулкано-тепные топиш		
						Свита			Свита					
Девонская	Верхний	Фраменский	Верхний	Калиновский	Велижские Повчинские Верхнеборовские Нижнеборовские	Калиновская						IV		
						Полесский	Боровской							
							Ствижский	Ствижская			Ствижская			
						Старобинский	Верхнестаробинские Нижнестаробинские			Старобинская			Старобинская	
			Средний	Стрешинский	Любанские			Любанская			Любанская			
					Осовецкие			Солигорская			Солигорская			
				Оресский	Шатилковские			Шестовичская			Шестовичская			
			Нижний	Петриковский				Шарпиловская			Шарпиловская			
					Елецкий	Дроздовский								
		Задонский		Туровский										
				Вишанский				Вышемировская			Вышемировская			
			Тонежский											
		Домановичский				Домановичская			Васильевская					
		Франский	Верхний	Чернинский				Чернинская						
					Евлановский	Сколординский	Сколординская			Сколординская				
						Анисимовский	Анисимовская			Анисимовская				
					Кустовницкий	Кустовницкая			Кустовницкая					
			Воронежский				Птичская			Птичская				
				Стреличевская			Стреличевская							
	Средний		Речицкий				Речицкая			Михальковская				
							Светлогорская							
	Нижний	Саргаевский				Сосновская			Сосновская (?)					
			Ланский	Желонский	Желонская			Желонская						
				Убортский	Убортская			Убортская						
	Средний	Живетский	В	С	Н	Морочские			Полоцкая			I		
						Столинские			Полоцкая					
						Горынские			Полоцкая					
		Эйфельский	Наровский	Костюковичский				Наровская серия						
				Городокский				Наровская серия						
Освейский														
Нижний	Эмский	В	Н		Лепельские									
					Обольские									
Лоховский	Праздский				Чортковский									
					Борщовский									

Рисунок 2 – Региональная схема девонских отложений 2010 г. [8; 12] с уточнениями

Таблица – Стратиграфическое расчленение отложений франского яруса верхнего девона Брагинско-Лоевской перемычки и сопредельных территорий

№ п/п	Скважина	Альтитуда, забой	Кровля	Система	Девонская							Подшова	
				Отдел	Верхний								
				Ярус	Франский								
					D ₃ rn	D ₃ ev	D ₃ vr	D ₃ rč	D ₃ sm	D ₃ sr	D ₃ zhl		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Брагинско-Лоевская перемычка													
1	Брагинская 1-р	112.0	С _{2m}	Гл. кровли	801.0	815.0	957.5		1061.0	1074.0	1095.0	1113.5	D ₂ ub
		1335.0		Абс. отм.	-689.0	-703.0	-845.5	-	-949.0	-962.0	-983.0	-1001.5	
				Мощность	14.0	142.5	103.5		13.0	21.0	18.5		
2	Ручаевская 1-р	131.9	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	1381.0	1751.0	2014.0	2132.0	2202.0	2211.0	2219.0	2235.0	D ₂ ub
		2392.0		Абс. отм.	-1249.1	-1619.1	-1882.1	-2000.1	-2070.1	-2079.1	-2087.1	-2103.1	
				Мощность	370.0	263.0	118.0	70.0	9.0	8.0	16.0		
3	Ястребовка 3-к	128.8	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	1747.5								
		1930.0		Абс. отм.	-1618.7	н. в.							
				Мощность	>182.5								
4	Лоевская 1-р	137.8	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли			2587.0	2622.0	2630.0	2638.5	2662.0	2680.0	D ₂ ub
		2789.0		Абс. отм.	-	-	-2449.2	-2484.2	-2492.2	-2500.7	-2524.2	-2542.2	
				Мощность			35.0	8.0	8.5	23.5	18.0		
5	Лоевская 3-р	138.3	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли			2120.0	2254.0	2276.5	2287.6	2308.0	2330.7	D ₂ ub
		2502.0		Абс. отм.	-	-	-1981.7	-2115.7	-2138.2	-2149.3	-2169.7	-2192.4	
				Мощность			134.0	22.5	11.1	20.4	22.7		
6	Артуковская 3-р	137.8	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	2892.0	4238.0	4318.0	4446.0	4491.0	4516.0	4555.0	4580.0	D ₂ ub
		4601.0		Абс. отм.	-2754.2	-4100.2	-4180.2	-4308.2	-4353.2	-4378.2	-4417.2	-4442.2	
				Мощность	1346.0	80.0	128.0	45.0	25.0	39.0	25.0		
Припятский прогиб (восточная часть)													
Речицко-Шатилковская ступень													
7	Щербовская 3-р	140.0	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	3663.0								
		3782.0		Абс. отм.	-3523.0	н. в.							
				Мощность	> 119.0								
8	Гордеевская 1-р	132.1	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	3119.0		3748.0	3898.0	3953.5	3982.0	4015.0	4038.0	D ₂ ub
		4081.0		Абс. отм.	-2986.9	-	-3615.9	-3765.9	-3821.4	-3849.9	-3882.9	-3905.9	
				Мощность	629.0		150.0	55.5	28.5	33.0	23.0		
9	Шарпилловская 1-р	118.3	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	2378.0		2550.0				2602.0	2617.0	D ₂ ub
		2810.0		Абс. отм.	-2259.7	-	-2431.7	-	-	-	-2483.7	-2498.7	
				Мощность	172.0		52.0				15.0		
10	3-Александровская 1-р	125.6	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	3657.0	4035.0	4221.0	4336.0	4362.0	4387.0	4415.0	4440.0	D ₂ ub
		4528.0		Абс. отм.	-3531.4	-3909.4	-4095.4	-4210.4	-4236.4	-4261.4	-4289.4	-4314.4	
				Мощность	378.0	186.0	115.0	26.0	25.0	28.0	25.0		
11	Озерщинская 29-р	124.0	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	4001.5	4155.0	4328.0	4460.0	4496.0	4520.0	4558.0	4584.0	D ₂ ub
		4637.0		Абс. отм.	-3877.5	-4031.0	-4204.0	-4336.0	-4372.0	-4396.0	-4434.0	-4460.0	
				Мощность	153.5	173.0	132.0	36.0	24.0	38.0	26.0		
12	Речицкая 3-р	131.2	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	2522.0	2946.0	3082.0	3183.0	3211.0	3237.0	3277.0	3303.0	D ₂ ub
		3552.0		Абс. отм.	-2390.8	-2814.8	-2950.8	-3051.8	-3079.8	-3105.8	-3145.8	-3171.8	
				Мощность	424.0	136.0	101.0	28.0	26.0	40.0	26.0		
13	Мирная 1-р	124.0	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли		2499.0	2631.0	2736.0	2789.0	2809.0	2841.0	2858.0	D ₂ ub
		3905.0		Абс. отм.	-	-2375.0	-2507.0	-2612.0	-2665.0	-2685.0	-2717.0	-2734.0	
				Мощность		132.0	105.0	53.0	20.0	32.0	17.0		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Червонослободско-Малодушинская ступень													
14	Ю-Бабицкая 1-р	137.9	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	4986.0	5098.0	5146.0	5232.0	5260.0	5286.0			
		5301.0		Абс. отм.	-4848.1	-4960.1	-5008.1	-5094.1	-5122.1	-5148.1	н.в.		
				Мощность	112.0	48.0	86.0	28.0	26.0	>15.0			
15	Барсуковская 10-р	136.6	D ₃ lb-stn ₁	Гл. кровли	2751.0	3221.0	3392.0	3472.0	3504.0	3530.0	3566.0	3590.5	D ₂ ub
		3759.0		Абс. отм.	-2614.4	-3084.4	-3255.4	-3335.4	-3367.4	-3393.4	-3429.4	-3453.9	
				Мощность	470.0	171.0	80.0	32.0	26.0	36.0	24.5		
16	Кербетская 1-р	136.8	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	3364.0	3424.0	3557.5	3674.0	3726.0	3752.0	3788.5	3814.0	D ₂ ub
		3949.0		Абс. отм.	-3227.2	-3287.2	-3420.7	-3537.2	-3589.2	-3615.2	-3651.7	-3677.2	
				Мощность	60.0	133.5	116.5	52.0	26.0	36.5	25.5		
17	Удалевская 1-р	133.8	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	2178.0	2400.0	2464.0	2512.0	2591.0	2611.0	2648.0	2674.0	D ₂ ub
		2764.0		Абс. отм.	-2044.2	-2266.2	-2330.2	-2378.2	-2457.2	-2477.2	-2514.2	-2540.2	
				Мощность	222.0	64.0	48.0	79.0	20.0	37.0	26.0		
18	Надвинская 5-р	135.05	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	2834.0	3042.5	3258.7	3335.0	3352.0	3377.0	3407.0	3424.0	D ₂ ub
		3511.0		Абс. отм.	-2699.0	-2907.5	-3123.7	-3200.0	-3217.0	-3242.0	-3272.0	-3289.0	
				Мощность	208.5	216.2	76.3	17.0	25.0	30.0	17.0		
Азерцеко-Хобнинская ступень													
19	Калининская 1-р	136.9	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	3738.0	3982.0	4092.0	4190.0	4218.0	4242.0	4284.0	4303.0	D ₂ ub
		4457.0		Абс. отм.	-3601.1	-3845.1	-3955.1	-4053.1	-4081.1	-4105.1	-4147.1	-4166.1	
				Мощность	244.0	110.0	98.0	28.0	24.0	42.0	19.0		
20	Омельков- щинская 2-р	134.5	D ₃ lb-stn ₁	Гл. кровли	2030.0	2196.0	2268.0	2365.0	2398.0	2420.0	2459.0	2486.0	D ₂ ub
		2634.0		Абс. отм.	-1895.5	-2061.5	-2133.5	-2230.5	-2263.5	-2285.5	-2324.5	-2351.5	
				Мощность	166.0	72.0	97.0	33.0	22.0	39.0	27.0		
21	Великобор- ская 1-р	132.0	D ₃ lb-stn ₁	Гл. кровли	2380.0	2872.5	3021.0	3131.5	3154.0	3180.0	3216.0	н. в.	
		3316.0		Абс. отм.	-2248.0	-2740.5	-2889.0	-2999.5	-3022.0	-3048.0	-3084.0		
				Мощность	492.5	148.5	110.5	22.5	26.0	36.0	>100.0		
Хойникский погребенный ступень													
22	С-Хойницкая 1-р	135.2	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	1464.5	1791.0	1879.0	1974.0	2002.0	2030.0	2070.0	2102.0	D ₂ ub
		2240.0		Абс. отм.	-1329.3	-1655.8	-1743.8	-1838.8	-1866.8	-1894.8	-1934.8	-1966.8	
				Мощность	326.5	88.0	95.0	28.0	28.0	40.0	32.0		
Шестовичско-Гостовская ступень													
23	Юревичская 1-р	123.3	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	2233.0	2459.0	2471.0	2530.0	2546.0	2571.0	2617.0	2645.0	D ₂ ub
		2800.0		Абс. отм.	-2109.7	-2335.7	-2347.7	-2406.7	-2422.7	-2447.7	-2493.7	-2521.7	
				Мощность	226.0	12.0	59.0	16.0	25.0	46.0	28.0		
Центрально-Припятский приосевой грабен													
24	Хойникская 1-р	134.0	D ₃ lb-stn ₁	Гл. кровли	1127.0	1373.0	1463.0	1535.0	1561.0	1584.0	1620.0	1650.0	D ₂ ub
		1848.45		Абс. отм.	-993.0	-1239.0	-1329.0	-1401.0	-1427.0	-1450.0	-1486.0	-1516.0	
				Мощность	246.0	90.0	72.0	26.0	23.0	36.0	30.0		
Ельско-Наровлянская ступень													
25	Мику- личская 4-р	132.7	D ₃ lb-stn ₁	Гл. кровли	1280.0	1498.0	1722.0	1823.5	1871.0	1906.0	1933.5	1963.5	D ₂ ub
		2123.0		Абс. отм.	-1147.3	-1365.3	-1589.3	-1690.8	-1738.3	-1773.3	-1800.8	-1830.8	
				Мощность	218.0	224.0	101.5	47.5	35.0	27.5	30.0		
26	Мокишская 1-р	122.0	D ₃ lb-stn ₁	Гл. кровли	2080.0	2340.0	2611.0	2720.0	2752.0	2775.0	2814.0	2848.0	D ₂ ub
		2992.0		Абс. отм.	-1958.0	-2218.0	-2489.0	-2598.0	-2630.0	-2653.0	-2692.0	-2726.0	
				Мощность	260.0	271.0	109.0	32.0	23.0	39.0	34.0		
27	Конотопская 1-р	118.3	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	2357.0	2822.0	3052.0	3114.0	3122.0	3143.0	3182.0	3200.0	D ₂ ub
		3308.0		Абс. отм.	-2238.7	-2703.7	-2933.7	-2995.7	-3003.7	-3024.7	-3063.7	-3081.7	
				Мощность	465.0	230.0	62.0	8.0	21.0	39.0	18.0		
28	Желоньская 1-р	117.3	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	3366.0	3445.0	3705.0	3727.0	3730.0	3736.2		3746.0	D ₂ nr
		3810.0		Абс. отм.	-3248.7	-3327.7	-3587.7	-3609.7	-3612.7	-3618.9	-	-3628.7	
				Мощность	79.0	260.0	22.0	3.0	6.2	9.8			

СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ФРАНСКОГО ЯРУСА ВЕРХНЕГО ДЕВОНА...

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
29	Стреличевская 1-р	126.2	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	1613.0	2076.0	2406.5	2505.5	2532.5	2560.0	2599.0	2618.5	D ₂ ub
				Абс. отм.	-1486.8	-1949.8	-2280.3	-2379.3	-2406.3	-2433.8	-2472.8	-2492.3	
		2796.0		Мощность	463.0	330.5	99.0	27.0	27.5	39.0	19.5		
30	Стреличевская 2-р	126.1	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	1552.0	2188.0	2389.0	2494.0				2497.0	D ₂ plc
				Абс. отм.	-1425.9	-2061.9	-2262.9	-2367.9	-	-	-	-2370.9	
		2622.0		Мощность	636.0	201.0	105.0	3.0					
Северо-Припятское плечо													
31	Борховская 1-р	132.8	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	793.0	1025.0	1132.0	1187.0	1229.0	1256.0	1295.0	1331.0	D ₂ ub
				Абс. отм.	-660.2	-892.2	-999.2	-1054.2	-1096.2	-1123.2	-1162.2	-1198.2	
		1824.0		Мощность	232.0	107.0	55.0	42.0	27.0	39.0	36.0		
32	Решетниковская 1-р	134.4	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	910.0	1205.0	1330.0	1435.0	1471.0	1499.0	1536.0	1560.0	D ₂ ub
				Абс. отм.	-775.6	-1070.6	-1195.6	-1300.6	-1336.6	-1364.6	-1401.6	-1425.6	
		1981.0		Мощность	295.0	125.0	105.0	36.0	28.0	37.0	24.0		
Гомельская структурная перемычка													
33	Ченки 2	120.0	T ₁ kr	Гл. кровли			464.5	496.0	562.8	590.3			н. в.
				Абс. отм.	-	-	-1195.6	-1300.6	-1336.6	-1364.6			
		608.0		Мощность			105.0	36.0	28.0	37.0			
Днепровско-Донецкий прогиб													
34	Грибово-руднянская 1-р	122.0	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	1387.5	1823.0	2311.0	2587.0	2655.5	2676.0	2709.0	2728.0	D ₂ ub
				Абс. отм.	-1265.5	-1701.0	-2189.0	-2465.0	-2533.5	-2554.0	-2587.0	-2606.0	
		2913.0		Мощность	435.5	488.0	276.0	68.5	20.5	33.0	19.0		
35	Ловиньская 1-р	129.5	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	1463.0	1550.5	1813.0	1984.0	2058.0	2074.0	2105.0	2121.0	D ₂ ub
				Абс. отм.	-1333.5	-1421.0	-1683.5	-1854.5	-1928.5	-1944.5	-1975.5	-1991.5	
		2294.0		Мощность	87.5	262.5	171.0	74.0	16.0	31.0	16.0		
36	Репкинская 1-р	155.1	C _{IV2}	Гл. кровли	1721.0	1900.0	2388.0	2459.0	2483.0	2493.0	2508.0	2522.5	D ₂ ub
				Абс. отм.	-1565.9	-1744.9	-2232.9	-2303.9	-2327.9	-2337.9	-2352.9	-2367.4	
		2623.0		Мощность	179.0	488.0	71.0	24.0	10.0	15.0	14.5		
37	Раищенская 325-р	159.5	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	2550.0								
				Абс. отм.	-2390.5	н. в.							
		3254.0		Мощность	> 704.0								
38	Ведильцевская 3-р	149.5	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	2917.0	3094.0							
				Абс. отм.	-2767.5	-2944.5	н. в.						
		3205.0		Мощность	177.0	> 111.0							
39	Сорок.-Репки 654-р	141.0	C _{IV2}	Гл. кровли		1370.0	1507.5	1561.0		1595.0	1600.0	1621.0	AR-PR ₂
				Абс. отм.	-	-1229.0	-1366.5	-1420.0	-	-1454.0	-1459.0	-1480.0	
		1645.0		Мощность		137.5	53.5	34.0		5.0	21.0		
40	Комаринская 1-р	114.1	D ₃ dm-ptr	Гл. кровли	1355.0	1931.0	2195.7	2311.0	2335.0	2339.0	2349.0	2374.0	D ₂ ub
				Абс. отм.	-1240.9	-1816.9	-2081.6	-2196.9	-2220.9	-2224.9	-2234.9	-2259.9	
		2495.0		Мощность	576.0	264.7	115.3	24.0	4.0	10.0	25.0		
41	Черниговская 1-р	149.4	D ₃ dm-ptr	Гл.	2059.0	2435.0	2595.0					2734.0	D ₂ nr
				Абс. отм.	-1909.6	-2285.6	-2445.6	-	-	-	-	-2584.6	
		2940.0		Мощность	376.0	160.0	139.0						
42	Гуньковская 218-р	121.5	C _{IV2}	Гл. кровли	1162.0	1312.5	1985.0	2113.5	2171.5	2190.0	2222.0	2244.5	D ₂ ub
				Абс. отм.	-1040.5	-1191.0	-1863.5	-1992.0	-2050.0	-2068.5	-2100.5	-2123.0	
		2345.0		Мощность	150.5	672.5	128.5	58.0	18.5	32.0	22.5		

граница горизонта хорошо прослеживается в связи с трансгрессивным залеганием его образований на выветрелых вследствие перерыва в осадконакоплении породах семилукского возраста. С началом речичского времени связан новый этап в развитии Припятского прогиба – формирование рифтового грабена [5; 13]. В это время впервые наметилась субширотная дифференциация территории прогиба, в том числе и Брагинско-Лоевской перемычки, что нашло отражение в характере распределения мощностей отложений горизонта и особенностях их вещественного состава, послужившего основанием для выделения двух типов разрезов: вулканогенно-осадочного (михальковская свита) и нормально-осадочного (собственно речичская свита). *Михальковская свита* (или вулканогенно-осадочный тип разреза) мощностью 40–50 м развит в восточной части прогиба и на Лоевской ступени. Свита сложена толщей пестроцветных глин и мергелей с прослоями глинистых известняков с остатками ископаемой фауны и доломитов, в нижней части которой присутствует песчано-алевритовый и вулканогенный материал. Последний в скв. Вышемировская 3-р, Вышемировская 11-р, Надвинская 7-р и других образует в основании свиты толщу мощностью 10–12 м вулканических туфов, туффилов и трахитов. Наиболее крупный материал гравийной размерности отмечен в скв. Вышемировская 3-р. Такое распространение вулканогенного материала, по мнению А.С. Махнача и В.П. Корзуна [9], указывает на то, что местный очаг раннеречичского вулканизма в восточной части Припятского прогиба располагался где-то южнее Вышемировской площади, у осевой линии прогиба. Это позволяет сделать вывод о том, что первая фаза позднедевонского вулканизма в восточной части Припятского прогиба и на Брагинско-Лоевской перемычке, как и на Гомельской структурной перемычке и Жлобинской седловине, проявилась в начале речичского времени [9]. В связи с этим выделение вулканогенно-осадочного типа разреза речичского горизонта восточной части Припятского прогиба и Брагинско-Лоевской перемычки в качестве михальковской свиты, стратотип которой находится в скв. Михальковская 1-р (инт. 3563,7–3617,7 м, мощность 54 м) [1], является правомерным.

Что касается нормально-осадочного типа разреза горизонта или, собственно, *речичской свиты*, то она достигает мощности от 0,5–1,0 до 15 м, распространена в основном в центральных районах и выклинивается на западе Припятского прогиба, сложена пестроцветными и темно-серыми глина-

ми с прослоями мергелей и глинистых доломитов с миоспорами лоны *Convolutispora crassitunicata*.

Воронежский горизонт верхнефранского подъяруса хорошо известен в пределах Брагинско-Лоевской перемычки и сопредельных восточных районах Припятского прогиба, так как его образования являются нефтегазоперспективными. Представлен горизонт толщей глинисто-карбонатных отложений мощностью до 120 м, содержащих разнообразные остатки ископаемой фауны (брахиоподы, моллюски, кораллы, остракоды, конодонты и др.) и флоры (водоросли, миоспоры), залегающих в основном без видимых следов перерыва на породах речичского горизонта. Согласно стратиграфической схеме 2010 г. [12], воронежский горизонт подразделяется на *стреличевские* и *птичские слои (свиты)*, аналоги которых выделяются и в разрезах Брагинско-Лоевской перемычки. В частности, здесь нижней (стреличевской) свите соответствует толща глин с прослоями мергелей, доломитов, в нижней части комковатых известняков с миоспорами лоны *Archaeoperisaccus mirus* – *Diducites radiatus*, достигающая мощности до 30 м. К аналогам верхней (птичской) свиты на исследуемой территории относится толща мощностью до 90 м, сложенная мергелями, органогенными известняками и песчаниками с оолитами и миоспорами лоны *Archaeoperisaccus mirus* – *Diducites radiatus*.

Евлановский надгоризонт верхнефранского подъяруса в стратиграфической схеме девонской системы Беларуси 2010 г. [12] в связи с разнофациальностью его отложений и детальностью их расчленения возведен в ранг надгоризонта с выделением в его составе региональных горизонтов и местных свит. В Припятском прогибе надгоризонт включает образования верхней части подсолевого карбонатного комплекса [15] и нижних трех ритмопачек нижней соленосной толщи [5; 6], в связи с чем его мощность здесь колеблется в широких пределах от 300–400 м в разрезах с каменной солью до первых десятков метров в краевых несолевых разрезах. Нижняя граница надгоризонта проводится в основании толщи, сложенной мергелями, глинами, песчаниками с остракодами *Cavellina (Invisibilla) braginskiensis* и миоспорами лоны *Verrucosisporites evlanensis* – *Kedoesporis imperfectus*, соответствующей *кустовницкому горизонту (свите)* и достигающей мощности до 50 м. Аналоги *анисимовского* и *сколодинского горизонтов (свит)* мощностью более 100 м состоят из переслаивания мергелей, глин, алевритов, песчаников с примесью вулканогенного материала, содержащих в основном миоспоры лоны *Verrucosisporites evlanensis* –

Cymbosporites acanthaceus, реже – брахиоподы *Theodossia narovlensis* евлановского возраста. На исследуемой территории наблюдается резкое замещение нормально-осадочных пород существенно вулканогенными их разностями, представленными вулканическими туфами трахитового состава [7], относящихся к нижней части *васильевской свиты* [12]. Стратотип васильевской свиты был выделен в скв. Шарпиловка 1-р (инт. 2378–2550 м, мощность 172 м) [10]. В качестве парастратотипа свиты был предложен разрез скв. Борщевская 1-р (инт. 2718–3487 м, мощность 669 м), являющийся по имеющимся данным [7] наиболее полным в Припятском прогибе.

Чернинский горизонт завершает разрез верхне-франского подъяруса как Припятского прогиба, так и Брагинско-Лоевской перемычки. В стратиграфической схеме девонских отложений Беларуси 2010 г. [12] горизонту соответствует большая средняя часть васильевской свиты. Свита сложена толщиной более 300 м вулканических туфов и туффигов, среди которых отмечены покровы эффузивных пород (субщелочные и щелочные трахиты, трахибазальты, нефелиниты и др.) и внедрения субвулканических интрузивных тел [7]. Позднефранский (чернинский) возраст горизонта (свиты) определяется по положению в разрезе между фаунистически охарактеризованными осадочными отложениями евлановского и задонского возраста [12].

АНАЛИЗ СТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ФРАНСКОГО ЯРУСА ВЕРХНЕГО ДЕВОНА

Для составления структурной карты поверхности отложений франского яруса верхнего девона были изучены 188 разрезов скважин (в основном глубоких нефтяных), вскрывших образования франского яруса, часть которых в качестве типовых разрезов приведена выше (см. табл.).

Карта характеризует региональный структурный план образований франского яруса (рис. 3). Следует подчеркнуть, что эта поверхность является разновозрастной и гетерогенной. Например, образования чернинского горизонта, слагающие верхнюю часть франского яруса и распространенные на значительной части вышеназванной изучаемой территории, сложены разнофациальными отложениями: в восточных частях Припятского грабена и Северо-Припятского плеча чернинский горизонт представлен в большей степени соленосным типом разреза; на Гомельской структурной перемычке, северо-востоке Припятского грабена

(Речицко-Шатилковской ступени), северной части Брагинско-Лоевской перемычки и северо-западной части Днепровско-Донецкого прогиба вскрыт вулканогенный тип разреза горизонта (васильевская свита). На Брагинском мегавыступе и при приближении к границам распространения под действием тектонических процессов и, как следствие, размыва произошло выклинивание соленосных пород чернинского горизонта, а затем и отложений нижележащих стратонов франского яруса. Далее авторами статьи более подробно рассмотрены данные вопросы.

Брагинско-Лоевская структурная перемычка ограничена на западе и востоке соответственно Лоевским и Верхнеднепровским региональными разломами и объединяет Брагинский мегавыступ и Лоевскую ступень. Брагинский мегавыступ включает Кулажинский выступ фундамента, Дублинский горст, Алексеевскую ступень, Ручаевский грабен и Колпенский горст. Названные тектонические структуры разделены субрегиональными разломами, показанными на карте (см. рис. 3).

Кулажинский выступ (1) кристаллического фундамента относится к южной части Брагинского мегавыступа. В пределах выступа, согласно пробуренным здесь скв. Кулажин 97-у, Красное 95-у, Вепри 39-у, Янов 18-у, отложения франского яруса отсутствуют. Выступ ограничен на западе и востоке субмеридиональными Лоевским и Верхнеднепровским региональными разломами, а на севере – субширотным Радинским субрегиональным разрывным нарушением, которое отделило выступ от Дублинского горста.

Дублинский горст (2), как и Алексеевская ступень, относится к средней части Брагинского мегавыступа. Он ограничен на западе и востоке субмеридиональными Лоевским и Верхнеднепровским региональными, а на севере и юге – субширотными Чемерисским и Радинским субрегиональными разломами, и в его пределах франская поверхность не вскрыта скважинами. Горст разбит субрегиональным Ясенским и локальными Михаловским и Савичским разломами на четыре крупных блока, а к северу от них при участии локальных разрывных нарушений образовалось несколько мелких блоков, на которых франские отложения в основном отсутствуют из-за размыва. По поверхности франских отложений в центральной части горста выделяется крупная Савичская субширотная гемиянтиклинал с отметками изолиний от -375 до -600 м и амплитудой 225 м. Она разбита разрывными нарушениями, и наклон франской поверхности здесь происходит в осевой части с юго-запада на

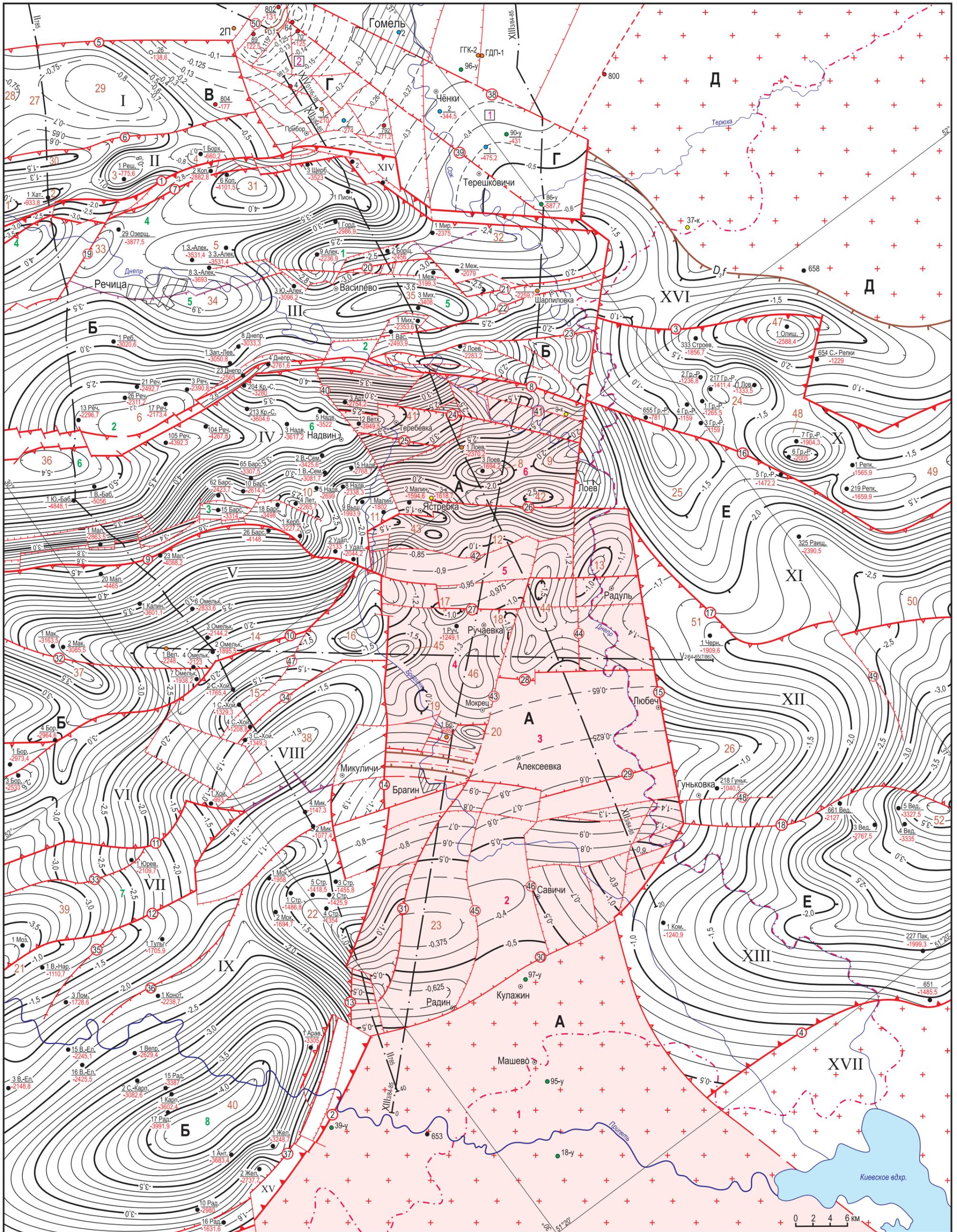
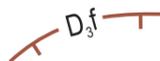


Рисунок 3 – Структурная карта поверхности отложений франского яруса верхнего девона Брагинско-Лоевской структурной перемычки и сопредельных территорий.

Составили В.И. Толстошеев, С.А. Кручек и П.О. Сахарук по материалам Р.Е. Айзберга, В.Н. Бескопыльного, Я.Г. Грибика, В.К. Голубцова, И.Д. Кудрявца, С.Н. Гузика, М.Г. Левого, А.П. Хуторцовой, В.Д. Серебrenниковой и др

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ К РИСУНКУ 3

 D₃f граница распространения отложений франского яруса верхнего девона

 а изогипсы поверхности отложений франского яруса верхнего девона (в км):
а – основные, б – дополнительные, в – предполагаемые

Разломы

(установленные показаны сплошной линией, предполагаемые – пунктиром):

Нарушающие или ограничивающие распространение отложений франского яруса верхнего девона:

суперрегиональные (краевые):

1 – Северо-Припятский, 2 – Южно-Припятский, 3 – Северо-Днепровский, 4 – Южно-Днепровский

региональные:

5 – Малиновско-Глазовский, 6 – Городокский, 7 – Глушко-Щербовский, 8 – Речицко-Вишанский гребневой, 9 – Червонослободско-Малодушинский уступовой, 10 – Азерецко-Хобнинский гребневой, 11 – Шестовичско-Гостовский, 12 – Буйновичско-Наровлянский уступовой, 13 – Симоновичско-Аравичский, 14 – Лоевский, 15 – Верхнеднепровский, 16 – Репкинский, 17 – Черниговский, 18 – Ведильцевский

субрегиональные:

19 – Первомайский, 20 – Александровский, 21 – Межинский, 22 – Шарпиловский, 23 – Михальковский, 24 – Некрасовско-Артуковский, 25 – Северо-Надвинский, 26 – Крупейский, 27 – Бывальковский, 28 – Мокрецкий, 29 – Чемерисский, 30 – Радинский, 31 – Ясенский, 32 – Омельковщинский, 33 – Мозырский, 34 – Северо-Хойникский, 35 – Наровлянский, 36 – Великопольско-Стреличевский, 37 – Восточно-Выступовичский, 38 – Гомельский, 39 – Западно-Чёнковский

локальные:

40 – Вышемировский, 41 – Абакумовский, 42 – Новоборщовский, 43 – Алешковский, 44 – Деражичский, 45 – Михаловский, 46 – Савичский, 47 – Южно-Горошковский, 48 – Гуньковский, 49 – Кувечичский, 50 – Белицкий

погребенные разломы

Тектонические структуры:

- А – Брагинско-Лоевская структурная перемычка
- Б – Припятский грабен (восточная часть)
- В – Северо-Припятское плечо (восточная часть)
- Г – Гомельская структурная перемычка
- Д – Воронежская антеклиза (Гремячский погребенный выступ)
- Е – Днепровский грабен

 + + выступы кристаллического фундамента

 - - - граница Гремячского погребенного выступа

Тектонические структуры

Брагинско-Лоевской структурной перемычки:

- 1 – Кулажинский выступ
 - 2 – Дублинский горст
 - 3 – Алексеевская ступень
 - 4 – Ручаевский грабен
 - 5 – Колпенский горст
 - 6 – Лоевская ступень
- } Брагинский мегавыступ

Блоки Гомельской структурной перемычки

(цифры в квадратах):

- 1 – Чёнковский
- 2 – Урицкий

Зоны приразломных поднятий:

- 1 – Александровская
- 2 – Речицко-Вишанская
- 3 – Червонослободско-Малодушинская

Тектонические ступени:

Северо-Припятского плеча:

- I – Городокская
- II – Хатецкая

Припятского грабена:

- III – Речицко-Шатилковская
- IV – Червонослободско-Малодушинская
- V – Азерецко-Хобнинская
- VI – Центрально-Припятский приосевой грабен
- VII – Шестовичско-Гостовская
- VIII – Хойникский погребенный выступ
- IX – Ельско-Наровлянская

Днепровско-Донецкого прогиба:

- X – Ловиньская
 - XI – Красковская
 - XII – Павловская
 - XIII – Комаринская
- } Центрально-Днепровский приосевой грабен

Сбросо-блоковые уступы Припятского прогиба:

- XIV – Северо-Припятский
- XV – Южно-Припятский

Моноклинали Днепровско-Донецкого прогиба:

- XVI – Северо-Приднепровская
- XVII – Южно-Приднепровская

Синклинальные зоны:

- 4 – Предберезинская
- 5 – Предалександровская
- 6 – Предречицкая
- 7 – Преднаровлянская
- 8 – Южно-Ельская

Локальные структуры по поверхности отложений франского яруса верхнего девона:

Гемиянтиклинали, брахиянтиклинали, гемибрахиянтиклинали, периклинали, купола, структурные носы

Синклинали, брахисинклинали, гемисинклинали, гемибрахисинклинали, мульды, структурные заливы

- 1 – Белужская брахиянтиклиналь
- 2 – Хатецкая брахиянтиклиналь
- 3 – Решетниковский купол
- 4 – Борховская гемибрахиянтиклиналь
- 5 – Александровский структурный нос
- 6 – Речицкая брахиянтиклиналь
- 7 – Южно-Хоминская гемибрахиянтиклиналь
- 8 – Западно-Лоевская брахиянтиклиналь
- 9 – Южно-Абакумовская периклиналь
- 10 – Вышемировская гемибрахиянтиклиналь
- 11 – Восточно-Вышемировский структурный нос
- 12 – Островская гемибрахиянтиклиналь
- 13 – Радужская гемибрахиянтиклиналь
- 14 – Дубровицкая гемиантиклиналь
- 15 – Горошковская гемибрахиянтиклиналь
- 16 – Майская брахиянтиклиналь
- 17 – Западно-Ручаевский купол
- 18 – Восточно-Ручаевская гемибрахиянтиклиналь
- 19 – Селецкий структурный нос
- 20 – Котловицкая брахиянтиклиналь
- 21 – Наровлянская гемиантиклиналь
- 22 – Стреличевский структурный нос
- 23 – Савичская гемиантиклиналь
- 24 – Грибоворуднянский структурный нос
- 25 – Каменский структурный нос
- 26 – Гуньковский структурный нос

- 27 – Северо-Городокская синклиналь
- 28 – Шиховская брахисинклиналь
- 29 – Заречьевская брахисинклиналь
- 30 – Забродьевская синклиналь
- 31 – Щербовская гемибрахисинклиналь
- 32 – Мирная брахисинклиналь
- 33 – Восточно-Первомайская гемибрахисинклиналь
- 34 – Салтановская брахисинклиналь
- 35 – Южно-Александровская синклиналь
- 36 – Южно-Речицкая гемисинклиналь
- 37 – Мокановичская гемисинклиналь
- 38 – Велетинская брахисинклиналь
- 39 – Северо-Наровлянская гемиантиклиналь
- 40 – Дерновичская синклиналь
- 41 – Артуковская гемибрахисинклиналь
- 42 – Южно-Лоевская брахисинклиналь
- 43 – Южно-Ястребская гемиантиклиналь
- 44 – Николаевская брахисинклиналь
- 45 – Петрицкая мульда
- 46 – Южно-Ручаевская брахисинклиналь
- 47 – Олишевская синклиналь
- 48 – Северо-Репкинская мульда
- 49 – Голубицкий структурный залив
- 50 – Роищенская гемисинклиналь
- 51 – Семаковский структурный залив
- 52 – Южно-Ведильцевская мульда

Скважины:

Глубокие:

-  нефтяные
-  параметрические

Мелкие:

-  на поиски трубок взрыва
-  на поиски углей карбона
-  гидрогеологические
-  структурные

- Алек. – Александровская
- Ант. – Антоновская
- Арав. – Аравичская
- Арт. – Артуковская
- Барс. – Барсуковская
- Бор. – Борусская
- Борх. – Борховская
- Борщ. – Борщевская
- Вас. – Василевская
- Вед. – Ведильцевская
- Вел. – Великоборская
- Вепр. – Вепровская
- Ветх. – Ветхинская
- Выш. – Вышемировская
- В.-Баб. – Восточно-Бабичская
- В.-Ель. – Восточно-Ельская
- В.-Нар. – Восточно-Наровлянская
- В.-Сем. – Восточно-Семеновская
- Горд. – Гордеевская
- Гр.-Р. – Грибоворуднянская
- Гунык. – Гуньковская
- Днепр. – Днепровская
- Жел. – Желоньская
- З.-Алек. – Западно-Александровская

- Зап.-Лев. – Западно-Левашовская
- Калин. – Калининская
- Керб. – Кербецкая
- Ком. – Комаринская
- Конот. – Конотопская
- Коп. – Копаньская
- Кр.-С. – Красносельская
- Лет. – Летешинская
- Лов. – Ловиньская
- Лоев. – Лоевская
- Лом. – Ломышская
- Мак. – Мокановичская
- Мал. – Малодушинская
- Малин. – Малиновская
- Меж. – Межинская
- Мик. – Микуличская
- Мир. – Мирная
- Мих. – Михальковская
- Мок. – Мокишская
- Надв. – Надвинская
- Озерщ. – Озерщинская
- Олиш. – Олишевская
- Омельк. – Омельковщинская
- Пак. – Пакульская

- Пион. – Пионерская
- Рад. – Радомлянская
- Раищ. – Раищенская
- Реб. – Ребусская
- Репк. – Репкинская
- Реч. – Речицкая
- Реш. – Решетниковская
- Руч. – Ручаевская
- Стр. – Стреличевская
- Строев. – Строевская
- С.-Карп. – Северо-Карповичская
- С.-Репки – Сорокошичи-Репки
- С.-Хой. – Северо-Хойникская
- Тулг. – Тульговичская
- Удал. – Удалевская
- Хат. – Хатецкая
- Хой. – Хойникская
- Черн. – Черниговская
- Щерб. – Щербовская
- Юрев. – Юревичская
- Ю.-Алек. – Южно-Александровская
- Ю.-Баб. – Южно-Бабичская

 1 скважина, в числителе ее номер, в знаменателе абсолютная отметка поверхности отложений франского яруса (в метрах)

 XII_{3/84-85} сейсмические профили

 - - - государственная граница Республики Беларусь

северо-восток в сторону Днепровско-Донецкого прогиба, а на крыльях поверхность погружается от свода структуры на север и юг. Крайний западный блок расположен между Лоевским региональным и Ясенским субрегиональным разломами. Он наиболее погружен, и франская поверхность здесь наклонена с юго-востока на северо-запад от отметок изолиний -400 до -1400 м. На юге западный блок граничит с приподнятым небольшим блоком, разбитым локальными разрывами на три еще более мелких блока с наклоном франской поверхности с юга на север или с севера на юг от -400 до -600 м. Этот блок отчетливо выделяется на сейсмогеологическом разрезе П₇₈₅.

Алексеевская ступень (3) расположена южнее Ручаевского грабена и соответствует средней части Брагинского мегавыступа. Она ограничена на западе и востоке субмеридиональными Лоевским и Верхнеднепровским региональными, а на севере и юге субширотными Мокрецким и Чемерисским субрегиональными разломами. Алешковский разлом разделил ступень на западный и восточный (более крупный) блоки. Первый из них разбит локальными разломами и здесь образовалась небольшая Котловицкая брахиантиклиналь с отметками изогипс -400 до -500 м и амплитудой 100 м. В пределах ступени поверхность отложений франского яруса скважинами пока не вскрыта, но на восточном блоке с привлечением разреза по региональному профилю XII_{3/84-85} она с небольшим наклоном погружается с юга на север от отметок изолиний -600 до -650 м.

Ручаевский грабен (4) расположен к югу от Колпенского горста и ограничен Бывальковским и Мокрецким субрегиональными разломами. Здесь франская поверхность вскрыта двумя скважинами: Ручаевская 1-р и Брагинская 1-р (см. табл.). Грабен разделен Алешковским локальным разрывом на западный и восточный блоки, на которых по поверхности франских отложений выделяется несколько положительных и отрицательных локальных структур.

На северном участке западного блока во франской поверхности возле Бывальковского разлома образовался Западно-Ручаевский купол с отметкой изогипсы -1000 м. На южном участке блока под действием локальных разрывов образовались два небольших блока с погружением франской поверхности с юга на север предположительно от -700 до -900 м. К северу от них выделился Селецкий структурный нос, осложненный куполом с отметкой изолинии -1000 м. Между Западно-Ручаевским куполом и Селецким структурным носом

прослеживается седловина, к западу и востоку от которой сформировались Петрицкая мульда и Южно-Ручаевская брахисинклиналь с отметками изолиний от -1300 до -1700 м. На крайнем северо-восточном участке блока возле двух разломов расположена Восточно-Ручаевская гемибрахиант-тиклиналь с отметками изогипс от -1000 до -1200 м, амплитудой 200 м.

Восточный блок разбит Деражичским разломом на два более мелких блока. В одном из них в поверхности франских образований выделяется Николаевская гемибрахисинклиналь возле Бывальковского разлома (отметки изолиний от -1300 до -1500 м). К югу от нее оконтурен структурный залив с отметкой изогипсы -1100 м, осложненный мульдой с отметкой изолинии -1300 м, а на северо-востоке гемибрахисинклиналь граничит с периклиналию Радульской брахиантиклинали, нарушенной разломами. На северном участке другого блока расположена периклиналию Радульской брахиантиклинали с отметками изогипс от -1000 до -1200 м и амплитудой 200 м, а на южном – прослеживается небольшая моноклиналию с погружением франской поверхности на северо-восток также от -1000 до -1200 м. Среднюю часть этого блока занимает центриклиналь с отметками изолиний от -1300 до -1400 м. Погружение франской поверхности в ней происходит с запада на восток, и она является частью Семаковского структурного залива Днепровско-Донецкого прогиба, отделенной от него Верхнеднепровским региональным разломом.

Колпенский горст (5) расположен в северной части Брагинского мегавыступа южнее Лоевской ступени. Он ограничен Крупейским и Бывальковским субрегиональными разломами. Новоборщовский локальный разрыв разделил горст на северную и южную части. Франская поверхность в пределах горста, по аналогии с поверхностью Лоевской ступени, в северной части оказалась более контрастной и ее наклон в основном направлен с юга на север. Здесь проявились локальные структуры: Островская гемибрахиантиклиналь с отметками изолиний -1000 и -1100 м, амплитудой 100 м, а также граничащие с ней Южно-Ястребская гемисинклиналь и небольшая центриклиналь с отметками изогипс от -1300 до -1600 м. Южная часть горста разбита Алешковским локальным разрывом на западный и восточный блоки. На западном блоке обозначилась моноклиналию с погружением франской поверхности с северо-запада на юго-восток от -850 до -1000 м. Восточный блок нарушен Деражичским локальным разломом, который разделил его на два более мелких блока. В од-

ном из них образовалась северная центриклиналь Николаевской брахисинклинали с величинами изолиний от -1100 до -1400 м, амплитудой 300 м, а в другом блоке сформировалась Радульская гемибрахисинклиналь с отметками изогипс от -900 до -1300 м и амплитудой 400 м. Оба небольших блока с названными локальными структурами отделяются Бывальковским субрегиональным разломом от Ручаевского грабена.

В пределах *Лоевской ступени* (6) поверхность франских отложений ограничена на севере восточным окончанием Речицко-Вишанского регионального гребневого разлома, на юге – Крупейским субрегиональным, на западе – Вышемировским локальным, а на востоке – Верхнеднепровским региональным разломами. Внутри ступени прослеживаются Некрасовско-Артуковский и Северо-Надвинский субрегиональные, Абакумовский и несколько других локальных разломов, которые образовали ряд небольших блоков с моноклиальным погружением поверхности франских образований преимущественно с юга на север. В пределах данной ступени образования франского яруса вскрыты в скважинах: Артуковская 3-р, Лоевские 1-р и 3-р, Ястребовка 3-к (см. табл). На структурной карте франской поверхности (см. рис. 3) прослеживаются несколько локальных структур, к которым относятся Западно-Лоевская брахисинклиналь и Южно-Абакумовская периклинали с отметками изолиний от -1700 до -2000 м и амплитудами по 300 м, а также Южно-Лоевская брахисинклиналь с величинами изолиний от -2100 до -2500 м, амплитудой 400 м и Артуковская гемибрахисинклиналь, ограниченная разломами и показанная изогипсами от -3500 до -3900 м, амплитудой 400 м. На самом юго-западном участке возле схождения Вышемировского и Крупейского разрывных нарушений сформировался плавный структурный нос с наклоном франской поверхности с юга на север от отметок изолиний -1500 до -2000 м и амплитудой 500 м.

С запада Брагинско-Лоевскую перемышку ограничивает *Припятский прогиб*, в состав которого входят Припятский грабен (Б) и Северо-Припятское плечо (В). В рамках карты рассматриваются только их сопредельные с Брагинско-Лоевской перемышкой восточные части.

В восточной части *Припятского прогиба* на формирование структурного плана франской поверхности большое влияние оказал галокинез в верхнефранской соленосной толще, соответствующей в возрастном отношении анисимовскому и сколодинскому горизонтам евлановского надгори-

зонта и чернинскому горизонту, а также проявление здесь вулканической деятельности в речицкое, воронежское, евлановское и чернинское время. Верхнефранские соленосные образования способствовали переходу от блоковых структур подсолевых карбонатных (саргаевско-нижнеевлановских) к пликвативным структурам межсолевых (домановичско-петриковских) отложений [5]. В рассматриваемой восточной части Припятского прогиба по соотношению крупных блоковых полей между собой, региональных наклонов поверхности франских отложений в их пределах достаточно четко выделяются те же блоковые структуры, что и в подсолевых терригенных (наровско-желонских), и в подсолевых карбонатных (саргаевско-нижнеевлановских) отложениях: Городокская и Хатецкая ступени (на Северо-Припятском плече), Северо-Припятский и Южно-Припятский сбросовые бортовые уступы, Речицко-Шатилковская, Червонослободско-Малодушинская, Азерецко-Хобнинская, Шестовичско-Гостовская, Ельско-Наровлянская ступени, Центрально-Припятский приосевой грабен и Хойникский погребенный выступ (в Припятском грабене). Эти крупные тектонические структуры сочленяются по протяженным разрывным нарушениям преимущественно сбросового типа, амплитуда которых часто достигает сотен метров.

В зонах сочленения ступеней в поднятых крыльях разломов развиты протяженные зоны приразломных поднятий и валы, состоящие из отдельных локальных поднятий, а в опущенных приразломных частях ступеней – параллельные им зоны приразломных опусканий и синклиналильные зоны.

В северной части *Припятского грабена* протягивается узкий *Северо-Припятский сбросовый уступ* (XIV), ограниченный Северо-Припятским краевым и Глуско-Щербовским региональным разломами (см. рис. 3). Бортовой уступ разбит локальными разломами на небольшие блоки, на некоторых из них пробурены глубокие нефтяные скважины (скв. Копаньская 1-р и др.), вскрывшие поверхность франских образований. На восточном окончании бортового уступа франские отложения отсутствуют (скв. Пионерская 2-р). На блоках франская поверхность наклонена с севера на юг в сторону Припятского грабена от отметок изолиний -1600 до -3000 м.

Далее в южном направлении в пределах Припятского грабена располагается *Речицко-Шатилковская ступень* (III), которая по поверхности фундамента и подсолевых отложений ограничена региональными разломами: на севере –

Глуско-Щербовским, а на юге – Речицко-Вишанским [2; 3]. Ступень вытянута в субширотном направлении и с северо-востока обрамляет Брагинско-Лоевскую перемычку (см. рис. 3). На формирование поверхности рассматриваемых образований в пределах Речицко-Шатилковской ступени большое влияние оказала соляная тектоника, проявившаяся здесь в верхнефранской соленосной толще. Ниже отметим некоторые особенности строения этой ступени.

В северной и средней частях Речицко-Шатилковской ступени на рассматриваемую структурную поверхность оказали влияние проявившиеся здесь субширотные Александровский и Межинский субрегиональные разломы, над которыми сформировалась Александровская зона приразломных поднятий. Западный и восточный фланги Александровского разрывного нарушения оказались погребенными под чернинскими соленосными породами, а над его средней частью образовался Александровский структурный нос (скв. 3 и другие на карте (см. рис. 3)) с отметками изолиний от -2200 до -3700 м и амплитудой -1500 м. Возле Северо-Припятского сбросо-блокового бортового уступа Припятского грабена на большом протяжении с запада на восток сформировалась Предберезинская синклиналичная зона. Ее восточное окончание (см. рис. 3) ограничено Александровской зоной приразломных поднятий от Предалександровской синклиналичной зоны. В восточном окончании Предберезинской синклиналичной зоны образовались Восточно-Первомайская (скв. Озерщинская 29-р) и Щербовская (скв. Копаньская 6-р, Щербовская 3-р) гемибрахисинклинали с отметками изогипс -3900 и -4200 м соответственно и Мирная брахисинклинали (скв. Мирная 1-р) со значением изолинии -2400 м. Восточно-Первомайская гемибрахисинклинали прижата к субмеридиональному флангу Первомайского субрегионального разлома. Его западное субширотное продолжение погребено под соленосными породами чернинского горизонта верхнефранского подъяруса (см. рис. 3). Над поднятым крылом разлома образовался небольшой структурный нос с отметкой изолинии -3700 м. Он отделил восточное окончание Предберезинской синклиналичной зоны, а к западу от него в рамках карты показано центриклинальное замыкание этой зоны, расположенное возле регионального Глуско-Щербовского разлома с отметками изогипс от -3800 до -4100 м и амплитудой 300 м.

В южной части Речицко-Шатилковской ступени, относящейся к Предалександровской синклиналичной зоне, выделились Салтановская брахисинкли-

наль (скв. Вибраторная 1-р) с отметкой изогипсы -3900 м и Южно-Александровская синклинали со значением изолинии -3500 м, осложненная двумя брахисинклиналими с отметками изогипс -3600 м. Восточное центриклинальное замыкание синклинали нарушено Шарпиловским субрегиональным разломом. В юго-восточной части ступени, помимо Шарпиловского разлома, в структуре франской поверхности проявились также Михальковский субрегиональный разлом и несколько локальных разрывных нарушений. Возле них образовалось несколько локальных положительных и отрицательных структур с отметками изогипс от -1700 до -2300 м, в том числе Южно-Хоминская гемибрахисинклинали (-1600 м, амплитуда 100 м). Над Речицко-Вишанским гребневым разломом образовалась Речицко-Вишанская зона приразломных поднятий. В ее юго-западной части к Речицко-Вишанскому гребневому разлому прижата Речицкая солевая брахисинклинали (скв. 3, 13, 17, 21, 25 на карте (см. рис. 3)) с отметками изолиний от -2200 до -2400 м, амплитудой 200 м. Она граничит на севере с Салтановской брахисинклиналию. В средней части Речицко-Вишанской зоны приразломных поднятий франские отложения разбиты локальными разрывами на мелкие блоки, в которых франская поверхность моноклинально погружается с севера на юг от отметок -2600 до -3200 м и глубже. В поисках нефти на этих блоках было пробурено много глубоких нефтяных скважин, которые вскрыли весь разрез франских образований и способствовали отображению на карте структурной поверхности названных отложений.

Южнее Речицко-Шатилковской ступени с запада к Брагинско-Лоевской перемычке примыкает целый ряд структур, начиная с *Червонослободско-Малодушинской ступени (IV)*, которая по поверхности фундамента и подсолевым образованиям ограничена региональными разломами: Речицко-Вишанским на севере и Червонослободско-Малодушинским уступовым на юге, а Вышемировский локальный разлом отделяет данную ступень от Брагинско-Лоевской перемычки. Все эти разломы проявляются и в структуре поверхности франских отложений. В северной части ступени возле Речицко-Вишанской зоны приразломных поднятий разместилась крупная Предречицкая синклиналичная зона. В ее восточной части обособилась Южно-Речицкая гемисинклинали с отметками изогипс от -3500 до -5400 м и амплитудой 1900 м, прижатая к Речицко-Вишанскому разлому. В пределах карты (см. рис. 3) на данной ступени франская поверхность имеет разное простира-

в западной части она наклонена с юга на север, а в восточной – с севера на юг и с юго-востока на северо-запад. В юго-восточной части ступени выделяются Вышемировская гемибрахиантиклиналь (скв. Вышемировская 4-р) с отметкой изогипсы -2300 м и амплитудой 200 м и Восточно-Вышемировский структурный нос (скв. Малодушинские 1-р, 9-р и др.). Гемибрахиантиклиналь ограничивает локальный разлом, а структурный нос прижат к Вышемировскому и Лоевскому разломам с погружением поверхности франских отложений в северо-западном направлении от -2000 до -2500 м и глубже. Над Червонослободско-Малодушинским уступовым разломом сформировалась одноименная зона приразломных поднятий. Здесь локальными разрывами поверхность франских образований разбита на небольшие блоки, на которых тоже пробурен ряд нефтяных глубоких скважин, уточнивших структуру поверхности изучаемых отложений на исследуемой территории.

Южнее находится *Азерецко-Хобнинская ступень*, ограниченная на севере Червонослободско-Малодушинским уступовым, а на юге – Азерецко-Хобнинским гребневым региональными разломами. В западной части ступени франские образования нарушены Омельковщинским субрегиональным разломом, а в восточной сформировалась крупная Дубровицкая гемиантиклиналь с отметками изогипс от -1800 до -4500 м и амплитудой 2700 м. Франская поверхность здесь приобрела наклон с востока на запад и с юго-востока на северо-запад. Гемиантиклиналь прижата к Омельковщинскому разлому и северо-восточному флангу Азерецко-Хобнинского разрывного нарушения. В юго-западной части ступени между Омельковщинским и Азерецко-Хобнинским разломами образовались Макановичская гемисинклиналь (скв. Макановичские 1-р, 2-р) с отметками изолиний от -3100 до -3700 м и амплитудой 600 м, а также структурный нос со значениями изогипс от -2600 до -2900 м и амплитудой 300 м. К востоку от гемисинклинали франская поверхность моноκлиально поднимается от отметок изогипс -3000 до -1800 м. Верхнефранские солевые отложения на ступени перекрыли многие мелкие блоки подстилающих подсолевых карбонатных отложений, ограниченных локальными разрывами.

Дальше в южном направлении следует *Центрально-Припятский приосевой грабен (VI)*, который в рамках карты представлен только своей восточной частью (см. рис. 3). Он вытянут в субширотном направлении и отделен на севере Азерецко-Хобнинским гребневым, а на юге – Шесто-

вичско-Гостовским региональным разломами от одноименных ступеней [2; 3]. Плоскости сбрасывателей этих разломов направлены соответственно с севера на юг и с юга на север. На востоке грабен граничит с Хойникским выступом. На западном участке грабена возле субрегионального разлома образовалась небольшая брахиантиклиналь с отметками изогипс от -2600 до -2800 м и амплитудой 200 м. На восточном участке грабена по поверхности франских отложений выделилась моноκлиаль с подъемом в восточном направлении от -2900 до -900 м. Между моноκлиалью и брахиантиклиналью расположены два структурных залива со значениями изолиний от -3100 до -3400 м.

Шестовичско-Гостовская узкая субширотная ступень (VII), которая примыкает с юга к приосевому грабену и отделена от него Шестовичско-Гостовским региональным разломом. На юге ступень граничит с Ельско-Наровлянской ступенью и отграничена от нее Буйновичско-Наровлянским региональным уступовым разломом. На востоке ступень граничит с Хойникским выступом. В средней части ступени проявился Мозырский субширотный субрегиональный разлом. Между Мозырским и Буйновичско-Наровлянским разломами расположена Преднаровлянская синκлиальная зона, в восточной части которой сформировалась Северо-Наровлянская гемисинκлиаль (скв. Мозырская 1-р) с отметками изогипс от -3000 до -3800 м. В северо-восточном направлении от нее образовалась моноκлиаль, на которой поверхность франских отложений погружается в сторону синκлинали от -1200 до -3000 м. Другая моноκлиаль образовалась между Шестовичско-Гостовским и Мозырским разломами с наклоном франской поверхности с востока на запад от -2100 до -3500 м.

Из тектонических структур восточной части Припятского грабена особо выделяется *Хойникский погребенный выступ (VIII)*, который примыкает на востоке к Брагинскому мегавыступу, на севере – к Азерецко-Хобнинской, на юге – к Шестовичско-Гостовской и Ельско-Наровлянской ступеням, а на западе – к Центрально-Припятскому приосевому грабену. В отличие от мелкоблоковой структуры подсолевых карбонатных отложений во франской структурной поверхности прослеживаются только пять более крупных блоков, ограниченных разломами, среди которых выделяются Южно-Горошковский локальный и Северо-Хойникский субрегиональный. Поверхность франских отложений на блоках наклонена преимущественно с юго-востока на северо-запад. В северных двух блоках выделились Горошковская

гемибрахиантиклиналь (скв. Северо-Хойникская 1-р), прижатая к Южно-Горошковскому разлому и отрисованная изолиниями от -1300 до -1500 м, с амплитудой 200 м, и Майская брахиантиклиналь, расположенная между тремя разломами и показанная изогипсами -1500 и -1600 м (см. рис. 3). По сейсмическим данным брахиантиклиналь осложнена двумя небольшими малоамплитудными брахиантиклиналями с отметками изолиний -1400 м. В центральной и южной частях Хойникского выступа, ограниченных Северо-Хойникским субрегиональным и Буйновичско-Наровлянским региональными разломами, по фундаменту и подсолевым отложениям образовалось несколько мелких блоков, разбитых локальными разрывами. Они перекрыты верхнефранской соленосной толщей без ее нарушения. В проекции над погребенными блоками по поверхности франских отложений сформировалась Велетинская брахисинклиналь (скв. Хойникская 1-р) с отметками изогипс от -1500 до -1900 м и амплитудой 400 м. Ее юго-западная центриклиналь нарушена локальными разрывами, а южное крыло моноклинально воздымается на юго-восток к Великопольско-Стреличевскому разлому от -1400 до -1077,4 м (скв. Микуличская 2-р). Велетинская брахисинклиналь граничит на востоке с более приподнятым блоком Хойникского выступа, который разбит локальными разрывами на три более мелких блока с разнонаправленным наклоном поверхности франских отложений предположительно от -700 до -2000 м.

Ельско-Наровлянская ступень протягивается в субширотном направлении в южной части Припятского грабена. На севере ступень ограничена Буйновичско-Наровлянским уступовым разломом. Его восточный, проблематичный фланг погребен под верхнефранской соленосной толщей пород и в структуре франской поверхности не проявляется. На юге границей ступени по поверхности кристаллического фундамента служит Симоновичско-Аравичский региональный разлом, но в поверхности франских отложений он проявляется только на отдельных участках, и распространение названных образований ограничивает Восточно-Выступовичский субрегиональный разлом. В северной части ступени образовалась Наровлянская гемиантиклиналь (скв. Восточно-Наровлянская 1-р) с отметками изогипс от -1000 до -2000 м и амплитудой 1000 м. Она прислонена к Буйновичско-Наровлянскому разлому, а ее восточная периклиналь нарушена Наровлянским субрегиональным разрывом. Между гемиантиклиналью и Великопольско-Стреличевским субрегиональным разломом на севере

и Восточно-Выступовичским субрегиональным разломом на юге сформировалась протяженная Южно-Ельская синклиналиная зона Припятского прогиба, в восточной части которой обособилась крупная Дерновичская синклиналь со значениями изолиний от -2500 до -4200 м и амплитудой 1700 м. Великопольско-Стреличевский субрегиональный разлом частично отделяет синклиналь от гемиантиклинали. К северу от синклинали протянулся структурный залив, который ограничивается Великопольско-Стреличевским разрывным нарушением на западе, а на востоке залив огибает Стреличевский структурный нос (скв. Стреличевские 1-р – 5-р) с отметками изогипс от -900 до -1500 м и амплитудой 600 м. Структурный нос отделен от Брагинского мегавыступа Лоевским разломом.

Южно-Припятский сбросо-блоковый уступ ограничен Симоновичско-Аравичским региональным и Южно-Припятским краевым разломами. Симоновичско-Аравичский разлом оказался погребенным под толщей франских образований, а Восточно-Выступовичский промежуточный субрегиональный разлом ограничивает их распространение на восточном и частично южном участках Южно-Припятского уступа, где они отсутствуют вследствие размыва (см. рис. 3).

В восточной части Северо-Припятского плеча (В) Припятского прогиба поверхность образований франского яруса в рамках карты показана только для Городокской и Хатецкой ступеней, более подробно их строение показано в работе В.И. Толстошеева и других авторов (2015) [4, см. рис. 3, 4].

Городокская ступень (I) ограничена на севере Малиновско-Глазовским, а на юге Городокским региональными разломами. Между ними расположилась Северо-Городокская синклиналь, отрисованная изогипсой -700 м. Она осложнена Шиховской и Заречьевской брахисинклиналями с отметками изогипс соответственно -750 и -800 м. К востоку от синклинали сформировалась моноклиналь с подъемом франской поверхности в северо-восточном направлении от -400 до -100 м. Моноклиналь прижата к коленообразному восточному окончанию Малиновско-Глазовского разлома. На ней отложения чернинского горизонта выполнены вулканогенными породами (скв. Уваровичи 65, 65а, Урицкие 804, 805 и др.).

Хатецкая ступень (II) ограничена на севере Городокским региональным, а на юге Северо-Припятским краевым глубинным разломами. Возле последнего образовалась приразломная антиклиналь с отметкой изолинии -1100 м. В ее

своде выделились Белужская и Хатецкая брахиантуклинали с отметками изогипс -1000 м. Данная антиклиналь граничит с субширотным структурным носом, отрисованным изолинией -1100 м и расположенным между двумя вышеназванными разломами. На его западном участке выделился Решетниковский купол (скв. Решетниковская 1-р) с отметкой изогипсы -800 м. К востоку от купола образовались Борховская гемибрахиантуклинали (скв. Борховская 1-р) со значением изолинии -800 м и амплитудой 140 м, а также моноклинали с подъемом поверхности франских отложений в восточном направлении от -800 до -400 м и ограниченной тремя крупными разрывными нарушениями. К северу от антиклинали и структурного носа образовалась Забродьевская синклинали с отметкой изолинии -1500 м.

Восточнее Северо-Припятского плеча располагается Гомельская структурная перемычка (Г), строение поверхности отложений франского яруса которой описано в работе В.И. Толстошеева и других авторов (2018) [14, см. рис. 1].

Гомельская структурная перемычка граничит на западе и севере с Северо-Припятским плечом, на юге – с Припятским грабеном, на востоке – с Клиновским грабеном и Гремячским погребенным выступом Воронежской антеклизы, а на юго-востоке – с северо-западным участком Северо-Приднепровской моноклинали Днепровско-Донецкого прогиба. На западе перемычка ограничивается Малиновско-Глазовским региональным, на востоке – Гомельским субрегиональным, на юге – Северо-Припятским краевым и Верхнеднепровским региональным разломами. На севере граница перемычки проходит по Белицкому локальному разлому. Он выделяется на сейсмических разрезах по профилям XII₉₉₁ (И.Д. Кудрявец) и XIV₀₁₁₆₋₁₈ (А.В. Живица и др.) и отделяет опущенный с небольшой амплитудой Уваровичский блок Буда-Кошелевской ступени Северо-Припятского плеча от приподнятого Урицкого блока Гомельской структурной перемычки [14].

По тектоническим особенностям строения поверхности франских отложений на Гомельской структурной перемычке выделяются три части: западная мелкоблоковая, южная среднеблоковая и восточная крупноблоковая (Чёнковский блок). Все выделенные блоки и разноранговые разломы с географическими названиями, а также структура поверхности отложений франского яруса были детально описаны в ранее опубликованной статье [14]. Отметим только, что поверхность франских образований на Гомельской перемычке в целом приоб-

рела наклон с севера на юг. Отличие здесь состоит в тектоническом нарушении разрывами и углах наклона этой поверхности, а также глубине залегания франских образований. В западной части перемычки франская поверхность погружается от -113 м (скв. Урицкое 67) до -271,2 м (скв. Гомель 792), в южной части ее падение происходит от -300 до -600 м, а в Чёнковском блоке наблюдается более плавное опускание от -114,0 м (скв. Урицкое 24) до -587,7 м (скв. Терюха 86-у) и глубже.

Восточнее Гомельской структурной перемычки расположена *Воронежская антеклиза*, которая на карте (см. рис. 3) представлена Гремячским погребенным выступом фундамента, расположенным в ее юго-западной части (скв. Поддобрянка 37-к). Здесь исследуемые отложения франского яруса отсутствуют.

С востока к Брагинско-Лоевской перемычке примыкает *северо-западная часть Днепровско-Донецкого прогиба*. В ее пределах при участии краевых и региональных разломов образовались Ловиньская, Красковская, Павловская и Комаринская ступени. Как отмечалось выше, Красковская и Павловская ступени входят в состав Центрально-Днепровского приосевого грабена. К северу и югу от Северо- и Южно-Днепровского краевых разломов расположены соответственно Северо- и Южно-Приднепровские моноклинали. Из них Северо-Приднепровская моноклинали граничит на севере с Гремячским погребенным выступом Воронежской антеклизы, а Южно-Приднепровская протянулась вдоль юго-восточного склона Украинского щита.

На *Северо-Приднепровской моноклинали* расположились северное крыло и восточная центриклинали крупной Олишевской синклинали, нарушенной Северо-Днепровским краевым разломом. К осевой линии синклинали франская поверхность погружается от -1000 до -1700 м, а амплитуда равна 700 м. На западе два структурных носа с отметками изолиний от -900 до -1300 м и амплитудами от -200 до -300 м отделяют синклинали от центриклинали с величинами изогипс от -1300 до -1600 м и амплитудой 300 м. Последняя утыкается в Верхнеднепровский региональный разлом.

Ловиньская ступень ограничена Северо-Днепровским краевым разломом на севере, а Верхнеднепровским и Репкинским региональными разломами соответственно на западе и юге. Репкинский разрыв, по-видимому, является продолжением регионального Речицко-Вишанского гребневого разлома. Ступень простирается в диагональном направлении с юго-востока на северо-запад и рас-

положена между Северо-Приднепровской моноклиналию и Красковской ступенью. На Ловиньской ступени выделяется несколько локальных структурных форм. Возле Северо-Днепровского разлома на ступень заходит южная часть Олишевской синклинали, осложненная мульдой с отметкой изогипсы -2500 м. На юго-западе синклиналь граничит с Грибоворуднянским структурным носом, осложненным в своде малоамплитудными структурами: куполом с величиной изолинии -1350 м и мульдой с изогипсой -1400 м. К югу от синклинали между Северо-Днепровским и Репкинским разрывными нарушениями сформировались Северо-Репкинская мульда с отметками изогипс от -1700 до -2000 м и амплитудой 300 м и далее от нее на восток – Голубичский структурный залив с величиной изолинии -1600 м, осложненный двумя брахисинклиналиями с отметками изогипс -1700 м. На Ловиньской ступени Олишевская синклиналь, Северо-Репкинская мульда и Голубичский структурный залив образовали синклинальную зону по поверхности отложений франского яруса.

Центрально-Днепровский приосевой грабен выделяется в средней части Днепровско-Донецкого прогиба. Он ограничен на западе Верхнеднепровским, на севере и юге соответственно Репкинским и Ведильцевским региональными разломами. Грабен включает Красковскую и Павловскую ступени.

Красковская ступень ограничена несколькими региональными разломами: Репкинским и Черниговским на севере и юге, а Верхнеднепровским – на западе. Ступень протягивается в диагональном направлении. В структуре франской поверхности здесь между двумя названными разрывными нарушениями сформировался унаследованный от поверхности фундамента крупный Каменский структурный нос с погружением описываемой поверхности с северо-запада на юго-восток от -1200 до -2000 м и амплитудой 800 м. В его своде выделилась малоамплитудная брахиантклиналь с отметкой изолинии -1100 м. Структурный нос граничит со структурным заливом, отрисованным изогипсами с отметками от -2100 до -2400 м и раскрывающимся в сторону Роищенской гемисинклинали, прижатой к Черниговскому региональному разлому и показанной изолиниями со значениями от -2500 до -3000 м, амплитудой 500 м.

Павловская ступень ограничена Черниговским и Ведильцевским (по д. Ведильцы) региональными разломами на севере и юге, а Верхнеднепровским – на западе. Плоскость сбрасывателя Черниговского разлома направлена с севера на юг, а Ведильцевского – с юга на север. Ступень вытянута в диагональ-

ном направлении. В ее западной части возле Верхнеднепровского разлома в структуре франской поверхности образовался крупный Гуньковский структурный нос с наклоном названной поверхности с запада на восток от отметок изолиний -700 до -2500 м и амплитудой 1800 м. Южное крыло структурного носа частично нарушено Гуньковским локальным сбросом, а его восточная периклиналь осложнена Кувечичским локальным разрывом. От структурного носа франская поверхность в рамках карты моноклиналию погружается на восток и юго-восток от отметок изогипс -2500 до -4200 м и глубже. Между структурным носом и Черниговским разломом сформировался унаследованный от поверхности фундамента Семаковский структурный залив. Любечский структурный нос и Клоновский локальный разрыв в поверхности франских отложений не проявились, так как оказались перекрытыми данными образованиями.

Комаринская ступень протянулась в диагональном направлении и ограничена Ведильцевским (на севере), Верхнеднепровским региональным (на западе), Южно-Днепровским краевым (на юге) разломами. Верхнеднепровский разлом отделяет ступень от юго-восточной части Брагинского мегавыступа (Дублинский горст и Кулажинский выступ). От этого разрывного нарушения франская поверхность моноклиналию наклонена в восточном и северо-восточном направлении от -500 до -2500 м и амплитудой 2000 м. В средней части ступени обособился структурный нос с погружением франской поверхности на восток от отметок изолиний -1500 до -2000 м. На севере и юге от него прослеживаются два небольших структурных залива. На северо-восточном участке ступени в рамках карты в структуре франской поверхности образовалась Южно-Ведильцевская мульда, прижатая к Ведильцевскому разлому. Рассматриваемая поверхность в мульде наклонена на северо-восток от -2500 до -3700 м с амплитудой 1200 м.

На *Южно-Приднепровской моноклинали* отложения франского яруса отсутствуют.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты проведенных исследований заключаются в следующем:

– в отличие от блокового строения поверхности фундамента и подсолевых терригенных девонских отложений Брагинско-Лоевской перемычки и Припятского прогиба поверхность франских образований имеет пликвативно-блоковый характер. Установлено, что многие локальные разломы

фундамента и подсолевых образований изучаемой территории в верхнефранскую толщу пород и вышезалегающие отложения верхнедевонско-мезозойского комплекса не проникают;

– определены границы Брагинско-Лоевской перемычки, включающей Лоевскую ступень и Брагинский мегавыступ, разделенный разноранговыми разломами на крупные тектонические структуры (выступы, горсты, ступени), которые в свою очередь разбиты локальными разрывами на большое количество более мелких блоков;

– впервые детально показано строение поверхности верхнедевонских образований франского

яруса в северо-западной части Днепровско-Донецкого прогиба, увязанное с аналогичной поверхностью названных образований на Брагинско-Лоевской перемычке.

Проведенные исследования представляют собой первое крупное обобщение материалов по геологическому строению отложений франского яруса верхнего девона Брагинско-Лоевской перемычки и сопредельных структур и позволят более точно проводить на данной территории глубинное геологическое картирование с целью поисков полезных ископаемых (нефть, минеральные воды и др.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ажгиревич, Л. Ф.** Влияние вулканизма на формирование нефти в северо-восточной части Припятского прогиба / Л. Ф. Ажгиревич, В. П. Корзун // Докл. АН БССР. – 1984. – Т. 28, № 6. – С. 562–565.
2. **Бескопильный, В. Н.** Карта структурного районирования подсолевого комплекса Припятского прогиба для решения задач эффективного освоения ресурсов углеводородов. Масштаб 1:200 000 / В. Н. Бескопильный, Р. Е. Айзберг, Я. Г. Грибик. – Минск : Белкартография, 2011.
3. **Бескопильный, В. Н.** Пояснительная записка к картам структурного районирования подсолевого и межсолевого комплексов Припятского прогиба для решения задач эффективного освоения ресурсов углеводородов / В. Н. Бескопильный, Р. Е. Айзберг, Я. Г. Грибик. – Минск ; Гомель, 2011. – 43 с.
4. **Геологическое** строение отложений франского яруса верхнего девона Северо-Припятского плеча и сопредельных структур / В. И. Толстошеев [и др.] // Літасфера. – 2015. – № 2 (43). – С. 76–99.
5. **Геология** Беларуси / под ред. А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
6. **Девонские** соленосные формации Припятского прогиба / Р. Г. Гарецкий [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1982. – 208 с.
7. **Корзун, В. П.** Верхнедевонская щелочная вулканогенная формация Припятской впадины / В. П. Корзун, А. С. Махнач. – Минск : Наука и техника, 1977. – 164 с.
8. **Латерально-временной** ряд породных комплексов позднефранско-раннефаменской Припятско-Днепровской области магматизма / О. Ф. Кузьменкова [и др.] // Літасфера. – 2020. – № 1 (52). – С. 3–20.
9. **Махнач, А. С.** Девонский вулканизм и проблемы кимберлитонности территории Белоруссии / А. С. Махнач, В. П. Корзун // Докл. АН СССР. – 1982. – Т. 266, № 4. – С. 943–947.
10. **О расчленении** и возрасте верхнедевонских вулканогенных толщ в скважине Шарпиловка 1 (северо-восток Припятской впадины) / В. К. Голубцов [и др.] // Докл. АН БССР. – 1973. – Т. 17, № 1. – С. 64–67.
11. **Решения** Межведомственного регионального стратиграфического совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Белоруссии, 1981 г. (с унифицированными стратиграфическими корреляционными таблицами). – Ленинград : ВСЕГЕИ, 1983. – 135 с.
12. **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.
13. **Тектоника** Белоруссии / под ред. Р. Г. Гарецкого. – Минск : Наука и техника, 1976. – 198 с.
14. **Толстошеев, В. И.** Структурная карта поверхности отложений франского яруса верхнего девона Гомельской структурной перемычки и сопредельных территорий / В. И. Толстошеев, С. А. Кручек, П. О. Сахарук // Проблемы геологии Беларуси и смежных территорий : матер. междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения академика НАН Беларуси А. С. Махнач, Минск, 21–22 ноября 2018 г. / Ин-т природопольз. НАН Беларуси ; редкол.: А. А. Махнач [и др.]. – Минск : СтройМедиа Проект, 2018. – С. 177–182.
15. **Урьев, И. И.** Подсолевой девон Припятской впадины (региональные закономерности строения и состава) / И. И. Урьев, А. П. Анпилогов. – Минск : Наука и техника, 1977. – 150 с.

Статья поступила в редакцию 04.03.2022

Рецензент Я.Г. Грибик

СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАВЕРХНІ АДКЛАДАЎ ФРАНСКАГА ЯРУСА ВЕРХНЯГА ДЭВОНА БРАГІНСКА-ЛОЕЎСКОЙ ПЕРАМЫЧКІ І СУМЕЖНЫХ ТЭРЫТОРЫЙ (ПАЎДНЁВЫ ЎСХОД БЕЛАРУСІ)

У.І. Талсташэеў, С.А. Кручек, П.А. Сахарук

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
Філіял «Інстытут геалогіі»
вул. Купрэвіча, 7, 220141, Мінск, Беларусь
E-mail: polina.sakharuk@gmail.com

Разгледжаны пытанні тэктанічнага раянавання і будовы паверхні адкладаў франскага яруса верхняга дэвона Брагінска-Лоеўскай перамычкі і сумежных тэрыторый Прыпяцкага і Дняпроўска-Данецкага прагінаў, а таксама прылеглых да іх раёнаў Паўночна-Прыпяцкага пляча, Гомельскай структурнай перамычкі і паўднёва-заходніх раёнаў Варонежскай антэклізы. З улікам наяўных раней і атрыманых дадатковых геолога-геафізічных даных упершыню складзена структурная карта рознаўзроставай паверхні франскіх адкладаў перамычкі і прылеглых да яе тэрыторый. Прыводзіцца расчлянненне разрэзаў свідравін, якія выявілі ўтварэнні франскага яруса вывучаных раёнаў, згодна з новай Стратыграфічнай схемай дэвонскіх адкладаў Беларусі дадзена характарыстыка выдзеленых у іх межах станоўчых і адмоўных лакальных структур, абмежаваных буйнымі і дробнымі разломамі, якім прысвоены геаграфічныя назвы.

STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE SURFACE OF THE UPPER DEVONIAN FRASNIAN DEPOSITS OF THE BRAGIN-LOYEV BRIDGE AND ADJACENT TERRITORIES (SOUTHEAST OF BELARUS)

V. Tolstosheev, S. Kruchek, P. Sakharuk

State Enterprise “Research and Production Centre of Geology”
Branch “Institute of Geology”
7, Kuprevicha str., 220141, Minsk, Belarus
E-mail: polina.sakharuk@gmail.com

The issues of tectonic zoning and structure of the surface of the Upper Devonian Frasnian deposits of the Bragin-Loyev structural bridge and the adjacent territories of the Pripyat and Dnieper-Donetsk troughs, as well as the adjacent areas of the North Pripyat shoulder, the Gomel structural bridge and the southwestern regions of the Voronezh antecline, are considered. Taking into account the existing and obtained additional geological and geophysical data, for the first time a structural map of the uneven-aged surface of the Frasnian deposits of the bridge and the adjacent territories was compiled. The subdivision of the sections of wells that entered the formations of the Frasnian stage of the studied areas is given in accordance with the new Stratigraphic scheme of the Devonian deposits of Belarus; there is a description of positive and negative local structures, limited by large and small faults, which are assigned with geographical names.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОПОЛЗНЕЙ И МАСШТАБЫ ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИИ.А. Красовская¹, И.И. Косинова², С.В. Андрушко³,
А.И. Павловский³, А.Н. Галкин¹¹Витебский государственный университет имени П.М. Машерова
пр. Московский, 33, 210038, Витебск, Беларусь
E-mail: iakrasovskaya@yandex.ru, galkin-alexandr@yandex.ru²Воронежский государственный университет
Университетская площадь, 1, 394018, Воронеж, Россия
E-mail: kosinova777@yandex.ru³Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины
ул. Советская, 104, 246028, Гомель, Беларусь
E-mail: sandrushko@list.ru, aipavlovsky@mail.ru

На основе многолетних полевых и теоретических исследований приведена классификация оползней Беларуси, охарактеризованы масштабы распространения современных оползневых процессов на территории страны и условия, способствующие их возникновению и развитию. Делается вывод о том, что изучение оползней в республике остается актуальным, при этом акцентируется внимание на необходимости выполнения комплексной оценки опасности оползневых процессов с целью обеспечения безопасности жизнедеятельности населения и нормальной эксплуатации сооружений, главным образом объектов жилого фонда и транспортных коммуникаций.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из факторов, определяющих инженерно-геологическую ситуацию территории Беларуси, является развитие оползневых процессов. Они активно проявляются и представляют реальную угрозу на территории многих населенных пунктов страны, включая целый ряд городов с населением более 100 тыс. человек.

Под оползневым процессом понимают смещение грунтовых масс вниз по склону под действием силы тяжести при участии поверхностных и подземных вод в виде скольжения по хорошо выраженной поверхности или зоне [6]. Его можно определить как последовательность явлений или состояний оползневого тела, а само явление – как материальную (внешнюю) форму проявления геологической сущности оползневого тела, выражающуюся в его конкретном специфическом состоянии на данный момент времени [8].

Распространение оползней и характер оползневого процесса определяются комплексом инженерно-геологических условий территории, среди которых наиболее важную роль играют геолого-литологические, геоморфологические, климатические и другие особенности местности.

К числу основных естественных причин и условий развития оползневых процессов следует отнести: нарушение равновесия грунтовых масс при увеличении крутизны склона, вызванной его подмывом водами постоянных водотоков; переувлажнение грунтов на склоне атмосферными осадками, подземными или хозяйственными водами; ослабление прочности пород в результате выветривания, суффозии и других процессов [4; 5].

В современных условиях преобладающее количество оползневых явлений на осваиваемых территориях происходит в результате антропогенной деятельности, осуществляемой нередко

без учета инженерно-геологических условий местности. Виды такой нерациональной деятельности, приводящей к подрезке склонов, перегрузке и дестабилизации склоновых отложений, чрезвычайно разнообразны. К ним относятся: строительство зданий и сооружений, складирование материалов, устройство отвалов на склонах или вблизи них; строительство автомобильных дорог, водопроводно-канализационной сети и др.; неорганизованный сброс хозяйственных вод, утечки воды из подземных и наземных коммуникаций; вырубка древесно-кустарниковой растительности или неупорядоченное использование земель на водоразделах и склонах речных долин и овражно-балочных систем; воздействие различных динамических нагрузок (движущийся транспорт, работа механизмов и др.), буровзрывных работ при карьерной разработке полезных ископаемых и т. д. [5].

Оползни распространены преимущественно в районах, где склоны сложены массивами из чередующихся водопроницаемых и водоупорных грунтов. Массовая активизация оползней наблюдается при выпадении большого количества осадков. Анализ временных рядов активности проявления оползневых деформаций на склоновых поверхностях в Витебске и Витебском районе показывает практически полное совпадение периодов активизации оползневых процессов с величинами годовых сумм осадков (рис. 1). Влияние увлажненности территории на активность проявления оползней прослеживается не только в многолетнем, но и внутригодовом разрезе. Установлено, что преоб-

ладающая часть оползневых подвижек на территории страны происходит во влажные весенний и осенний периоды.

Опасность оползней заключается в динамическом воздействии движущихся грунтовых масс, приводящем к разрушению объектов и сооружений, которые находятся на теле или в зоне действия оползня [3]. Оползни на освоенных территориях страны нередко могут создавать чрезвычайные ситуации с ощутимым материальным ущербом. Как, к примеру, оползень, возникший 23 августа 2006 г. в Витебске, во дворе 15-этажного дома по ул. Правды (рис. 2). Образовавшийся на склоне глубокого оврага, сложенного 20-метровой толщиной пылеватых флювиогляциальных песков, подстилаемых моренными суглинками, в условиях проливного дождя этот оползень «съедал» до 1 погонного метра грунта в час. В результате в течение нескольких часов образовалась выемка глубиной 18–20 м и шириной до 50 м, угрожавшая за короткое время вплотную подойти к фундаменту вблизи расположенного высотного дома. Своевременно принятые меры (засыпка выемки 2,5 тыс. м³ скальных грунтов) позволили избежать катастрофы [5].

В целом следует отметить, что оползни на территории страны весьма разнообразны как по распространению, размерам и строению, так и по механизму образования и условиям развития.

Цель настоящей работы – охарактеризовать масштабы распространения современных оползневых процессов на территории Беларуси и условия, способствующие их возникновению и развитию.



Рисунок 1 – Зависимость активности проявления оползневых процессов от величины годовых сумм осадков на территории Витебска и Витебского района



Рисунок 2 – Оползень на склоне оврага «Дунай» в Витебске по ул. Правды (фото А.Н. Галкина, 2006)

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В основу работы положены результаты исследований авторов на территориях отдельных регионов страны, проводимых в период с 2003 по 2021 г. Исследования включали в себя полевые инструментальные наблюдения за развитием оползневых и других экзогенных геологических процессов (ЭГП), в том числе их картирование и фотосъемку, а также анализ и обобщение данных из открытых источников информации.

Существует большое количество классификаций оползневых процессов. Среди отечественных классификаций наиболее известными являются классификации, разработанные А.П. Павловым (1903), Ф.П. Саваренским (1935), И.В. Поповым (1951), Н.Н. Масловым (1955), А.М. Дранниковым (1956), Г.С. Золотаревым (1964, 1970), Г.Л. Фисенко (1965), М.К. Рзаевой (1969), К.А. Гулакяном и В.В. Кюнтцелем (1970), Е.П. Емельяновой (1972), В.Д. Ломтадзе (1977), Н.Ф. Петровым (1987) и др. В странах Западной Европы и США наибольшей популярностью пользуются классификации К. Терцаги (1950), С. Шарпа (1938), Д. Варнеса (1958, 1978), Дж. Н. Хатчинсона (1988) и др. Всего к настоящему времени создано более 100 классификаций оползней [1]. Наиболее популярными являются генетические классификации оползней, которые подразделяют эти процессы по происхождению и

механизму движения. В данных классификациях выделяется различное количество типов оползневых смещений, и они имеют различные названия (табл.). Обобщение классификаций позволило В.В. Кюнтцелю [9] выделить среди оползневых процессов следующие основные их виды: оползни срезания, оползни скольжения, оползни выдавливания и оползни-потоки. Помимо этих видов выделяются еще специфические, или особенные оползни: проседания, выплывания и разжижения, а также сложные виды оползневых смещений.

Анализ проявлений оползней в пределах Беларуси позволил выделить нам для территории страны следующие их генетические типы.

Оползни срезания – один из наиболее распространенных типов оползней на территории республики. Развиты они в песчано-глинистых грунтах, например, в моренных, в искусственных намывных или насыпных массивах и др. По-другому такие оползни называются блоковыми, или оползнями срезания (Рзаева, 1969), инсеквентными, а если в однородных по составу пород склонах, то асеквентными (Саваренский, 1939), или оползнями вращения (Варнес, 1981). Эти оползни образуются на относительно высоких и крутых склонах. Деформации грунтов развиваются вследствие регрессивного изменения напряженного состояния и «мгновенной» потери прочности. Основной деформирующийся горизонт обычно представлен

Таблица – Сопоставление существующих классификаций оползней по типам их механизма [6]

Авторы и год опубликования классификации	Варнес Д., 1958	Рзаева М.К., 1969	Золотарев Г.С. и др., 1970	Гуляян К.А., Кюнтцель В.В., 1970	Варнес Д., 1978	Кюнтцель В.В., 1980			
Типы оползней	Скольжения	Блоковые, срезающие	Соскальзывания (консеквентные)	Скольжения	Скольжения	Скольжения			
		Соскальзывания							
		Сползания							
		Выдавливания (одесского типа)	Выдавливания (детрузивные)				Выдавливания	Выдавливания (сдвига)	
		Суффозионные, выплывания	Выплывания						Выплывания
	Течения	Просадочные	Потоки и сплывы	Проседания	Течения	Течения	Проседания		
		Потоки (течения, оползания)							
		Сплывы, оплывины							
		Норвежского типа	Разжижения					Разжижения	Разжижения

глинистыми, песчано-глинистыми отложениями преимущественно полутвердой и твердой консистенций средней и высокой степеней уплотнения и литификации.

Поверхность оползневого скольжения выражена четко, в продольном сечении оползня имеет преимущественно вогнутую, приближающуюся к круглоцилиндрической, или криволинейную неправильную форму, иногда имеет вид ломаной линии. Эта поверхность может либо срезать пласты различного литологического состава под разными углами (инсеквентный оползень), либо формироваться в однородной толще (асеквентный оползень). Для оползней срезания характерна большая глубина захвата пород склона. Эти оползни пользуются широким распространением на высоких склонах долин р. Днепр, Западная Двина, Неман и их крупных притоков, холмов и возвышенностей, глубоких оврагов (например, в Витебске, Гродно, Мозыре и др.), а также на отвалах вскрышных пород (карьер «Гралево» в Витебском районе) и насыпях (рис. 3, 4).



Рисунок 3 – Оползни срезания на склонах оврагов, сложенных водно-ледниковыми пылеватými песками в Гродно (а) и моренными супесями в Мозыре (б) [10; 12]



Рисунок 4 – Оползень срезания на склоне «Лысой горы» Минской возвышенности, сложенном ледниковыми песчано-глинистыми грунтами [11]

Оползни-потоки – наиболее часто встречающийся тип оползней на территории страны. Иначе эти оползни называются деляпсивными (Павлов, 1903), консистентными (Родионов, 1939), оползнями течения (Варнес, 1981), пластическими (Ломтадзе, 1977), вязкого течения (Тихвинский, 1988). Оползни этого же типа, но небольшого объема, иногда называют оплывинами и сплывами.

Оползни-потоки сложены, как правило, водонасыщенными глинистыми, пылеватыми и обломочно-глинистыми массами. Данный тип оползней возникает при переувлажнении пород дождевыми, снеговыми, подземными или хозяйственными водами, в результате снижается прочность обломочно-глинистых масс, которые под действием

Оползни выдавливания образуются в результате скола, отседания и смещения крупных блоков плотных однородных или слоистых пород вследствие вязкопластического течения, подстилающего относительно слабого пласта и его выдавливания под весом перекрывающей толщи.

Обычно эти оползни имеют характерный ступенчатый рельеф в верхней половине за счет отчленения новых и новых блоков, постепенно смещающихся вниз по склону. Чаще всего основной деформирующийся горизонт сложен глинистыми породами пластичной и полутвердой консистенции, слабой и средней степени уплотнения и литификации, залегающими в склоне или его основании. Смещение происходит во всем объеме основного деформирующегося горизонта, поэтому поверхность смещения выражена нечетко. На территории страны оползни выдавливания встречаются на склонах долин крупных рек (например, участки «Могилев», «Лоев-Северный», «Соловьев хутор» на правобережье Днепра), на побережьях водохранилищ (Лепельское, Заславское и др.), а также карьерах, преимущественно затопленных и выведенных из эксплуатации (рис. 5).



Рисунок 5 – Оползни выдавливания на склоне долины Днепра в Могилеве (а) и бортах карьера «Хмелевские пруды» в Заславле (б) [2; 7]

силы тяжести начинают двигаться как вязкопластическое тело по заранее подготовленным или сформированным в процессе смещения поверхностям. Насыщение грунтов дождевыми или талыми водами вызывает периодическую активизацию оползней течения в определенные сезоны года.

Состав и влажность масс движущихся оползней-потоков различны и зависят от состава пород, в которых они формируются. Необходимыми условиями для формирования этих оползней являются: склон крутизной 12–15°, наличие постоянно пополняющегося источника рыхлого материала и его обводнение. В оползневое смещение часто вовлекаются отложения элювия, делювия, а также древних оползневых накоплений, расположенных на склоне. По своим морфологическим признакам, глубине и скоростям смещения оползни этого типа весьма разнообразны. Ими часто захватываются значительные площади земной поверхности. Однако глубины смещения редко превышают 1–3 м, а объемы единичных оползней обычно не более десятков или сотен кубических метров. Скорости перемещения масс колеблются от нескольких сантиметров в сутки до метров в минуты. Эти оползни характеризуются широким распространением на подмываемых склонах речных долин, в бортах оврагов, стенках карьеров, на отвалах вскрышных пород и различных насыпях, в том числе дорожных (рис. 6).

Из специфических видов оползневых процессов на территории Беларуси получили развитие лишь **оползни выплывания**. Они образуются в результате либо суффозии, либо гидродинамического выпора. Суффозионные оползни представляют собой смещение продуктов обрушения кровли суффозионных ниш, сложенных однородными или слоистыми породами, вследствие выплывания песчаных и пылеватых отложений при высоких гидравлических градиентах, а также выноса воднорастворимых солей. Основной деформирующийся горизонт обычно сложен водонасыщенными пылеватыми и песчаными грунтами, находящимися в текучем состоянии, а также проницаемыми породами, засоленными водорастворимыми солями,



Рисунок 6 – Оползни-потоки на левом склоне оврага «Гапеевский» по Московскому проспекту (а) и склоне дорожной выемки по ул. Воинов-интернационалистов (б) в Витебске (фото А.Н. Галкина, 2008, 2021)

залегающими на склоне или в его основании. Поверхность смещения не выражена, поскольку оно происходит во всем объеме основного деформирующегося горизонта. Такие оползни можно часто наблюдать в глубоких оврагах, дренирующих подземные воды (рис. 7).

Оползни гидродинамического выпора образуются на участках развития тонкозернистых пылеватых песков, содержащие органоминеральные коллоиды, при резком возрастании в этих зонах гидродинамического давления и переходе пород в пльвинное состояние. Под влиянием деформации в песках начинает разрушаться вышележащая толща, появляются многочисленные трещины, разбивающие породы на блоки, которые оседают



Рисунок 7 – Суффозионный оползень на левом склоне оврага «Гапеевский» по Московскому проспекту в Витебске (фото А.Н. Галкина, 2008)

и движутся с запрокидыванием в сторону выпора. Зарождение процесса оползания, связанного с проявлением пльвинных свойств грунтов, происходит, как правило, при подмыве рекой или размыве волнами озер или водохранилищ пород, экранирующих пльвинный слой [5].

Меры по предотвращению нарушения устойчивости склонов в процессе развития оползневых явлений подразделяются на пассивные и активные мероприятия. Первые из них направлены на повышение значимости факторов сопротивления, влияющих положительным образом на степень устойчивости склонов, и носят охранно-ограничительный характер (запрещение подрезки, выемок, подсыпок, строительства на оползневых склонах, охрана древесно-кустарниковой и травянистой растительности и залесение оползневых территорий и др.); вторые способны воздействовать на основную причину оползня путем полного пресечения или некоторого ослабления ее действия

(дренирование подземных вод, регулирование поверхностного стока, создание механического сопротивления движению грунтовых масс, изменение физико-механических свойств грунтов склона и др.). Осуществление пассивных противооползневых мероприятий не связано с устройством каких-либо инженерных сооружений и проведением трудоемких работ. Тем не менее они необходимы едва ли не в большей мере, чем активная защита. Активные противооползневые мероприятия требуют устройства инженерных сооружений или применения технических средств в зависимости от сложности инженерно-геологических условий, ценности существующих и проектируемых объектов, экономического значения и перспектив использования оползневых территорий.

Анализируя данные исследований за последние два десятка лет, можно сделать следующие обобщающие выводы. Поскольку последние комплексные работы по изучению условий развития и режима экзогенных геологических процессов на территории Беларуси проводились в 1980-х гг., можно говорить о том, что имеющиеся данные о подверженности населенных пунктов и народно-хозяйственных объектов воздействию ЭП, в том числе оползневых

процессов, устарели и не отражают реальной ситуации с учетом произошедших за последние четыре десятилетия изменений.

В данном случае не только актуальным, но и необходимым становится выполнение комплексной оценки опасности оползневых процессов с целью обеспечения безопасности жизнедеятельности населения и нормальной эксплуатации сооружений, главным образом объектов жилого фонда и транспортных коммуникаций.

Основной информацией для выполнения подобной оценки опасности экзогенных геоморфологических процессов могут послужить фондовые материалы выполненных ранее работ по изучению особенностей возникновения и развития, а также пораженности территории страны теми или иными экзогенными процессами. В первую очередь таким источником информации являются карты проявлений различных процессов на изучаемой территории, а также собственные полевые и марш-

рутные наблюдения и материалы инженерно-геологических изысканий и др.

Кроме того, необходимо использование современных технологий получения и обработки информации (космоснимки, цифровые модели местности и т. д.). Оценка опасности оползневых процессов может основываться на изучении целого ряда признаков и осуществляться по разным методикам. Однако в любом случае подобная оценка должна включать всесторонний анализ как природных, так и техногенных процессформирующих факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Активизация оползневого процесса обусловлена главным образом действием атмосферных и техногенных факторов.

2. В течение года активизация оползней отмечается в весенний и осенний периоды; как правило,

не является процессоопасным зимний период, однако и в зимнее время могут наблюдаться единичные случаи активизации оползней.

3. В большинстве случаев активизация оползневого процесса сопровождается либо является следствием развития других процессов (речной эрозии, суффозии и др.).

4. Основными объектами воздействия оползневых процессов являются жилые и нежилые строения и коммуникации в населенных пунктах, карьеры по добыче нерудного сырья и автодороги республики.

5. Во многих случаях негативное воздействие оползневых процессов на жилищно-хозяйственные объекты обусловлено отсутствием либо неудовлетворительным состоянием защитных сооружений, а также невыполнением необходимых пассивных и активных мероприятий по предотвращению нарушения устойчивости склонов в результате проявления оползневого процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бондарик, Г. К.** Инженерная геодинамика / Г. К. Бондарик, В. В. Пендин, Л. А. Ярг. – Москва : КДУ, 2007. – 440 с.
2. **В центре** Могилева обрушился склон – чудом никто не пострадал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ctv.by/novosti-mogileva-i-mogilevskoy-oblasti/v-centre-mogileva-obrushilsya-sklon-chudom-niko-ne-postradal>. – Дата доступа: 12.10.2021.
3. **Глушко, А. Я.** Опасности проявления оползневых процессов в Южном Федеральном округе / А. Я. Глушко, В. В. Разумов // Юг России: экология, развитие. – 2009. – № 4. – С. 138–145.
4. **Иванов, И. П.** Инженерная геодинамика / И. П. Иванов, Ю. Б. Тржцинский. – Санкт-Петербург : Наука, 2001. – 416 с.
5. **Инженерная геология Беларуси** / А. Н. Галкин [и др.]. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2017. – Ч. 2 : Инженерная геодинамика Беларуси. Витебск. – 456 с.
6. **Инженерная геология России. Инженерная геодинамика территории России** / под ред. В. Т. Трофимова, Э. В. Калинина. – Москва : КДУ, 2013. – Т. 2. – 816 с.
7. **Карьер** под Заславлем могут закрыть для отдыхающих [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sputnik.by/20150425/1014910372.html?mobile_return=yes. – Дата доступа: 12.10.2021.
8. **Королев, В. А.** Геологические и инженерно-геологические процессы и явления: определение и содержание понятий / В. А. Королев, А. Н. Галкин // Инженерная геология. – 2011. – № 1. – С. 19–27.
9. **Кюнтцель, В. В.** Закономерности оползневого процесса на европейской территории СССР и его региональный прогноз / В. В. Кюнтцель. – Москва : Недра, 1980. – 210 с.
10. **Обрушившийся** склон в Мозыре увлек за собой асфальтовое полотно дороги (фото) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://interfax.by/news/obshchestvo/skandaly_i_proisshestviya/1211117/. – Дата доступа: 10.10.2021.
11. **Оползень** на Лысой горе разрушил аттракцион (фото) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mihck.info/node/27>. – Дата доступа: 10.10.2021.
12. **Пока** южные области страны изнывают от аномальной жары, погода в Гродно преподнесла очередной сюрприз [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/pogoda-brosaetsya-iz-kraynosti-v-kraynost.html>. – Дата доступа: 10.10.2021.

Статья поступила в редакцию 24.02.2022

Рецензент М.А. Богдасаров

CLASSIFICATION OF LANDSLIDES AND THE SCALE OF THEIR DISTRIBUTION ON THE TERRITORY OF BELARUS

I. Krasovskaya¹, I. Kosinova², S. Andrushko³, A. Pavlovsky³, A. Galkin¹

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

²Voronezh State University
University Square, 1, 394018, Voronezh, Russia
E-mail: kosinova777@yandex.ru

³Francisk Skorina Gomel State University
Sovetskaya str., 104, 246028, Gomel, Belarus
E-mail: sandrushko@list.ru, aipavlovsky@mail.ru

On the basis of many years of research, including field instrumental observations of the development of landslide and other exogenous geological processes, as well as their mapping and photography, the classification of landslides in Belarus is carried out. The analysis of the manifestation of landslide processes within Belarus made it possible to identify their genetic types for the territory of the country: shearing landslides, squeezing landslides, landslides-streams and floating landslides. The main objects of impact of landslide processes are residential and non-residential buildings and communications in settlements, quarries for the extraction of nonmetallic raw materials and the republic's roads.

It was found that the activation of the landslide process is due to the action of atmospheric and technogenic factors, the intensity of the impact of landslides in the spring and autumn periods is especially high, as a rule, the winter period is not process-hazardous, however, isolated cases of landslides can be observed in winter. In most cases, the manifestation of the landslide process is accompanied or is a consequence of the development of other geomorphological processes (river erosion, suffusion, etc.). In addition, the negative impact of landslide processes on housing and utility facilities is due to the absence or unsatisfactory condition of protective structures, as well as the failure to comply with the necessary protective measures. The studies carried out indicate the need for a comprehensive assessment of the hazard of landslide processes in order to ensure the safety of life of the population and the normal operation of structures, mainly housing facilities and transport communications.

КЛАСІФІКАЦЫЯ АПОЎЗНЯЎ І МАШТАБЫ ІХ РАСПАЎСЮДЖВАННЯ НА ТЭРЫТОРЫІ БЕЛАРУСІ

І.А. Красоўская¹, І.І. Косінава², С.В. Андрушка³, А.І. Паўлоўскі³, А.М. Галкін¹

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

²Варонежскі дзяржаўны ўніверсітэт
Універсітэцкая плошча, 1, 394018, Варонеж, Расія
E-mail: kosinova777@yandex.ru

³Гомельскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Ф. Скарыны
вул. Савецкая, 104, 246028, Гомель, Беларусь
E-mail: sandrushko@list.ru, aipavlovsky@mail.ru

На аснове шматгадовых даследаванняў, якія ўключаюць палявыя інструментальныя назіранні за развіццём апоўзневых і іншых экзагенных геалагічных працэсаў, а таксама іх картаванне і фотаздымку, праведзена класіфікацыя апоўзняў Беларусі. Аналіз праяўлення апоўзневых працэсаў у межах Беларусі дазволіў вылучыць для тэрыторыі краіны іх генетычныя тыпы: апоўзні зразання, апоўзні выдушвання, апоўзні-струмені і апоўзні выплывання. Асноўныя аб'екты ўздзеяння апоўзневых працэсаў – жылыя і нежылыя будынкі і камунікацыі ў населеных пунктах, кар'еры па здабычы няруднай сыравіны і аўтадарогі рэспублікі.

Устаноўлена, што актывізацыя апоўзневага працэсу абумоўлена дзеяннем атмасферных і тэхнагенных фактараў, асабліва высокая інтэнсіўнасць уздзеяння апоўзняў у вясенні і восеньскі перыяды, як правіла, зімовы перыяд не з'яўляецца працэсанебяспечным, аднак і зімой могуць назірацца адзінкавыя выпадкі праяўлення апоўзняў. У большасці выпадкаў праяўленні апоўзневага працэсу з'яўляюцца вынікам развіцця іншых экзагенных геалагічных працэсаў (рачной эрозіі, суффозіі і інш.). Акрамя таго, негатыўнае ўздзеянне апоўзневых працэсаў на жыллёва-гаспадарчыя аб'екты абумоўлена адсутнасцю або недавальняючым станам ахоўных збудаванняў, а таксама невыкананнем неабходных ахоўных мерапрыемстваў. Праведзеныя даследаванні сведчаць пра неабходнасць правядзення комплекснай ацэнкі небяспекі апоўзневых працэсаў з мэтай забеспячэння бяспекі жыццядзейнасці насельніцтва і нармальнай эксплуатацыі збудаванняў, галоўным чынам аб'ектаў жылога фонду і транспартных камунікацый.

A NEW SPECIES OF THE RAY-FINNED FISH (OSTEICHTHYES, ACTINOPTERYGII) FROM THE UPPER EMSIAN AND LOWERMOST EIFELIAN DEPOSITS OF BELARUS

D.P. Plax

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

*This paper presents a detailed description of some isolated scales of a new species of the ray-finned fish of *Cheirolepis bychovensis* sp. nov. found in the Lepel and Adrov deposits of Belarus. The data that the author has available suggest that the scales of this species are much more numerous in the rocks of the Lepel age, than in the Adrov rocks. This may be due to the fact that the Adrov deposits are so far poorly known in terms of their palaeoichthyology. Further investigations are needed to clarify this moment. The scales are well preserved, which allowed us to study and describe them in detail. In addition to the descriptive palaeontological part the paper presents the evidences of the associated organic remains found together with the scales of representatives of this ray-finned fish, and also provides a lithological characteristic of the enclosing rocks in which the scales of the new species were found. The data presented in the paper supplement the information on the taxonomic composition of the Late Emsian and Early Eifelian ichthyofauna within the country. The Stratigraphic Chart of the Devonian deposits of Belarus (2010) was used as a stratigraphic ground.*

INTRODUCTION

A new species of the actinopterygian fish of *Cheirolepis bychovensis* sp. nov. described in this paper on the basis of some isolated scales comes from the deposits of the Lepel Beds of the Vitebsk Regional Stage of the Upper Emsian of the Lower Devonian and the Adrov Regional Stage of the Lowermost Eifelian of the Middle Devonian of Belarus. At present seven valid species of *Cheirolepis* are already known in the world, four of them were described from articulated remains, and the others – from scattered scales. The species described from articulated skeletons include: the type species of *Cheirolepis trailli* Agassiz, 1835 from the Achanarras Limestone of the Upper Eifelian of the Orcadian Basin in northern Scotland [3; 9]; *Cheirolepis canadensis* Whiteaves, 1881 from the Escuminac Formation of the Middle Frasnian of Miguasha, eastern Canada [5; 39]; *Cheirolepis schultzei* Arratia & Cloutier, 2004 from the Denay Limestone of the Uppermost Givetian of Red Hill, Nevada, USA [4; 31]; and also *Cheirolepis jonesi* Newman, Burrow, den Blaauwen et Giles, 2021 from the Fiskeløfta Member of the Mimerdalen Subgroup of

the Upper Givetian in Spitsbergen, Svalbard [1]. The species represented by isolated scales include: *Cheirolepis gracilis* Gross, 1973 from the Pärnu Regional Stage and the Vadja Member of the Narva Regional Stage of the Eifelian of Estonia [11; 15] and the Gorodok Regional Stage of the Middle Eifelian of Belarus [15; 22]; *Cheirolepis gaugeri* Gross, 1973 from the upper of the Narva Regional Stage of the Eifelian of Estonia [11] and the Abava Beds of the Burtnieki Regional Stage of Givetian of Estonia [15], as well as from the Kostyukovich Regional Stage of the Upper Eifelian of Belarus [28] and from the Stolin and Moroch Beds of the Polotsk Regional Stage of the Middle Givetian of Belarus [15; 25]; *Cheirolepis aleshkai* Plax, 2020 from the Osveya Regional Stage of the Lower Eifelian of Belarus [21]. In some literature sources [4; 15; 23; 24; 28; 36; etc.] another species of the genus *Cheirolepis* from Belarus, namely, that of *Cheirolepis sinualis* Karatajūtė-Talimaa, in litt. was presented. This species is still undescribed and is known only under its published name, so it is not valid and belongs to the category of nomen nudum. In conclusion, it would be relevant here to note that single

findings of the cheirolepidid scales were also described from the Eifelian, Givetian, and Frasnian deposits of Belarus, but so far identified as *Cheirolepis* sp. However, it is possible that in the future, when the more abundant scale material will be available, these would be identified to the species.

GEOLOGICAL SETTING AND STRATIGRAPHY

The scale material presented in the descriptive part of the paper was found in the territory of Belarus and comes mainly from the deposits of the Lepel Beds of the Vitebsk Regional Stage of the Upper Emsian of the Lower Devonian (boreholes: Buda Daľnyaya 35, Latvishi 12, North-Polotsk 1, Bykhov 1, Korma 1, Drazhnya 1 and Berdyzh 1) and so far only two scales of

this new species have been found in the deposits of the Adrov Regional Stage of the Lower Eifelian Substage of the Middle Devonian (Murovshchina 1 borehole) (Text-Figure 1). According to the current Stratigraphic Chart of the Devonian deposits of Belarus (2010) [34], the deposits of the Lepel Beds correspond in their microspores composition to the upper part of the *Rhabdosporites mirus* – *Gneudnasporea divellomedium* zone, and in conodonts – roughly to the upper part of the *Polygnathus costatus patulus* zone (see Table). The upper part of the Novobasovo Beds of the Ryazhsk Regional Stage of the Upper Emsian [32; 33; 35] can be an age analogue of these deposits in the territory of the central part of Russia, and in the territory of the Baltic States approximately the upper part of the Rēzekne Regional Stage of the Upper Emsian can be considered



Text-Figure 1 – Map showing the location of the borehole sections where the scales of a new representative of the actinopterygian fish were found. Boreholes: 1 – Buda Daľnyaya 35; 2 – Latvishi 12; 3 – North-Polotsk 1; 4 – Murovshchina 1; 5 – Bykhov 1; 6 – Korma 1; 7 – Drazhnya 1; 8 – Berdyzh 1

spine fragments of *Archaeacanthus* ? sp., *Acanthodii* gen. indet., not numerous scale fragments of *Porolepididae* ? gen. indet., *Osteolepididae* gen. indet., numerous teeth of *Onychodontidae* gen. indet., *Sarcopterygii* indet., a jaw fragment of *Sarcopterygii* indet., a scale of *Actinopterygii* indet. and some jaw fragments of *Osteichthyes* indet. were also found in these marls.

Two scales of a new species were found in the Bykhov 1 borehole drilled in the Orsha Depression and the Zhlobin Saddle junction zone at a depth of 310.0 m in greenish-grey, dense, sandy, platy, clayey marls of the Lepel age. Together with them some isolated tubercles of *Psammosteioidei* indet., isolated scales of *Cheiracanthus* sp., *C. brevicostatus*, *C. crassus* Valiukevičius, 1985 [37], *C. cf. splendens*, *C. ? sp.*, *Acanthodes* ? sp., *Acanthodii* gen. et sp. indet., scale fragments of *Osteolepididae* gen. indet., teeth and scales of *Onychodontiformes* indet., scattered scales of *Sarcopterygii* indet. and *Actinopterygii* indet. were also identified in these marls [29].

Two scales of *Cheirolepis bychovensis* sp. nov. were found in the Korma 1 borehole drilled in the territory of the Zhlobin Saddle at a depth of 323.6 m in greenish-grey, dense, platy, non-stratified, sandy, clayey marls belonging to the Lepel Beds. Along with them some small fragmentary skeletal elements of *Psammolepis* cf. *toriensis*, small plate fragments of *Stipatoosteus svidunovitchi* Plax et Newman, 2020 [26], *Actinolepis zaikai* Plax et Newman, 2020 [26], *Placodermi* indet. 1, some scattered scales of *Cheiracanthus* sp., *C. brevicostatus*, *C. gibbosus*, *C. latus*, *Acanthodes* ? sp., scale fragments of *Onychodontiformes* indet., separate teeth of *Onychodontiformes* indet., *Sarcopterygii* indet., single scales of *Cheirolepis* cf. *gracilis* were also determined in these rocks [29].

Three scales of a new species were discovered in the Drazhnya 1 borehole drilled in the territory of the North Pripyat Shoulder at a depth of 431.9 m in light grey, with a bluish-greenish hue, fine-crystalline, dense, strong, indistinctly layered, slightly clayey, sandy, platy dolomites of the Lepel age. Together with them some isolated tubercles of *Psammosteioidei* indet., small fragmentary indefinable skeletal elements of *Psammolepis* cf. *toriensis*, *Schizosteus* sp., small fragments of indefinable plates and a fragment of the anterior ventro-lateral plate of *Actinolepis zaikai*, small plate fragments of *Placodermi* indet., some scattered scales of *Cheiracanthus* sp., *C. brevicostatus*, *C. gibbosus*, fin spine fragments of *Acanthodii* gen. indet., *Diplacanthus* sp., scarce teeth of *Onychodontiformes* indet., *Sarcopterygii* indet., scale fragments of *Onychodontiformes* indet., *Actinopterygii* indet., very few otoliths were identified in these dolomites.

Two scales of *Cheirolepis bychovensis* sp. nov. were found in the Berdyzh 1 borehole drilled within the Zhlobin Saddle at a depth of 410.0 m in greyish – bright green, clayey, dense, platy, dolomite marls with frequent inclusions of small pyrite crystals and nodules corresponding to the Lepel age. Along with them some scarce scales of *Skamolepis fragilis* Karatajūtė-Talimaa, 1978 [13], small plate fragments of *Placodermi* indet., isolated scales of *Cheiracanthus* sp., *C. crassus*, *C. brevicostatus*, *C. latus*, *Ptychodictyon ancestralis* Valiukevičius, 1986 [38], *Rhadinacanthus primaris*, *Acanthodes* ? sp., *Cheirolepis* cf. *gracilis*, some fin spine fragments of *Haplacanthus* sp., discrete scale fragments of *Glyptolepis* sp., *Actinopterygii* indet., scarce teeth of *Sarcopterygii* indet., etc. were found in these dolomite marls [27].

In addition, two scales of a new species of the ray-finned fish were found in the Murovshchina 1 borehole drilled in the territory of the Vileyka Buried Ridge of the Belarusian Antecline at depths of 269.0 and 269.7 m in greenish-grey, fine-grained, strongly cemented sandstones and in grey, greenish-grey, platy clays belonging to the deposits of the Adrov Regional Stage. Together with them the following ichthyofauna taxa were identified in these rocks: *Pteraspidoformes* gen. indet., *Psammosteioidei* indet., *Schizosteus* sp., *Guerichosteus heterolepis* (Preobrazhensky, 1911) [30], *Ptyctodontida* gen. indet., *Euarthrodira* gen. indet., *Byssacanthus dilatatus* (Eichwald, 1844) [8], *Placodermi* indet., *Laliacanthus singularis*, *Cheiracanthus* sp., *C. latus*, *C. brevicostatus*, *Rhadinacanthus primaris*, *Diplacanthus* sp., *Acanthodes* ? sp., *Haplacanthus marginalis* Agassiz, 1845 [2], *Chondrichthyes* indet., *Onychodus* sp., *Onychodontidae* gen. indet., *Osteolepididae* gen. indet., *Orvikuina* sp., *Moythomasia* ? sp. and *Actinopterygii* indet. [28].

MATERIAL AND METHODS

The scales of the new species, as already mentioned above, were found in the rock samples taken from eight boreholes: Buda Dal'nyaya 35, Latvishi 12, North-Polotsk 1, Murovshchina 1, Bykhov 1, Korma 1, Drazhnya 1 and Berdyzh 1. To extract the scales the rock samples were kept in 9–10% acetic acid from 3 to 15 days. After the dissolution of the rocks, the precipitate was washed from clayey particles by repeated washing with water. Then the washed sediment was dried and viewed with the MBS-1 binocular microscope, after which some isolated scales were manually selected from it using thin brushes. The selected scales were morphologically and histologically studied. The best-preserved specimens of the scales were selected for photographing with a SEM. The electron micro-

photographs of the scales were made with JSM-5610 LV microscope (JEOL, Japan). The photographs of thin sections were made with Axioskop 40A Pol microscope using anise oil as an immersion liquid. The photographs were processed with Adobe Photoshop CS6, the figures were created with CorelDRAW 2019. The described specimens are stored at the Mining Department of the Belarusian National Technical University.

SYSTEMATIC PALAEOLOGY

Class OSTEICHTHYES Huxley, 1880

Subclass ACTINOPTERYGII Cope, 1887

Order CHEIROLEPIDIFORMES

Kazantzewa-Selezneva, 1977

Family CHEIROLEPIDIDAE Pander, 1860

Genus *Cheirolepis* Agassiz, 1835

Type species. *Cheirolepis trailli* Agassiz, 1835 [3].

Remark. Some authors do not specify in their papers (ex. gr., [1; 4; 5; 9]) the order belonging of the *Cheirolepis* genus, but assign it to the Cheirolepididae Pander Family, 1860 [17], Actinopterygii Cope Subclass, 1887 [6] and Osteichthyes Huxley Class, 1880 [12]. In this paper the *Cheirolepis* genus is assigned besides these higher taxa also to the order of Cheirolepidiformes Kazantzewa-Selezneva, 1977 in accordance with the paper [14].

Cheirolepis bychovensis sp. nov.

Plate I, Figures 1–12; Text-Figure 2

2008 *Cheirolepis* sp. (pars); [19], p. 84.

2008 *Cheirolepis* sp. (pars); [23], p. 71, Table 1; p. 76.

2015 *Cheirolepis* sp.; [27], p. 21 (pars); p. 24, Table (pars); p. 34, Plate V, Figure 1; p. 36, Text-Figure 3 (pars).

2016 *Cheirolepis* sp. indet.; [28], p. 16; p. 18, Table; p. 32 and 33, Plate VII, Figures 10a, 10b, 11; p. 34, Text-Figure 2; p. 36, Text-Figure 4.

2019 *Cheirolepis* sp. indet.; [20], p. 76.

2021 *Cheirolepis* sp. indet.; [29], p. 43, Text-Figure 2; p. 45; p. 48, Text-Figure 3; p. 49; p. 66, Figures 8a, 8b and 8c.

Etymology. The name of the species is derived from the town of Bykhov in the neighborhood of which a borehole was drilled and which core contained some scales of this new representative of the ray-finned fishes.

Holotype. Belarusian National Technical University (BNTU). Department of Mining. Specimen № 51/8-8a, scale (Plate I, Figure 2).

Type locality and horizon. Buda Dal'nyaya 35 borehole, depth 231.8 m; Belarus, Sharkovshchina district, Vitebsk region; Lower Devonian, Emsian Stage, Upper Substage, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

Material. 23 scales.

Diagnosis. Relatively large scales, with a rhomboid, elongated-rhomboid and rectangular crown up to 1.5 mm long. The crown is slightly convex, divided into lobes by slightly pronounced small grooves, covered with a layer of ganoine, ornamented with well-developed ridges, which are most clearly represented on the anterior margin and on the sides of the crown and do not reach its posterior part. The number of ridges on the crown can usually vary from eight to twenty. On the external surface of some scales there are large pores. The neck is well-defined, relatively high. The base is large, massive, square or rectangular, usually slightly larger than the crown. The basal boss (keel) is well-developed, rather large, slightly offset from the scale center. There are usually about ten or more growth zones in the crown. The dentine is well developed, sometimes overlapping the ganoine of the older growth zones. The base contains numerous lacunae, which are arranged in distinct concentric rows and fit well into the arrangement of the growth zones. Numerous Sharpey's fibers are usually densely spaced tending radially to the lower surface of the scales.

Description. Morphology. The scales are rhomboid, elongated-rhomboid and rectangular in shape. The crown length is from 0.6 to 1.5 mm, width – from 0.5 to 1.4 mm. The height (thickness) of the scales is from 0.45 to 0.8 mm. The crown is usually slightly convex, divided by slightly pronounced small deep grooves into lobes, the number of which can vary from three to five, but usually there are three. The crown surface is ornamented with well-defined, relatively narrow, not very high, somewhat winding, short or slightly elongated ridges that do not reach the posterior part of the crown and are most clearly represented on its anterior margin and on the sides. The ridges are usually located subradially on the crown. Some ridges can be divided into two branches. The number of ridges on the crown usually vary from eight to twenty. The posterior section of the crown is smooth. The crown of the scales is shiny, covered with a layer of ganoine. On the external surface of some scales there are clearly expressed large pores. The neck is well-defined, relatively high. The base is large, massive, square or rectangular in shape with slightly rounded corners. It is usually slightly larger than the crown. The basal boss (keel) is rather large, slightly off the center of the scale.

Histology. There are usually about ten or more growth zones in the crown. The crown is built by the

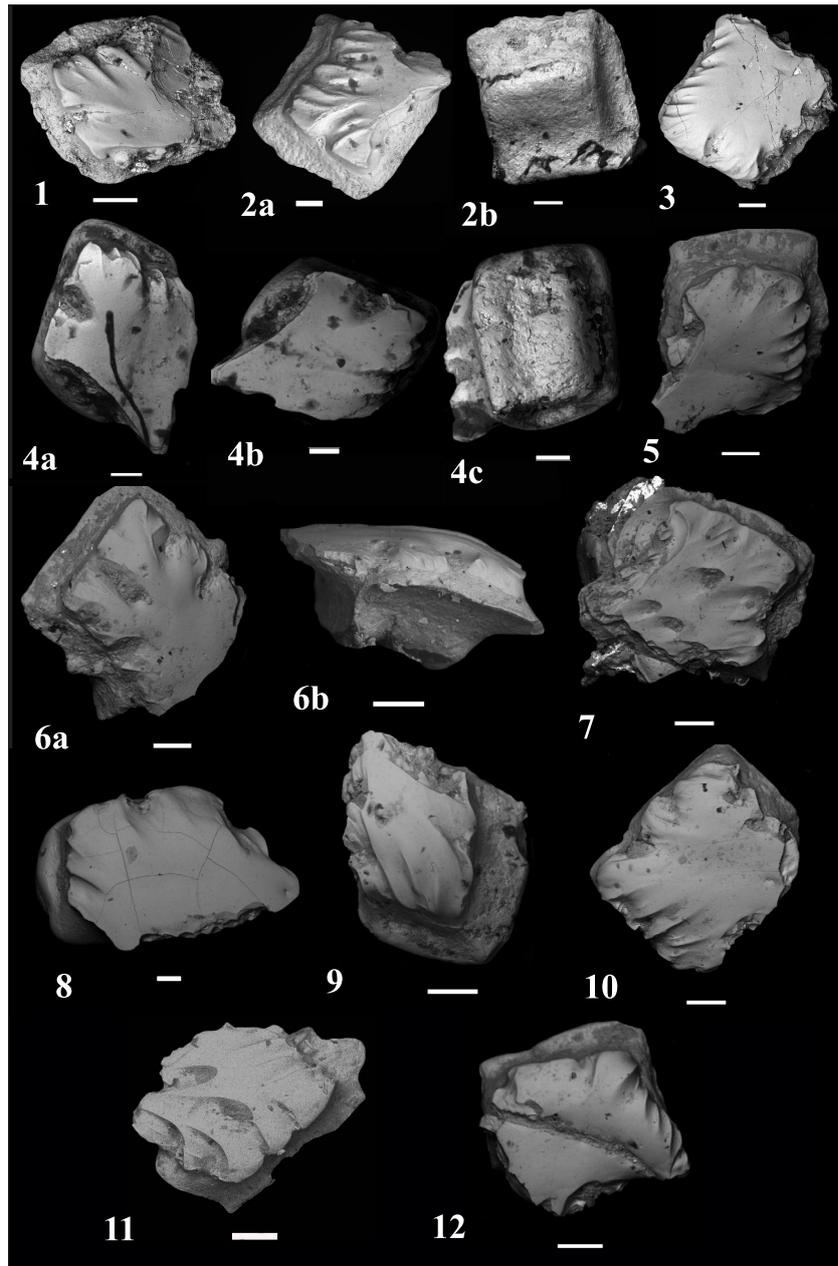
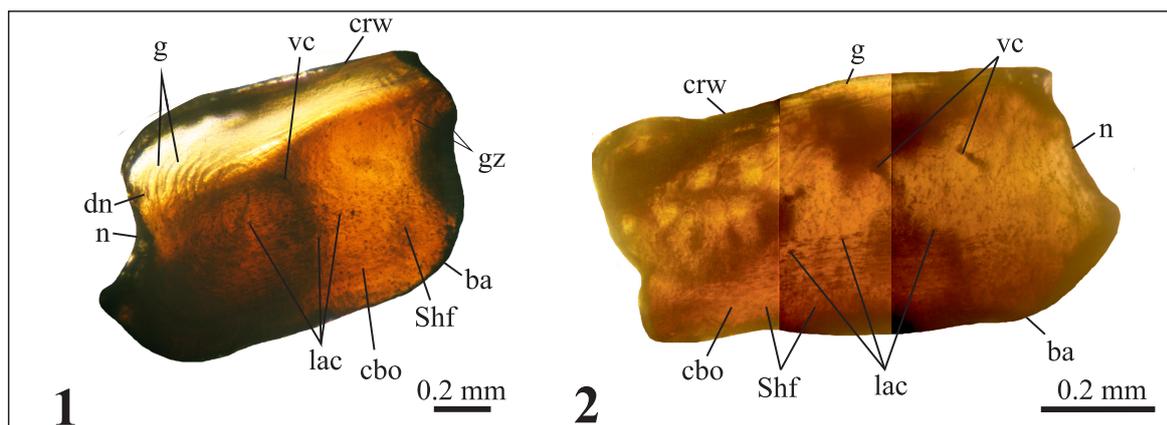


Plate I – Scales of *Cheirolepis bychovensis* sp. nov. The found scales come from the Upper Emsian and Lowermost Eifelian deposits. Scale bar of 100 μm for Figures 2a, 2b, 4a, 4b, 4c and 8; 200 μm for Figures 1, 3, 5, 6a, 6b, 7, 9, 10, 11 and 12. Figure 1 – Specimen № 49/7-16b, scale in crown view, x 75; Murovshchina 1 borehole, depth 269.0 m, Adrov Regional Stage. Figure 2 – Specimen № 51/8-8a (holotype), scale: a – crown view, x 100, b – basal view, x 120; Buda Dal'naya 35 borehole, depth 231.8 m, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 3 – Specimen № 50/38-6b, scale in crown view, x 55; Latvishi 12 borehole, depth 254.0 m, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 4 – Specimen № 116/44 – 8, scale: a – crown view, x 100; b – oblique crown view, x 100, c – basal view, x 150; Bykhov 1 borehole, depth 310.0 m, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 5 – Specimen № 126/22-18, scale in crown view, x 70; North-Polotsk 1 borehole, depth 334.0 m, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 6 – Specimen № 126/22-19, scale: a – oblique crown view, x 65, b – lateral view, x 70; North-Polotsk 1 borehole, depth 334.0 m, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 7 – Specimen № 126/22-20, scale in crown view, x 65; North-Polotsk 1 borehole, depth 334.0 m, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 8 – Specimen № 131/5z-16, scale in crown view, x 100; Drazhnya 1 borehole, depth 431.9 m, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 9 – Specimen № 126/21-44, scale in oblique crown view, x 85; North-Polotsk 1 borehole, depth 333.7 m, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 10 – Specimen № 126/21-39, scale in crown view, x 65; North-Polotsk 1 borehole, depth 333.7 m, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 11 – Specimen № 86/2a-7c, scale in crown view, x 80; Berdyzh 1 borehole, depth 410.0 m, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 12 – Specimen № 126/22-17, scale in crown view, x 80; North-Polotsk 1 borehole, depth 334.0 m, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds



Text-Figure 2 – Microstructure of the scales of *Cheirolepis bychovensis* sp. nov.

1 – scale vertical section. Specimen № 126/22-18, North-Polotsk 1 borehole, depth 334.0 m,

Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. 2 – scale vertical section. Specimen № 126/22-17,

North-Polotsk 1 borehole, depth 334.0 m, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

Abbreviations: ba – base, cbo – cellular bone, crw – crown, dn – dentine, g – ganoine, gz – growth zones, lac – lacuna, n – neck, vc – vascular canal; Shf – Sharpey's fibres

dentine and ganoine layers. The dentine is formed by a network of vascular canals, from which thin sinuous dentine tubules are branched out. The ganoine layer is usually of moderate thickness and consists of separate plates parallel to the scale surface. In the middle part of the scales there are separate rather large vascular canals, which are very clearly visible in thin sections. The base of the scales is thick, massive and is composed of the bone tissue. It is characterized by a large number of lacunae, which are positioned in distinct concentric rows and are clearly visible at the growth zone boundaries. Sharpey's fibers are narrow, rather long, distinct. They are arranged radially approximately from the center of the bone layer to the lower surface of the scale.

Variability. The scales of this species vary in shape and sizes. The crown sculpture varies in the number of ridges. The ridges can fade at different distances from the anterior margin of the crown, but its posterior part is always smooth. The number of branched ridges on the crown of the scales can vary. The number of pores on the surface of some scales also varies greatly. The expressiveness of the base boss may slightly vary.

Comparison. The scales of the described species differ greatly from those of *Cheirolepis trailli* [3; 9; 18] in their crown sculpture, presence of large pores on the surface of some scales and absence of well-expressed spines in the posterior margin of the crown, a convex of the anterior part of the base. The scales of *Cheirolepis bychovensis* sp. nov. considerably differ from the scales of *Cheirolepis canadensis* [10; 18; 39; 40] in the crown sculpture, presence of large pores on the surface of some scales, absence of well-expressed spines on the posterior margin of the crown, the higher neck, the base shape, another expression of the basal boss (keel).

The scales of the described species are distinguished from scales of *Cheirolepis gaugeri* [11] by the shape of their crown, sculpture on the crown, presence large pores on the surface of some scales, the posterior part of the crown, expressiveness of the neck, a slight base morphology. The scales of *Cheirolepis bychovensis* sp. nov. differ from those of *Cheirolepis gracilis* [11] in the nature of the sculpture on the crown, presence of large pores on the surface of some scales, the neck height, and a slightly better prominence of the basal boss. The scales of the described species is distinguished from those of *Cheirolepis schultzei* [4] by the crown shape and sculpture, presence of large pores on the surface of some scales, configuration of the posterior section of the crown, neck development, base shape, much better expression of the basal boss (keel) and its shape. The scales of *Cheirolepis bychovensis* sp. nov. differ from the scales of *Cheirolepis aleshkai* [21] by the shape of their crown, character of the sculpture on the crown, the presence of pores on the surface of the crown of some scales, the more developed and higher neck, the base extending beyond the crown and its convexity and a well-developed keel. The scales of the described species differ greatly from those of *Cheirolepis jonesi* [1] in their crown configuration and sculpture, the presence of large pores on the surface of some scales, the character of the crown posterior margin, the neck height, base shape and its convexity. It should also be noted that, histologically, the scales of this species have small intrinsic features that distinguish them from the previously described scales of the other species.

Facies. The scales are found in deposits which are predominantly accumulations of a shallow desalinated marine basin.

Geological age and geographical distribution.

Lower Devonian, Emsian Stage, Upper Substage, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds; Middle Devonian, Eifelian Stage, Lower Substage, Adrov Regional Stage; Belarus, Sharkovshchina, Polotsk and Rossony districts of the Vitebsk region, Slavgorod and Korma districts of the Mogilev region, Svetlogorsk and Chechersk districts of the Gomel region.

Occurrence. Belarus, Sharkovshchina district, Vitebsk region, Buda Dal'naya 35 borehole, depth 231.8 m, Latvishi 12 borehole, depths 254.3 and 254.0 m; Polotsk district, Vitebsk region, Murovshchina 1 borehole, depths 269.0 and 269.7 m; Rossony district, Vitebsk region, North-Polotsk 1 borehole, depths 333.7 and 334.0 m; Slavgorod district, Mogilev region, Bykhov 1 borehole, depth 310.0 m; Korma district, Mogilev region, Korma 1 borehole, depth 323.6 m; Svetlogorsk district, Gomel region, Drazhnya 1 borehole, depth 431.9 m; Chechersk district, Gomel region, Berdyzh 1 borehole, depth 410.0 m.

CONCLUSION

As a result of the revision of the palaeoichthyological collections numerous scales were selected and

studied in detail that permitted us to distinguish a new species of *Cheirolepis bychovensis* sp. nov. The scales of this new species differ significantly in their morphology and, to a lesser extent, in histology from all the previously described scales of this genus, which makes it relatively easy to identify them and to use them for dating the enclosing rock strata. It should be also noted that the described new species complements the taxonomic composition of the ichthyofauna known from the Upper Emsian and Lowermost Eifelian deposits of Belarus.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author of the paper expresses his deep gratitude to V.G. Lugin (Belarusian State Technological University, Center for Physical and Chemical investigations) for his help with the electron microscope photography, thanks to Dr. C.J. Burrow and Dr. A.S. Bakaev for fruitful discussions of this material, and also to V.G. Filippova for her help in editing the manuscript in English. The author is also grateful to the reviewer for his valuable advices and comments made during the review of the manuscript.

REFERENCES

1. **A new actinopterygian *Cheirolepis jonesi* nov. sp. from the Givetian of Spitsbergen, Svalbard / M. J. Newman [et al.] // Norwegian Journal of Geology. – 2021. – Vol. 101. – P. 1–14.**
2. **Agassiz, L.** Monographie des Poissons fossiles du Vieux Grès Rouge ou Système Dévonien (Old Red Sandstone) des Isles Britanniques et de la Russie / L. Agassiz // Jent and Gassmann. – Neuchâtel, 1844–1845. – 171 p.
3. **Agassiz, L.** Recherches sur les Poissons fossiles / L. Agassiz // Imprimerie de Petitpierre et Prince, Neuchâtel, 1835. – Vol. II, part I. – P. 128–134.
4. **Arratia, G.** A new cheirolepidid fish from the Middle-Upper Devonian of Red Hill, Nevada, USA / G. Arratia & R. Cloutier // Recent advances in the origin and early radiation of vertebrates / G. Arratia, M. V. H. Wilson & R. Cloutier (eds.). – 2004. – P. 583–598.
5. **Arratia, G.** Reassessment of the morphology of *Cheirolepis canadensis* (Cheirolepididae: Actinopterygii) / G. Arratia & R. Cloutier // Devonian Fishes and Plants of Miguasha, Quebec, Canada, Verlag Dr. Friedrich Pfeil / H.-P. Schultze & R. Cloutier (eds.). – München, 1996. – P. 165–197.
6. **Cope, E. D.** Geology and Paleontology / E. D. Cope // Amer. Naturalist. – 1887. – Vol. 21. – P. 1014–1019.
7. **Egerton, P. de M. G.** British fossils. (Descriptions of *Tristichopterus*, *Acanthodes*, *Climatius*, *Diplacanthus*, *Cheiracanthus*) / P. de M. G. Egerton // Memoirs of the Geological Survey of the United Kingdom (British Organic Remains). – 1861. – Vol. 10. – P. 51–75.
8. **Eichwald, E.** Über die Fische des devonischen systems in der Gegend von Pawlowsk / E. Eichwald // Bulletin de la Société des Naturalistes de Moscou. – 1844. – Vol. 17. – S. 824–843.
9. **Endoskeletal structure in *Cheirolepis* (Osteichthyes, Actinopterygii), an Early ray-finned fish / S. Giles [et al.] // Palaeontology. – 2015. – Vol. 58, part 5. – P. 849–870.**
10. **Gross, W.** Die Agnathen und Acanthodier des Obersilurischen Beyrichienkalks / W. Gross // Palaeontographica. – 1947. – Abt. A. 96. – S. 91–161.
11. **Gross, W.** Kleinschuppen, Flossenstacheln und Zähne von Fischen aus europäischen und nordamerikanischen Bonebeds des Devons / W. Gross // Palaeontographica. – 1973. – Abt. A. 142. – S. 51–155.
12. **Huxley, T. H.** On the applications of the laws of evolution to the arrangement of the Vertebrata and more particularly of the Mammalia / T. H. Huxley // Proceedings of the Zoological Society of London. – 1880. – Vol. 43. – P. 649–662.
13. **Karatajūtė-Talimaa, V. N.** The Silurian and Devonian thelodonts from the USSR and Spitsbergen / V. N. Karatajūtė-Talimaa. – Vilnius : Mokslas, 1978. – 336 p. (in Russian).

14. **Kazantseva-Selezneva, A. A.** On the systematics and phylogeny of the order Palaeonisciformes / A. A. Kazantseva-Selezneva // Essays on the phylogeny and systematics of the agnathans and fishes ; ed. by V. V. Menner. – Moscow : Nauka, 1977. – P. 98–115 (in Russian).
15. **Mark-Kurik, E.** The Middle Devonian fishes of the Baltic States (Estonia, Latvia) and Belarus / E. Mark-Kurik // Courier Forschungsinstitut Senckenberg (Final Report of IGCP 328 project). – 2000. – Vol. 223. – P. 309–324.
16. **Obruchev, D. V.** Devonian Psammosteids (Agnatha, Psammosteidae) of the USSR / D. V. Obruchev, E. Yu. Mark-Kurik // Institute of Geology, Academy of Sciences of the Estonian SSR. – Tallinn, 1965. – 304 p. (in Russian, with English summary).
17. **Pander, C. H.** Ueber die Saurodipteren, Dendrodonten, Glyptolepiden und Cheirolepiden des devonischen Systems / C. H. Pander. – St.-Petersburg, 1860. – IX + 90 s.
18. **Pearson, D. M.** The Devonian actinopterygian *Cheirolepis* Agassiz / D. M. Pearson & T. S. Westoll // Transactions of the Royal Society of Edinburgh. – 1979. – Vol. 70. – P. 337–399.
19. **Plaksa, D. P.** Introduction of vertebrate zonal scales into the Stratigraphic Chart of Devonian deposits of Belarus / D. P. Plaksa // Dokl. Acad. Nauk Belarusi. – 2008. – Vol. 52, N 4. – P. 83–88 (in Russian).
20. **Plax, D. P.** A new genus of the placoderm fish (Placodermi, Ptyctodontida) from the Upper Emsian deposits of Belarus / D. P. Plax // Lithosphere. – 2019. – № 2 (51). – P. 75–83.
21. **Plax, D. P.** A new species of the actinopterygian fish (Osteichthyes, Actinopterygii) from the Eifelian deposits of the Vileyka Buried Ridge (Belarus) / D. P. Plax // Lithosphere. – 2020. – № 1 (52). – P. 68–74.
22. **Plax, D. P.** Agnathan and fish remains from the Gorodok Regional Stage of the Eifelian Stage of Belarus / D. P. Plax // Vestnik of Brest University. Series 5. Chemistry. Biology. Sciences about the Earth. – Brest, 2017. – № 1. – P. 96–101 (in Belarusian).
23. **Plax, D. P.** Devonian fish fauna of Belarus / D. P. Plax // Lithosphere. – 2008. – № 2 (29). – P. 66–92 (in Russian).
24. **Plax, D. P.** Ichthyofauna from the bottom of the Middle Devonian (Adrov Regional Stage) of Belarus / D. P. Plax // Vestnik of Brest University. Series 5. Chemistry. Biology. Sciences about the Earth. – Brest, 2012. – № 2. – P. 118–121 (in Russian).
25. **Plax, D. P.** Ichthyofauna of the Polotsk Regional Stage of the Givetian Stage of Belarus / D. P. Plax // Geology and Useful minerals of the Quaternary deposits. Proc. of the VIII University geological readings : in 2 vol. (Minsk, April, 3–4, 2014) ; A. F. Sanko [eds.]. – Minsk : Tsifrovaya pechat publ., 2014. – Vol. II. – P. 16–19 (in Russian).
26. **Plax D. P.** New Early Devonian (Late Emsian) placoderms from Belarus / D. P. Plax, M. J. Newman // Journal of Paleontology. – 2020. – № 94 (4). – P. 773–787.
27. **Plax, D. P.** Stratigraphic ichthyofauna assemblages of the Devonian deposits in the east and southeast of Belarus / D. P. Plax // Lithosphere. – 2015. – № 1 (42). – P. 20–44.
28. **Plax, D. P.** Stratigraphic ichthyofauna assemblages of the Devonian deposits in the Vileyka Buried Ridge of the Belarusian Anticline / D. P. Plax // Natural resources. – 2016. – № 2. – P. 14–44.
29. **Plax, D. P.** Stratigraphy and ichthyofauna of the Upper Emsian-Eifelian deposits in the Bykhov 1 and Korma 1 borehole sequences in the East of Belarus / D. P. Plax, O. V. Murashko // Natural resources. – 2021. – № 1. – P. 40–67.
30. **Preobrazhensky, I. A.** On some members of the family Psammosteidae Ag. / I. A. Preobrazhensky // Protokoll Obshchestva Estestvoispytatelej Yur'evskogo Instituta. – 1911. – Vol. 19. – P. 21–36 (in Russian).
31. **Schultze, H.-P.** The late Middle Devonian fauna of Red Hill I, Nevada, and its paleobiogeographic implications / H.-P. Schultze // Fossil Record. – 2010. – Vol. 13. – P. 285–295.
32. **State geological map of the Russian Federation.** Scale 1:1 000 000 (third generation). Central European Series. Sheet N-36 (M-36) – Smolensk. Explanatory note / G. V. Vorotnikova [et al.]. – Saint-Petersburg : VSEGEI Cartographic Factory, 2011. – 267 p. (in Russian).
33. **The Devonian** of the Voronezh Anticline and the Moscow Syncline // G. D. Rodionova [et al.]. – Moscow, 1995. – 265 p. (in Russian).
34. **The Devonian** system / Stratigraphic Chart of the Precambrian and Phanerozoic deposits of Belarus: Explanatory Note / T. G. Obukhovskaya [et al.]. – Minsk : State Enterprise “BelNIGRI”, 2010. – P. 98–114 (with Stratigraphic Chart of the Devonian deposits of Belarus in 2 sheets) (in Russian).
35. **Valiukevičius, J.** Acanthodian biostratigraphy and interregional correlations of the Devonian of the Baltic States, Belarus, Ukraine and Russia / J. Valiukevičius, S. Kruckek // Courier Forschungsinstitut Senckenberg (Final Report of IGCP 328 project). – Vol. 223. – 2000. – P. 271–289.
36. **Valiukevičius, J.** Complexes of vertebrate microremains and correlation of terrigenous Devonian deposits of Belarus and adjacent territories / J. Valiukevičius, V. Talimaa, S. Kruckek // Ichthyolith Issues. Special Publication 1 Socorro. – New Mexico, 1995. – P. 53–59.
37. **Valiukevičius, J. J.** Acanthodians from the Narva Regional Stage of the Main Devonian Field / J. Valiukevičius. – Vilnius, 1985. – 144 p. (in Russian).

38. **Valiukevičius, J. J.** Acanthodian scale assemblage from the base of the Middle Devonian of the Baltic and Byelorussia / J. J. Valiukevičius, V. N. Karatajūtė-Talimaa // Biofacies and fauna of the Silurian and Devonian basins of the Baltic region. All-Union Scientific Research Institute of Marine Geology. – Riga : Zinātne, 1986. – P. 110–122 (in Russian).

39. **Whiteaves, J. F.** On some remarkable fossil fishes from the Devonian rocks of Scaumenac Bay, P. Q., with description of a new genus and three new species / J. F. Whiteaves // Canadian Naturalist. – Montreal, 1881. – Vol. 10. – P. 27–35.

40. **Zylberberg, L.** A microanatomical and histological study of the postcranial dermal skeleton of the Devonian actinopterygian *Cheirolepis canadensis* / L. Zylberberg, F. J. Meunier, M. Laurin // Acta Palaeontologica Polonica. – 2016. – Vol. 61 (2). – P. 363–376.

Статья поступила в редакцию 24.02.2022

Рецензент Ю.В. Заика

НОВЫЙ ВИД ЛУЧЕПЕРОЙ РЫБЫ (OSTEICHTHYES, АСТИНОПТЕРЫГИИ) ИЗ ВЕРХНЕЭМССКИХ И НИЗОВ ЭЙФЕЛЬСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕЛАРУСИ

Д.П. Плакс

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

Приводится детальное описание изолированных чешуй нового вида лучеперой рыбы *Cheirolepis bychovensis* sp. nov. из лепельских и адровских отложений Беларуси. По имеющимся в распоряжении автора данным установлено, что в породах лепельского возраста чешуи этого вида встречаются гораздо чаще, чем в породах адровского. Это может быть связано, например, с несколько худшей изученностью адровских отложений в палеоихтиологическом отношении. Дальнейшие исследования позволят это выяснить. Сохранность чешуй хорошая, что позволяет их детально изучить и описать. Помимо описательной палеонтологической части в статье указываются данные по сопутствующим органическим остаткам, обнаруженным совместно с чешуями этого представителя лучеперой рыбы, а также приводится литологическая характеристика вмещающих пород, в которых были обнаружены чешуи нового вида. Приведенные в статье данные дополняют информацию о таксономическом составе позднеэмской и раннеэйфельской ихтиофауны в пределах республики. В качестве стратиграфической основы использована Стратиграфическая схема девонских отложений Беларуси 2010 г.

НОВИ ВІД ПРАМЯНЁВАПЁРАЙ РЫБЫ (OSTEICHTHYES, АСТИНОПТЕРЫГИИ) З ВЕРХНЕЭМСКИХ І АСНАВАННЯ ЭЙФЕЛЬСКИХ АДКЛАДАЎ БЕЛАРУСІ

Д.П. Плакс

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

Прыводзіцца дэтальнае апісанне ізаляваных лускаў новага віду прамянёвапёрай рыбы *Cheirolepis bychovensis* sp. nov. з лепельскіх і адраўскіх адкладаў Беларусі. Па наяўных у распараджэнні аўтара даных выяўлена, што ў пародах лепельскага ўзросту лускі гэтага віду сустракаюцца значна часцей, чым у пародах адраўскага ўзросту. Гэта можа быць звязана, напрыклад, з некалькі горшай вывучанасцю адраўскіх адкладаў у палеаіхтыялагічных адносінах. Далейшыя даследаванні дазваляць гэта высветліць. Захаванасць лускаў добрая, што дазваляе іх дэтальна вывучыць і апісаць. Апроч апісальнай палеанталагічнай часткі ў артыкуле прыведзены даныя па спадарожных арганічных рэштках, якія выяўлены сумесна з лускамі гэтага прадстаўніка прамянёвапёрай рыбы, а таксама прыводзіцца літалагічная характарыстыка парод, у якіх былі знойдзены лускі гэтага віду. Прыведзеныя ў артыкуле даныя дапаўняюць інфармацыю пра таксанамічны склад познеэмскай і раннеэйфельскай іхтыяфауны ў межах рэспублікі. У якасці стратиграфічнай асновы выкарыстана Стратыграфічная схема дэвонскіх адкладаў Беларусі 2010 г.

**ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗРАСТА ДРЕВНЕОЗЕРНЫХ
ОТЛОЖЕНИЙ, ВСКРЫТЫХ СКВАЖИНАМИ 2Р И 4Р У д. ЧЕРЕНКИ
ЧАУССКОГО РАЙОНА МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ**

А.В. Шидловская¹, Г.И. Литвинюк²

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

²Белорусский государственный университет
ул. Ленинградская, 16, 220006, Минск, Беларусь
E-mail: LitvinHI@bsu.by

Приведены результаты палинологического и палеокарпологического анализов древнеозерных межледниковых отложений из разрезов двух скважин, пробуренных на территории Чаусского района Могилевской области. Установлено, что данные отложения накопились в первой половине борковского интервала беловежского межледниковья плейстоцена Беларуси. Охарактеризованы пыльцевые зоны и соответствующие им фазы развития растительности.

ВВЕДЕНИЕ

В 2016–2018 гг. РУП «НПЦ по геологии» на площади Долгий Мох в Чаусском районе Могилевской области с целью заверить малоамплитудные и малоглубинные магнитные аномалии был пробурен ряд поисковых скважин (1Р – 4Р). Группой специалистов из Института природопользования НАН Беларуси, БГУ и филиала «Институт геологии» РУП «НПЦ по геологии» произведен отбор образцов из керна скважин с целью их дальнейшего палеоботанического изучения.

В результате предварительной палинологической экспертизы единичных образцов высказано предположение о принадлежности отложений, вскрытых скважинами 2Р и 4Р, к беловежскому межледниковому горизонту среднего плейстоцена Беларуси. Образцы из скважин 1Р и 3Р не содержат палеонтологического материала.

На территории Беларуси отложения беловежского межледниковья изучены палинологическим методом в нескольких десятках разрезов. В восточной части страны местонахождения данных отложений приурочены к долине р. Днепр. Наиболее хорошо изученными являются обнажение Нижинский Ров в Шкловском районе Могилевской области [2; 3; 5; 7 и др.], разрезы скв. 13Б и 55Б у

д. Красная Дуброва Речицкого района Гомельской области [4], скв. 21Ф и 24Ф у Могилева [19], скв. 84 у д. Большое Бахово [10; 13] и скв. 82 у д. Станиславово [13] в Дубровенском районе Витебской области и т. д. В Чаусском районе Могилевской области образования данного возраста ранее не были изучены палеоботанически.

Выполненные детальные палинологические и палеокарпологические исследования позволили получить данные, необходимые для обоснования возраста и выяснения условий формирования указанных отложений.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Скважины 1Р – 4Р пробурены на площади Долгий Мох у д. Черенки Чаусского района Могилевской области на правом берегу р. Реста, притока р. Проня. Геоморфологически данная площадь приурочена к Могилевской водноледниково-моренной равнине [6]. Схематичное расположение скважин показано на рис. 1.

Ниже приведен литологический состав отложенных разрезов скважин 2Р и 4Р, образцы из которых оказались перспективны для палинологического анализа.

Скважиной 2Р вскрыты следующие отложения:

	Литологический состав	Интервал глубин, м
1	Почвенно-растительный слой	0,0–0,5
2	Суглинок красно-бурый, плотный, моренный, с редким гравием, в основании слоя лежат гальки кварцитовые диаметром 8–9 см	0,5–8,4
3	Песок белесовато-белый, тонко- и мелкозернистый, однородный, неслоистый	8,4–22,3
4	Супесь грязно-серая, тонкозернистая, слегка гумусированная, однородная	22,3–22,9
5	Супесь грязно-серая с зеленоватым оттенком, тонкозернистая, слюдистая, пылеватая	22,9–23,1
6	Супесь грязно-серая с зеленоватым оттенком, слюдистая, опесчаненная, с веточками растений	23,1–23,7
7	Суглинок серый, слюдистый, опесчаненный	23,7–24,2
8	Песок бежевый, тонкозернистый, кварцевый, пылеватый	24,2–31,6
9	Песок грязно-серый, непромытый, со слабым зеленоватым оттенком	31,6–33,6
10	Алевриты зеленовато-серые, тонкие, плотные, тяжелые, к подошве сцементированные	33,6–53,3

Скважиной 4Р вскрыты следующие отложения:

	Литологический состав	Интервал глубин, м
1	Почвенно-растительный слой	0,0–0,2
2	Алеврит белесовато-серый, тонкий, однородный	0,2–0,6
3	Песок желтовато-серый, тонкий, однородный, неслоистый	0,6–1,0
4	Суглинок красно-бурый, плотный, однородный с малым количеством обломочного материала. Морена рыхлая, возможно, акватическая	1,0–10,8
5	Песок желтовато-серый, тонкозернистый, пылеватый, внизу мелкозернистый	10,8–21,0
6	Песок белесовато-серый, мелкозернистый, однородный, аллювиальный	21,0–26,0
7	Песок темно-серый, гумусированный, тонкозернистый, пылеватый, однородный	26,0–29,2
8	Супесь темно-серая до черной, тонкая, однородная, тонколистоватая, более темная внизу	29,2–32,5
9	Супесь серая, тонкая, однородная, карбонатная	32,5–35,3
10	Песок белесовато-серый, тонкий, однородный	35,3–40,9
11	Песок серый с голубоватым и зеленоватым оттенками при высыхании, тонко- и мелкозернистый, однородный	40,9–45,0
12	Алевриты серые, голубовато-серые с гумусированными прослоями	45,0–50,7

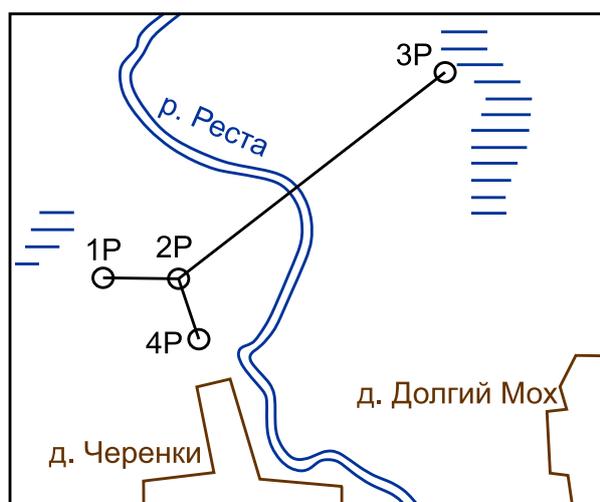


Рисунок 1 – Схема расположения поисковых скважин на площади Долгий Мох в Чаусском районе Могилевской области

По данным о литологическом составе и строении разрезов названных скважин, а также аналогичным данным по соседним скважинам 1Р и 3Р построены два схематических геологических профиля (рис. 2, 3). Четвертичная толща в этом регионе залегает на меловых породах предположительно туронского яруса, отложения которого здесь широко распространены. Примечательно, что скважинами 2Р и 4Р меловые породы не вскрыты, что может свидетельствовать о имевших место карстовых процессах. Образовавшаяся в результате размыва ложбину заполняют преимущественно алевриты, вероятно, относящиеся к брестскому горизонту. Верхняя часть погребенной ложбины заполнена флювиогляциальными отложениями наревского возраста, поверх которых залегает линза беловежских отложений. Котловина беловежского межледникового водоема заполнена супесью се-

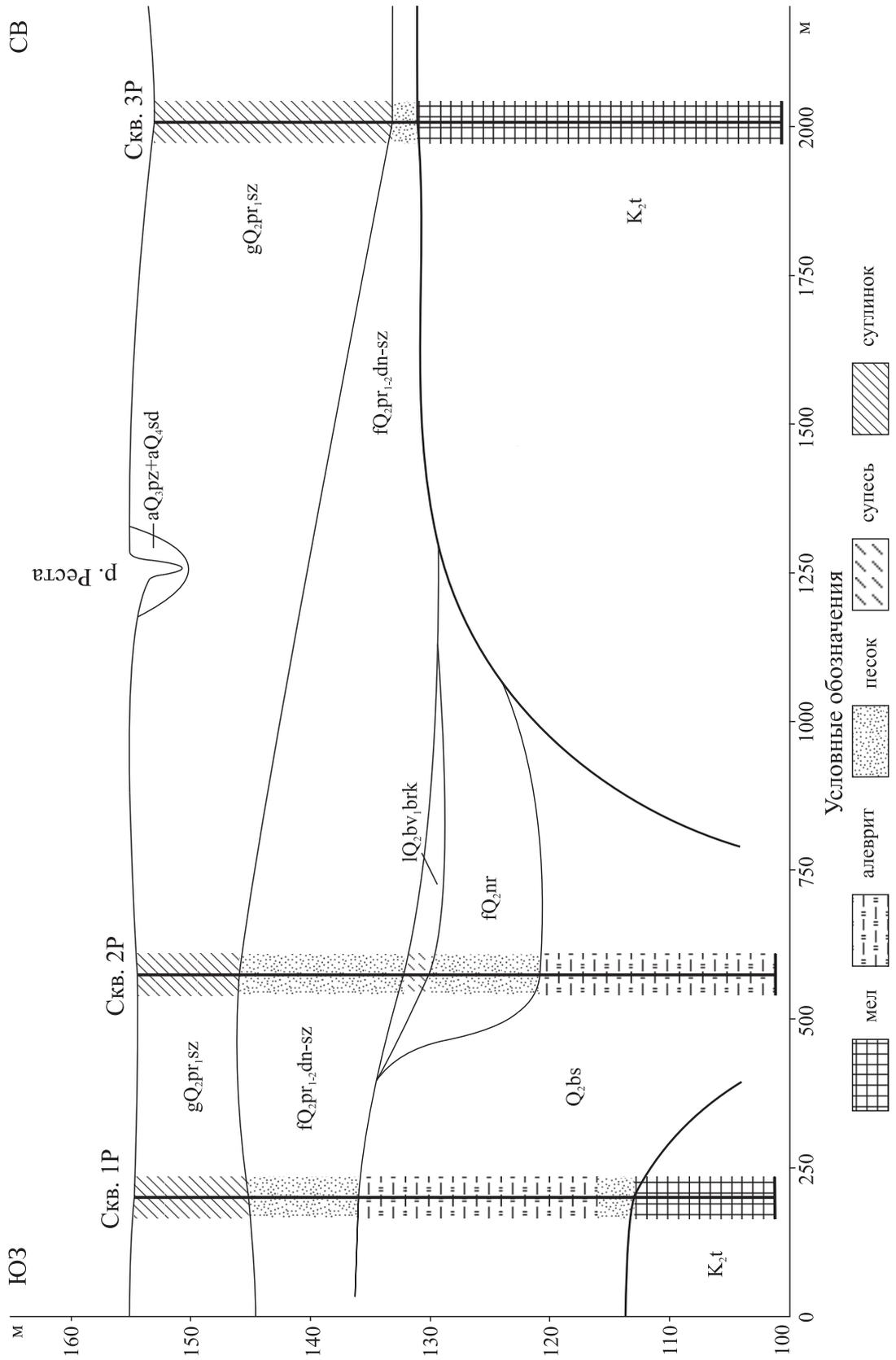


Рисунок 2 – Схематичный геологический профиль по линии 1Р – 3Р

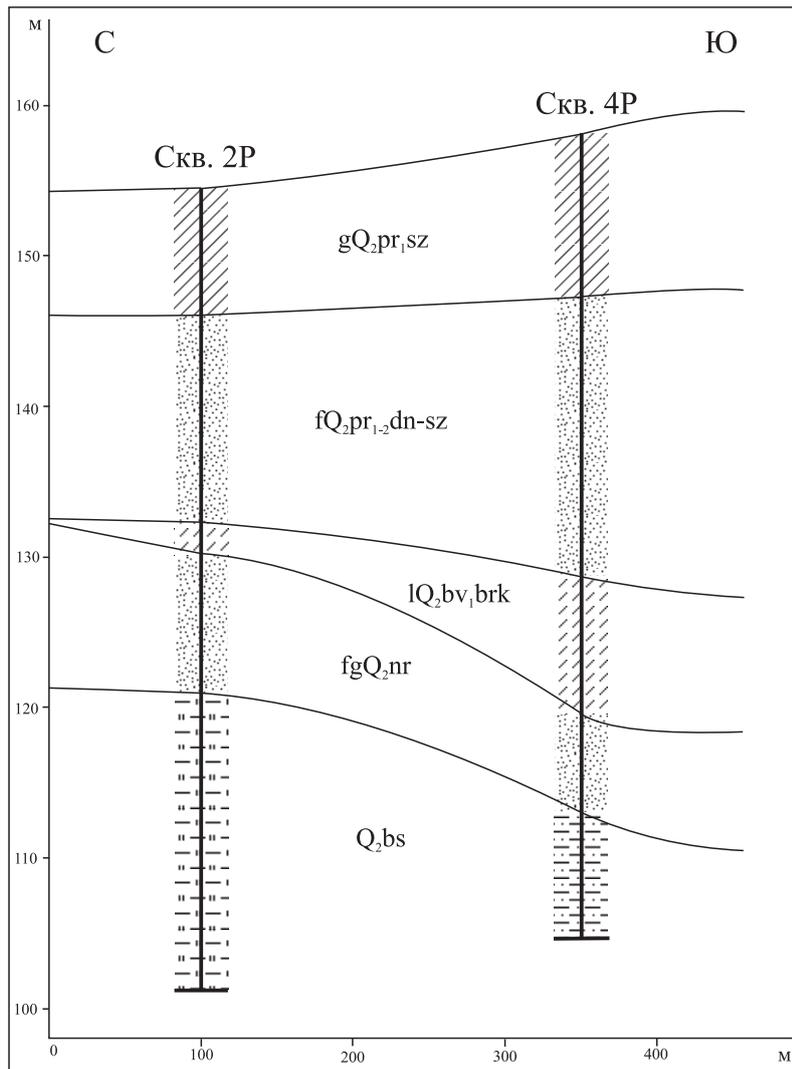


Рисунок 3 – Схематичный геологический профиль по линии 2Р – 4Р (условные обозначения см. на рис. 2)

рой, зеленовато-серой, вероятно, озерного генезиса, гумусированной, местами слюдистой с редкими растительными остатками. На профиле, проведенном по линии 2Р – 4Р, видно, что межледниковая толща выклинивается в северном направлении – это дает основания предполагать, что более глубокая часть палеоводоема находилась южнее. Поверх брестских и беловежских отложений залегают выдержанные по простиранию нерасчлененные днепровско-сожские флювиогляциальные и сожские моренные отложения припятского горизонта. В исследуемом регионе отложения данного возраста слагают мощные толщи и, как правило, выходят на поверхность. В долине р. Реста распространены аллювиальные отложения поозерского и судобльского горизонтов [6].

же участие пылицы *Betula* sect. *Albae* (11,3%). Среди пылицы травянистых растений встречены *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Asteraceae*, *Poaceae*. Среди спор отмечен *Sphagnum* (6,3%).

Состав спектра данной пылевой зоны соответствует региональной пылевой зоне **brk 1** *Betula - Larix - Picea* борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси.

Ch2R-2 L PAZ (гл. 23,1–23,2 м) характеризуется преобладанием пылицы *Pinus* (41,0%) и *Betula* sect. *Albae* (34,9%). Количество пылевых зерен *Picea* снижается до 8,1%, а *Larix* – до 4,9%. Среди пылицы травянистых растений преобладает *Artemisia* (6,2%), встречаются *Chenopodiaceae*, *Superaceae*, *Poaceae*. Среди спор наибольшую роль играет *Sphagnum* (16,6%), присутствуют *Polypodiaceae*, единично *Bothryhium*.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Скважина 2Р

Для спорово-пыльцевого анализа из керна скважины 2Р из слоя супеси грязно-серой гумусированной, местами слюдистой (интервал 22,3–23,3 м) были отобраны 10 образцов, которые содержали достаточное количество пылицы и спор. По результатам спорово-пыльцевого анализа построена диаграмма (рис. 4). Общий состав спорово-пыльцевых спектров указывает на то, что данные отложения накопились в период межледниковья: пылица древесных растений доминирует на протяжении всего изученного интервала, ее количество колеблется от 88,9 до 99,7%. На диаграмме выделены 4 локальные пылевые зоны **Ch2R-1 – Ch2R-4** (**Ch** – д. Черенки, **2R** – номер скважины), которые могут быть сопоставлены с региональными пылевыми зонами борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси [8; 12].

Ch2R-1 L PAZ (гл. 23,2–23,3 м) представлена одним образцом, для нее характерно преобладание пылицы древесных пород (95,5%), в частности хвойных: *Picea* (30,0%), *Pinus* (37,1%), *Larix* (17,1%), а также

Данная локальная зона соответствует региональной спорово-пыльцевой зоне **brk 2 Pinus – Betula** борковского подгоризонта беловежского горизонта.

Ch2R-3 L PAZ (гл. 22,6–23,1 м) отличается появлением значительного количества пыльцы широколиственных пород: *Quercus* (до 17,6%), *Ulmus* (до 17,0%), *Corylus* (до 11,1%), *Tilia* (до 4,9%) при общем доминировании пыльцы *Pinus* (от 72,5% в нижней части интервала до 37,5% в верхней). Присутствует пыльца *Picea* (до 2,7%), *Betula sect. Albae* (до 8,9%), *Alnus* (до 15,0%), встречены пыльцевые зерна *Acer*, *Ligustrum*. Содержание пыльцы травянистых растений незначительно (до 1,7%), споры представлены только Polypodiaceae (до 8,7%).

Локальная зона **Ch2R-3** отвечает региональной пыльцевой зоне **brk 3 Quercus – Ulmus** борковского подгоризонта беловежского горизонта.

Ch2R-4 L PAZ (гл. 22,4–23,6 м) характеризуется заметным возрастанием содержания пыльцы *Corylus* (до 27,0%) и по-прежнему высоким содержанием пыльцы других термофильных пород в составе спектров: *Quercus* (до 9,4%), *Ulmus* (до 15,4%), *Tilia* (до 4,2%). Единично представлена пыльца *Fraxinus* и *Carpinus*. Процентное содержание пыльцы *Pinus* несколько снижается (от 47,1 до 33,8%), отмечены единичные пыльцевые зерна *Picea*. Количество пыльцы *Alnus* возрастает до 19,6%, а пыльцы *Betula sect. Albae* уменьшается, по сравнению с предыдущей зоной, до 2,4–3,0%. Участие пыльцы трав незначительно, единично встречены *Artemisia*, *Ariaceae*, *Alismataceae*, а из спор – Polypodiaceae (до 3,7%).

Данная локальная зона соответствует региональной пыльцевой зоне **brk 4 Quercus – Ulmus – Corylus** борковского подгоризонта беловежского горизонта.

На палеокарпологический анализ из скважины 2Р отобрано 5 образцов в интервале глубин 22,9–24,2 м. В результате выявлена немногочисленная флора (табл. 1), насчитывающая 28 видов древесных и травянистых растений. Основу флоры составляют хвойные и широколиственные породы, представленные в незначительном количестве, а чаще единичными экземплярами семян и хвои *Pinus* sp., *Picea* sp., *Larix* sp., среди которых преобладают остатки лиственницы и сосны. Из макроостатков широколиственных и мелколиственных пород встречаются немногочисленные плоды и семена *Acer* sp., *Alnus* sp. и *Betula alba* L. Группа травянистых растений более многочисленна и представлена несколькими видами *Potamogeton*, единичными семенами *Najas major* All., *Scirpus lacustris* L. и др.

Из вымерших видов обнаружен один орешек *Carex paucifloroides* Wieliczk., наличие которого свидетельствует о древности отложений. Остальная часть флоры представлена видами умеренных условий местообитания с широким диапазоном встречаемости во флорах различного возраста.

Таблица 1 – Состав семенной флоры, изученной из отложений, вскрытых скважиной 2Р

Интервал отбора образцов, м	23,7–24,2		22,9–23,7		22,3–22,9
	№ образца				
Растение	4+	4	3	2	1
<i>Chara</i> sp.		1		1	
<i>Selaginella selaginoides</i> Link (L.)	7	1			
<i>Pinus</i> sp.				2	+
<i>Picea</i> sp.	+	+	+		
<i>Larix</i> sp.			+		1
<i>Potamogeton</i> cf. <i>natans</i> L.		1		1	
<i>P. filiformis</i> Pers	8				
<i>P. vaginatus</i> Turcz.		4			
<i>Potamogeton</i> sp.			1		+
<i>Najas major</i> All.		1	+	4	6
<i>Caulinia minor</i> (All.) Coss. et Germ.			1		
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.				1	
<i>Scirpus lacustris</i> L.				1	2
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. et Schult.	2	3		1	
<i>Carex</i> sp.	35	27	1	1	
<i>Carex paucifloroides</i> Wieliczk.					1
<i>Betula alba</i> L.		1	5	4	
<i>Alnus</i> sp.			+	2	5
<i>Caryophyllacea</i> gen.	1		4		
<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	1	4			
<i>R. flammula</i> L.					1
<i>Acer</i> sp.					3
<i>Viola</i> sp.				1	
<i>Hippuris vulgaris</i> L.					1
<i>Chamaedaphe calyculata</i> (L.) Moench	4	4			
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	1	1			
<i>Lycopuseuropaeus</i> L.			2	2	
<i>Menthaarvensis</i> L.				1	

Примечание: «+» – обломки плодов и семян.

Скважина 4Р

Из керна скважины 4Р были отобраны образцы для палинологических исследований в интервале глубин 29,2–35,3 м. Пыльца и споры хорошей сохранности и в большом количестве присутствовали в отложениях, представленных супесью тонкой, серой, однородной, карбонатной (гл. 32,5–35,3 м). Диаграмма, построенная по результатам спорово-пыльцевого анализа, представлена на рис. 5.

Общий состав спектров характеризуется абсолютным доминированием пыльцы древесных пород (93,6–100%), тогда как пыльца травянистых

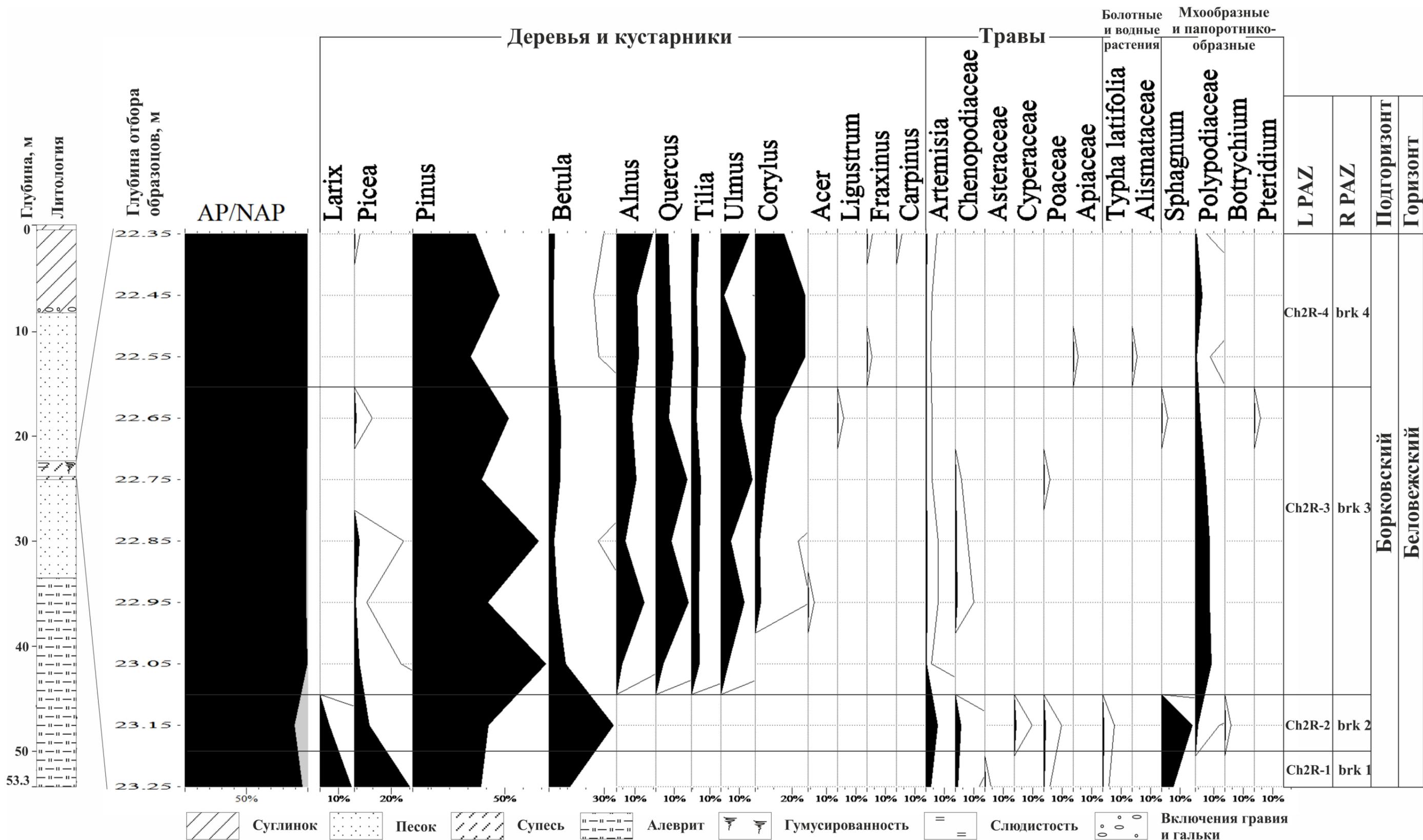


Рисунок 4 – Спорово-пыльцевая диаграмма межледниковых отложений, вскрытых скважиной 2Р у д. Черенки Чаусского района (анализ выполнен А.В. Шидловской)

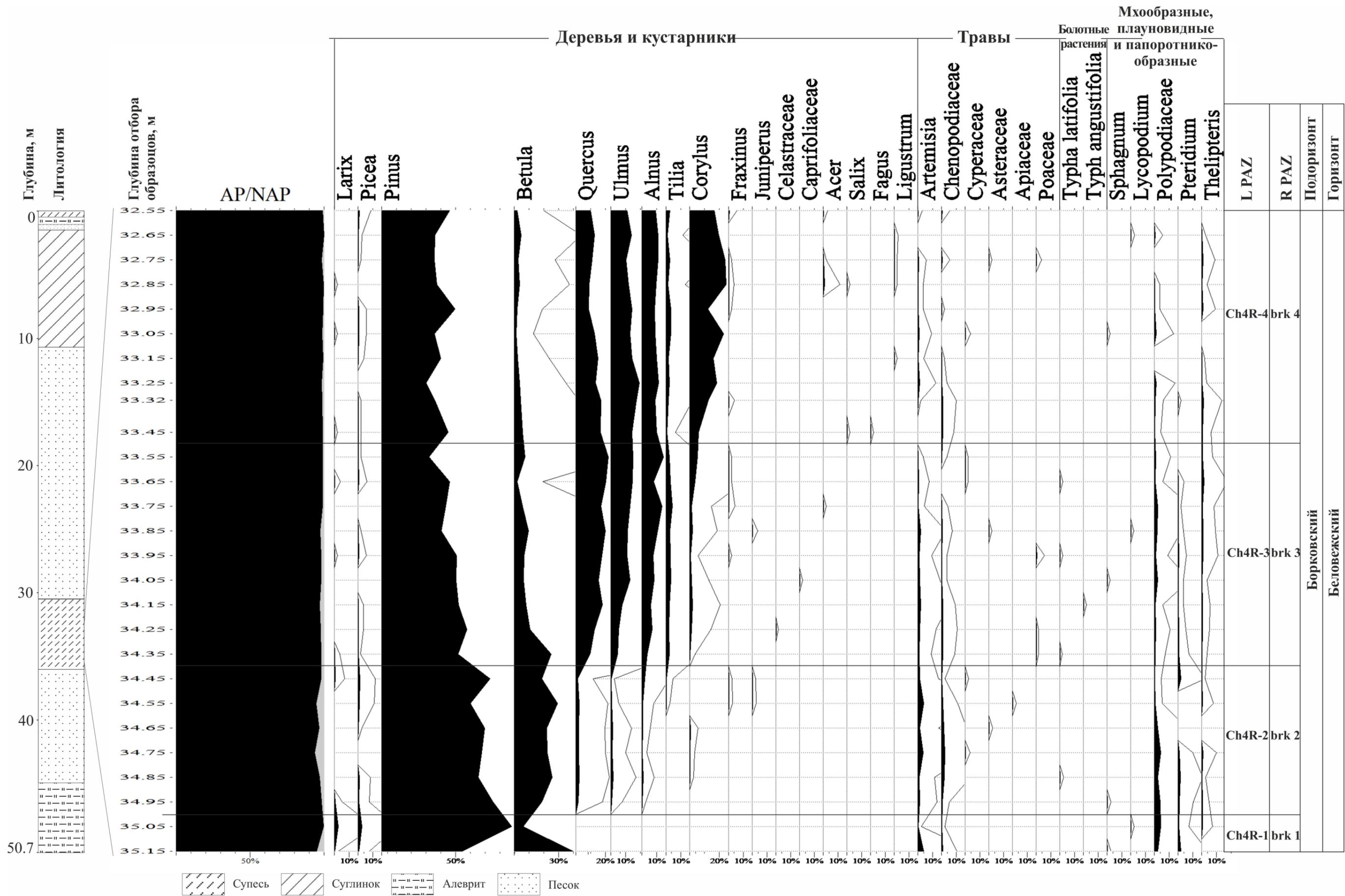


Рисунок 5 – Спорово-пыльцевая диаграмма межледниковых отложений, вскрытых скважиной 4Р у д. Черенки Чаусского района (анализ выполнен А.В. Шидловской)

растений и споры представлены в незначительном количестве. На диаграмме выделены 4 локальные пыльцевые зоны **Ch4R-1 – Ch4R-4** (**Ch** – д. Черенки, **4R** – номер скважины). Они сопоставлены с региональными пыльцевыми зонами борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси [8; 12].

Ch4R-1 L PAZ (гл. 35,0–35,2 м) характеризуется преобладанием пыльцы хвойных пород: доминирует *Pinus* – до 88,0%, присутствуют *Larix* и *Picea* – до 2,7%. Пыльца лиственных деревьев представлена *Betula sect. Albae* – до 39,9%. Из пыльцы травянистых растений встречены зерна *Artemisia* и *Chenopodiaceae*, количество которых незначительно. Среди спор чаще всего встречаются представители *Polypodiaceae* – до 4,2%.

Данная локальная пыльцевая зона соответствует региональной пыльцевой зоне **brk 1 *Betula – Larix – Picea*** борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси.

Для **Ch4R-2 L PAZ** (гл. 34,4–35,0 м) также свойственно значительное участие пыльцы *Pinus* – до 75,4% и *Betula* – до 29,3%. Содержание пыльцевых зерен *Larix* и *Picea* – не более 1,2%. В небольшом количестве отмечена пыльца термофильных пород: *Quercus* (до 2,3%), *Ulmus* (до 1,7%), *Tilia*, *Fraxinus* и *Corylus*. Пыльца *Alnus* – до 1,9%. Пыльца травянистых растений – до 6,4%, присутствуют *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Asteraceae*, *Apiaceae*. Единично встречена пыльца *Typha latifolia* L. Количество спор невелико, преобладают споры *Polypodiaceae* – до 4,5%, как и в предыдущей зоне.

Данная локальная пыльцевая зона отвечает региональной пыльцевой зоне **brk 2 *Pinus – Betula*** борковского подгоризонта беловежского горизонта.

Ch4R-3 L PAZ (гл. 33,5–34,4 м) характеризуется некоторым снижением участия *Pinus* (от 57,7 до 32,0%) по сравнению с предыдущей зоной. Количество пыльцы *Betula* резко сокращается с 25,1% в нижней части зоны до 1,9% в верхней. Единично отмечена пыльца таких хвойных пород, как *Larix*, *Picea*, *Juniperus*. Количество пыльцы термофильных пород существенно возрастает: *Quercus* – до 22,0%, *Ulmus* – до 14,9%, *Tilia* – до 4,2%, *Corylus* – до 5,2%, отмечены *Fraxinus*, *Acer*, *Celastraceae*, *Caprifoliaceae*. Количество пыльцы *Alnus* увеличивается до 14,7%. Среди пыльцы травянистых растений присутствуют *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Asteraceae*, *Roaceae*, встречены *Typha latifolia* и *T. angustifolia* L. Среди спор наибольшее участие принимают представители *Polypodiaceae* – до 2,4%.

Локальная пыльцевая зона **Ch4R-3 L PAZ** соответствует региональной пыльцевой зоне

brk 3 *Quercus – Ulmus* борковского подгоризонта, которая отвечает началу климатического оптимума.

Ch4R-4 L PAZ (гл. 32,5–33,5 м) отличается дальнейшим снижением содержания пыльцы *Pinus* – до 30,0% и *Betula* – до 1,3% и возрастанием роли пыльцы термофильных пород, прежде всего *Corylus* – до 24,6%. Пыльца *Quercus* – до 16,9%, *Ulmus* – до 19,5%, *Tilia* – до 3,2%, единично отмечены *Acer* (1,1%), *Fraxinus*, *Fagus*, *Ligustrum*. Пыльца *Alnus* – до 11,4%. Пыльца травянистых растений представлена *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Asteraceae*, *Roaceae*, встречены *Typha latifolia*, *T. angustifolia*. Среди спор, количество которых по-прежнему незначительно, отмечен *Thelypteris palustris* Schott (до 1,4%).

Локальная пыльцевая зона **Ch4R-4 L PAZ** соответствует региональной пыльцевой зоне **brk 4 *Quercus – Ulmus – Corylus*** борковского подгоризонта.

В целом состав спорово-пыльцевых спектров из отложений изученных интервалов разрезов скважин 2Р и 4Р сходен и сопоставим с таковым из таких известных разрезов беловежского возраста, как скв. 1279 у д. Стригин, скв. 1474 у д. Голицы, скв. 6 у д. Ятвезь Березовского района Брестской области [1], скв. Могилев-21Ф и Могилев-24Ф в Могилеве [9], скв. 13 у д. Красная Дуброва Речицкого района Гомельской области [4].

Следует отметить, что вышележащие отложения (гл. 29,20–32,50 м), представленные супесью темно-серой до черной, тонкой, однородной, тонколистовой, в основном содержали единичные пыльцевые зерна, чаще плохой сохранности, либо пыльца вообще отсутствовала. Из пыльцы древесных пород обнаружены зерна *Picea*, *Pinus*, *Larix*, *Betula* (*Betula sect. Albae*, *Betula nana* L.), из травянистых – *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Roaceae*. Отмечены споры *Sphagnum* и *Botrychium*.

Для палеокарпологического анализа из разреза скважины 4Р были отобраны 9 образцов породы в интервале глубин 29,2–32,5 м. Полученная флора (табл. 2) насчитывает 27 форм высших растений. По своему составу она беднее и менее выразительная, чем в разрезе соседней скважины 2Р. Древесные породы представлены немногочисленными семенами ели, лиственницы и березы. Следует отметить, что в нижней части флороносной толщи преобладают остатки *Betula alba*, а в верхней – *Betula humilis* Schrank. Из травянистых форм присутствуют обломки *Najas*, одно семя *Carex paucifloroides* и несколько форм широкого диапазона встречаемости, таких как *Potamogeton natan* L.,

Scirpus lacustris. Большая же часть флоры представлена видами широкой требовательности к климатическим условиям.

Данные палинологического и палеокарпологического анализов свидетельствуют о формировании отложений в интервале глубин 29,20–32,50 м в период похолодания климата.

Таблица 2 – Состав семенной флоры, изученной из отложений, вскрытых скважиной 4Р

Интервал отбора образцов, м № образца	30,7–32,5					29,2–30,7			
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Растение									
<i>Picea</i> sp.					+		+		
<i>Larix</i> sp.	1	1			1				
<i>Potamogeton natans</i> L.		1				1	3	2	1
<i>P. pectinatus</i> L.				1					
<i>P. filiformis</i> Pers.	2	9	3	1	3	1	2		
<i>P. vaginatus</i> Turcz.					1		1		
<i>Zannichelia palustris</i> L.			3						
<i>Najas</i> sp.							+		
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.				1					
<i>Scirpus lacustris</i> L.						1			
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. et Schult.		1					3		
<i>Carex</i> s/ gen <i>Vignea</i>							2		
<i>Carex</i> s/ gen <i>Carex</i>	1					1	2		4
<i>Carex paucifloroides</i> Wieliczk.				1					
<i>Betula alba</i> L.	18	15	25	15	12			2	4
<i>B. humilis</i> Schrank							7		12
<i>Rumex acetosella</i> L.		1	1		3		2		
<i>Polygonum</i> e gr. <i>lapatifolium</i> L.			1					+	
<i>Chenopodium album</i> L.		+				2			
<i>Batrachium</i> sp.							1		1
<i>Ranunculus flammula</i> L.							10	4	
<i>Rubus idaeus</i> L.					1				
<i>Potentilla</i> sp.									2
<i>Viola</i> sp.									+
<i>Myriophyllum</i> sp.									1
<i>Hippuris vulgaris</i> L.							1		
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.							1		

Примечание: «+» – обломки плодов и семян.

РЕКОНСТРУКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Локальные пыльцевые зоны в разрезах обеих скважин сопоставлены с четырьмя региональными зонами (brk 1 – brk 4) борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси.

Состав спектров L PAZ Ch2R-1 и Ch4R-1 соответствует таковому региональной пыльцевой зоны **brk 1** *Betula* – *Larix* – *Picea* и отражает начальную фазу межледниковья, для которой характерно развитие хвойно-мелколиственных лесов, где преобладали береза, сосна, ель и лиственница [11]. Напочвенный покров в таких лесах

создавали папоротники, заболоченные участки покрывали сфагновые мхи. На прилегающих к палеоводоему открытых участках селились луговые травы: маревые, злаковые, гвоздичные, яснотковые, астровые, среди последних преобладала полынь. В палеоводоеме произрастали представители водокрасовых и рдестовых, а в прибрежной зоне – осоковых и рогозовых.

Локальные пыльцевые зоны Ch2R-2 и Ch4R-2 отвечают региональной пыльцевой зоне **brk 2** *Pinus* – *Betula* и соответствующей фазе, которая характеризуется развитием березово-сосновых лесов с редким присутствием ели и лиственницы и небольшой примесью широколиственных пород, таких как дуб, вяз, липа, ясень. В напочвенном покрове преобладали папоротники, в том числе рода орляк. На приозерных лугах произрастали травы, принадлежащие представителям семейств маревые, зонтичные, злаковые, яснотковые, гвоздичные, астровые (преимущественно рода полынь). В прибрежной части палеоводоема росли рогоз узколистый и широколиственный, осоки, а в водоеме селились водокрасовые, рдестовые и другие водные растения. Пониженные и заболоченные участки занимали сфагновые мхи.

L PAZ Ch2R-3 и Ch4R-3 сопоставлены с региональной пыльцевой зоной **brk 3** *Quercus* – *Ulmus*. Соответствующая фаза отражает начало климатического оптимума межледниковья. В это время получили развитие сосново-вязово-дубовые леса с участием липы, лещины, ясеня, клена. Ель, лиственница и береза практически исчезли из состава лесов. Для данной фазы характерно существенное распространение ольшаников. В подлеске встречались бирючина, можжевельник, бересклетовые и жимолостные. Напочвенный покров в лесах создавали папоротники, относящиеся преимущественно к родам орляк и телиптерис. Травянистые растения были представлены маревыми, злаковыми, зонтичными, яснотковыми, фиалковыми, подорожниковыми, лютиковыми, астровыми, в том числе полынь. В палеоводоеме произрастали частуха обыкновенная, наяда морская, возможно, рдест плавающий и харовые водоросли, прибрежные участки занимали осоковые и рогозовые (рогоз узколистый и широколиственный).

Спектры L PAZ Ch2R-4 и Ch4R-4 сопоставляются с региональной пыльцевой зоной **brk 4** *Quercus* – *Ulmus* – *Corylus* и соответствуют климатическому оптимуму межледниковья, а именно фазе развития широколиственных дубово-вязовых и вязово-дубовых лесов с участием лещины, липы, клена, ясеня и, возможно, бука. Подлесок

формировала бирючина. Нижний ярус занимали папоротники, принадлежащие родам орляк и телиптерис. Среди травянистых растений присутствовали маревые, злаковые, зонтичные, подорожниковые, лютиковые, астровые, в том числе полынь. В прибрежной зоне палеоводоема произрастали рогоз узколистный и широколистный, а также осоки. Водные растения были представлены частуховыми, рдестовыми, водокрасовыми (наяды морская).

Изложенные выше данные палинологических и палеокарпологических исследований дают представление о динамике лесных сообществ на исследуемой территории Чаусского района Могилевской области на протяжении первой половины борковского интервала беловежского межледникового плейстоцена Беларуси, включая часть климатического оптимума.

ВЫВОДЫ

Результаты палинологических исследований позволяют сделать вывод о том, что формирова-

ние изученных древнеозерных отложений разрезов скважин 2Р и 4Р у д. Черенки Чаусского района Могилевской области происходило на протяжении начальных фаз и первой половины климатического оптимума борковского интервала беловежского межледникового плейстоцена Беларуси. Восстановлены фазы развития растительности, характерной для данной территории в рассматриваемый период. Результаты палеокарпологических исследований не противоречат такому выводу и позволяют получить более полное представление о составе флоры борковского времени в исследуемом регионе. Таким образом, впервые в пределах Чаусского района палеоботанически изучены отложения беловежского межледникового среднего плейстоцена Беларуси, благодаря чему уточнены и дополнены данные о стратиграфии четвертичных отложений Могилевской равнины.

Исследование проведено при финансовой поддержке гранта на выполнение научно-исследовательских работ докторантами, аспирантами и соискателями Национальной академии наук Беларуси (договор от 01.04.2021 № 2021-27-174).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Березовский** страторайон плейстоцена Белоруссии / Ф. Ю. Величкевич [и др.] ; под ред. А. В. Матвеева. – Минск : Наука и техника, 1993. – 146 с.
2. **Еловичева, Я. К.** Шкловские (рославльские) межледниковые отложения Белоруссии и смежных территорий / Я. К. Еловичева. – Минск : Наука и техника, 1979. – 184 с.
3. **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.
4. **Махнач, Н. А.** Стратиграфическое расчленение древнеозерных плейстоценовых отложений Речицкого Приднепровья / Н. А. Махнач, Т. Б. Рылова // Плейстоцен Речицкого Приднепровья Белоруссии. – Минск : Наука и техника, 1986. – С. 56–75.
5. **Махнач, Н. А.** Этапы развития растительности Белоруссии в антропогене / Н. А. Махнач. – Минск : Наука и техника, 1971. – 212 с.
6. **Нацыянальны** атлас Рэспублікі Беларусь / Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь. – Мінск : Белкартаграфія, 2002. – 292 с.
7. **Нижнинский** Ров (стратотипический разрез шкловского межледникового плейстоцена Беларуси) / Г. И. Горецкий [и др.] ; под ред. В. П. Гричука. – Минск : Наука и техника, 1987. – 273 с.
8. **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.
9. **Рылова, Т. Б.** Новые данные к стратиграфическому расчленению плейстоценовых отложений в районе г. Могилев / Т. Б. Рылова, А. К. Карabanов, И. Е. Савченко // 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. 23–26.
10. **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.

11. **Рылова, Т. Б.** Растительность и климат межледниковых интервалов плейстоцена Беларуси по данным палинологических исследований / Т. Б. Рылова, И. Е. Савченко // Литасфера. – 2006. – № 1 (24). – С. 12–26.

12. **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.

13. **Якубовская, Т. В.** Отложения и флора беловежского межледниковья на востоке Беларуси / Т. В. Якубовская [и др.] // Докл. НАН Беларуси. – 2005. – Т. 49, № 6. – С. 91–97.

Статья поступила в редакцию 25.03.2022

Рецензент С.В. Демидова

ПАЛЕАБАТАНІЧНАЕ АБГРУНТАВАННЕ ЎЗРОСТУ СТАРАЖЫТНААЗЁРНЫХ АДКЛАДАЎ, ВЫЯЎЛЕНАХ СВДРАВІНАМІ 2Р І 4Р У в. ЧАРАНКІ ЧАВУСКАГА РАЁНА МАГІЛЁўСКОЙ ВОБЛАСЦІ

Г.В. Шыдлоўская¹, Г.І. Літвінюк²

¹Інстытут прыродакарыстання НАН Беларусі
вул. Ф. Скарыны, 10, 220076, Мінск, Беларусь
E-mail: anne.shidlovskaya@gmail.com

²Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт
вул. Ленінградская, 16, 220006, Мінск, Беларусь
E-mail: LitvinHI@bsu.by

Прыведзены вынікі паліналагічнага і палеакарпалагічнага аналізу старажытнаазёрных міжледавіковых адкладаў, выяўленых дзвюма свідравінамі на тэрыторыі плошчы Доўгі Мох Чавускага раёна Магілёўскай вобласці. Устаноўлена, што гэтыя адклады сфарміраваліся на працягу першай паловы Боркаўскага інтэрвалу белавежскага міжледавікоўя плейстацэну Беларусі. Ахарактарызаваны пылковыя зоны і адпаведныя ім фазы развіцця расліннасці.

AGE DETERMINATION OF THE ANCIENT LACUSTRINE DEPOSITS RECOVERED BY BOREHOLES 2R AND 4R AT CHERENKI SITE (CHAUSY DISTRICT, MOGILEV REGION) ACCORDING TO PALEOBOTANICAL DATA

A. Shidlovskaya¹, G. Litvinyuk²

¹Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
10, F. Skaryna str., 220076, Minsk, Belarus
E-mail: anne.shidlovskaya@gmail.com

²Belarusian State University
16, Leningradskaya str., 220006, Minsk, Belarus
E-mail: LitvinHI@bsu.by

The results of palynological and paleocarpological analyzes of ancient lacustrine interglacial deposits from the sections of two boreholes drilled in the Chaussy district of the Mogilev region are presented. It has been established according to spore-pollen data that these deposits accumulated during the first half of Borkovian interval Belovezhian Interglacial (Middle Pleistocene). Paleocarpological materials do not conflict this conclusion and allow to get a more complete picture of the flora composition. Four pollen zones and corresponding phases of vegetation development are characterized. Quaternary stratigraphy of Mogilev Plain have been clarified and supplemented.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ АТТРИБУТОВ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕВЕРО-ПРИПЯТСКОГО ПЛЕЧА НА ЮГО-ВОСТОКЕ БЕЛАРУСИ

В.Н. Силуянов, О.В. Жуковская

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
Филиал «Институт геологии»
ул. Купревича, 7, 220141, Минск, Беларусь
E-mail: siluyanovone@rambler.ru, oil_ig@geologiya.by

Рассмотрены особенности формирования набора сейсмических атрибутов, информативных при проведении интерпретации результатов региональных сейсмических работ СОГТ 2D, выполненных в Припятском прогибе (Северо-Припятское плечо).

По технологии специализированной обработки сейсмических материалов региональных профилей СОГТ 2D выделен объект, трактуемый как вероятная зона разуплотнения пород (трещиноватость), представляющая интерес как возможный коллектор.

ВВЕДЕНИЕ

Региональные сейсмические работы проводятся с целью общего изучения геологического строения обширных территорий, в том числе ВЧР (верхняя часть разреза), общей оценки перспектив нефтегазоносности, выявления и регионального прослеживания нефтегазоперспективных комплексов пород, определения районов, представляющих интерес для постановки поисковых работ [3].

Региональные сейсмические исследования имеют свои специфические особенности: работы проводятся по отдельным протяженным профилям 2D, допускается довольно низкая кратность сейсмических наблюдений (24), также наличие довольно значительных значений суммарных пропусков в точках наблюдения (до 10 % от общей длины профиля).

Вышеуказанные особенности резко снижают количество сейсмических атрибутов, возможных для применения при интерпретации региональных сейсмических исследований.

В настоящее время авторами предпринята попытка сформировать такой набор сейсмических атрибутов, который позволил бы выявить зоны

разуплотнения (трещиноватости) и возможной нефтеперспективности в полуавтоматическом режиме. С этой целью выполнена специализированная обработка сейсмических материалов СОГТ 2D (способ или метод общей глубинной точки – модификация метода отраженных волн), результаты которой представлены в статье.

Следует отметить, что аналогичные исследования будут проведены в 2022 г. по профилю субмеридионального направления вдоль линии городов Лоев – Гомель – Могилев и его расщепкам.

СЕЙСМИЧЕСКИЕ АТТРИБУТЫ

Любые достижимые улучшения качества данных и визуализации, например, увеличение разрешения и/или улучшение латеральной протяженности или пределов сейсмических отражающих горизонтов представляют собой ценный вклад в исследования изучаемой территории.

Для улучшения качества изображения сейсмического разреза и повышения точности интерпретации к данным прошлых лет можно применить две основные стратегии, обычно используемые в нефтегазовой отрасли: повторная переобработка

первичных данных с использованием современных технологий обработки и использование методов анализа после суммирования, таких как сейсмические атрибуты.

По мнению многих авторов, атрибутный анализ, возможно, является одной из самых простых, дешевых и быстрых стратегий качественного выделения геофизических особенностей и свойств сейсмической записи в методе отраженных волн. Сейсмический атрибут, рассчитанный по сейсмическим данным (до суммирования и/или после суммирования), возможно рассматривать в качестве дополнительной информации к результатам традиционной обработки сейсмических профилей. По мнению ряда исследователей из разных стран, при определенных условиях результаты атрибутного анализа могут использоваться в том числе и для прямого прогнозирования наличия/отсутствия углеводородов.

Примеры залежей нефти в трещиноватых коллекторах достаточно широко и наглядно описаны в мировой литературе. Поиск и локализация трещиноватых зон становится поиском возможного трещиноватого коллектора.

По мнению многих авторов [7; 8; 14; 15] существует множество примеров успешного применения низкочастотных аномалий отраженных продольных волн в качестве потенциальных индикаторов углеводородов.

Низкочастотные аномалии также могут быть отнесены к эффектам настройки, которые усиливают отражения от резервуаров, содержащих какой-либо конкретный тип флюида, например, газ, по сравнению с отражениями от резервуаров с другими типами флюидов [7]. Другие амплитудные аномалии могут наблюдаться в виде низкочастотных теней, которые значительно задерживаются по сравнению с тонкими коллекторами над ними [7]. Ни высокое затухание, ни дисперсия скоростей обычных продольных волн, предсказанные теорией Био, не могут объяснить задержку позднего отражения или избыток низкочастотной сейсмической энергии под резервуарами. Другие возможные объяснения такого высокого затухания Р-волны включают неоднородный характер зоны коллектора и поток жидкости в масштабе длины волны [9; 11; 16].

Прогнозирование зон трещиноватости, по данным сейсморазведки, возможно выполнить на уровне мезо- и макротрещиноватости (ограничения разрешающей способности). По акустическим характеристикам, толща коллекторов слабо дифференцирована – значения акустического импе-

данса в поровых и трещинных коллекторах, как правило, находятся в одном диапазоне.

При рассмотрении вопроса изучения трещиноватости с помощью сейсмических атрибутов необходимо иметь в виду, что, несмотря на то что в геологической среде трещиноватость бывает двух основных типов: открытая и закрытая, использование какого-либо сейсмического атрибута редко дает возможность уточнить и обосновать ее тип. Таким образом, речь может идти только о выделении зон повышения трещиноватости на качественном уровне. Само понятие трещин здесь имеет особый смысл. В качестве таких структур могут рассматриваться интервалы естественных трещин и зоны с повышенными емкостными свойствами, что обусловлено увеличением кавернозной или межобломочной пористости. При этом не редки ситуации, когда оба типа коллекторов совмещены в пространстве (оптимальный вариант) [1].

Автором доклада [5] отобраны методики и технологические приемы изучения трещиннокавернозных коллекторов для случая стандартной сейсморазведки и проведено их ранжирование по широте использования и доказанной эффективности.

По убывающей методы изучения трещиноватости располагаются следующим образом:

1. Азимутальный анализ анизотропии с получением эффективной модели азимутальной анизотропии.

2. Расчет поверхностных и объемных геометрических атрибутов.

3. Специальные технологии миграционных преобразований (дуплексная миграция и др.).

4. Спектральная декомпозиция.

5. Выделение из сейсмической записи поля рассеянных волн.

6. Расчет частотнозависимых атрибутов сейсмической записи.

При проведении стандартной (не широкоазимутальной, не мультиазимутальной, не многоволновой) сейсморазведки для исследования трещиноватости из списка вышеперечисленных методов доступны методы пунктов 2, 4, 6.

Далее приведено краткое описание ряда сейсмических атрибутов, вычисление которых возможно выполнить в случае 2D, взятое из справочного документа «Руководство по интерпретации сейсмических атрибутов в программе Petrel».

Атрибуты комплексной трассы:

Огибающая сигнала, которая также известна как амплитуда огибающей сейсмического отражения (Reflection strength), мгновенная энергия и

магнитуда (Magnitude) определяется как суммарная энергия сейсмической трассы.

Атрибут важен при выделении «ярких пятен», образованных скоплением газа при выделении глобальных литологических изменений, которые вызваны сильной энергией отражений и последовательными границами. Атрибут также четко выделяет незначительные изменения в литологии, которые не так явно отображаются на сейсмических данных.

Близко расположенные отражения налагаются друг на друга (интерферируют), что делает их выделение по сейсмическим данным очень сложным. Однако при помощи атрибута огибающая сигнала (Envelope) есть возможность выделить особенности, которые не всегда видны на сейсмических данных. Использование этого атрибута вместе с исходными сейсмическими данными может помочь при интерпретации резервуара.

Атрибут огибающая сигнала (Envelope) может быть использован для распознавания фазовых различий в сейсмических данных. Максимальная энергия должна регулироваться независимо от фазы данных.

Мгновенная частота (Instantaneous frequency) $\omega(t)$, это оценка изменения мгновенной фазы.

Результатом расчета этого атрибута является мгновенная центральная или средняя частота спектра. Мгновенная частота (Instantaneous frequency) не зависит от фазы и амплитуды и может быть полезна при выделении свойств коллекторских пород, таких, как углеводороды, выделения зон трещиноватости и изменения мощности, а также латеральных изменений в литологии.

Мгновенная частота (Instantaneous frequency) имеет видимое более высокое разрешение, чем исходные амплитуды, что может быть полезно при выделении небольших изменений.

Мгновенная фаза (Instantaneous phase) – это переменная сложной функции, и она с одинаковым успехом выделяет слабые и сильные отражения.

Мгновенная фаза – это хороший индикатор неразрывностей, разломов, пластов, последовательных границ и т. п.

Стратиграфические атрибуты:

Атрибут «Chaos» отображает «хаотичность» локального сейсмического сигнала в 3D окне [10]. Эта хаотичность означает, насколько последовательна оценка направления, основанная на методе главных компонент [13].

Зоны с недостаточной последовательностью в оценке соответствуют зонам с хаотичным сигна-

лом волн. Отсюда следует, что этот атрибут является подходящим для хаотичной структуры.

Области с недостаточной последовательностью соответствуют зонам с хаотичным сигналом волн и могут быть связаны с геологическими особенностями, например, разломы/неоднородности, каналы и т. д. Важным аспектом атрибута «Chaos» является направление и амплитудная неизменность. Таким образом, на выходе будет тот же результат при больших или малых значениях амплитуд, в областях падения и наоборот.

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы об использовании вышеперечисленных атрибутов при сейсмической интерпретации:

- мгновенная огибающая (сила отражения) чувствительна к изменениям акустического импеданса и, следовательно, к литологии, пористости, углеводородам и настройке тонкого слоя;
- мгновенная фаза не зависит от значения амплитуды, полезна для отслеживания непрерывности отражателя и, следовательно, для обнаружения несогласий, разломов и боковых изменений в стратиграфии;
- мгновенная частота не зависит от значения амплитуды, полезна для определения аномального затухания и тонкой настройки;
- «Chaos» в Petrel не зависит от значения амплитуды, определяет зоны с «хаотичным» сигналом волн.

БАЗОВЫЙ НАБОР АТРИБУТОВ

В рамках программы Союзного государства «СКИФ-НЕДРА» 2015–2018 гг. [4] сформирован программный продукт, включающий алгоритмы интерпретации данных сейсморазведки, созданные специалистами для условий Припятского прогиба (далее программный продукт «СКИФ-НЕДРА»).

В программном продукте реализованы: частотно-временной анализ, резонансно-селективные преобразования и циклический анализ.

Частотно-временной анализ в рамках технологии «СКИФ-НЕДРА» реализован на основе собственной модификации алгоритма преобразования Гильберта с заданием диапазона частот модуляции (по Астапенко В.Н. [2]). Вычисляемые атрибуты сейсмической записи: мгновенная амплитуда, мгновенная фаза и квадратурная составляющая для данной несущей частоты модуляции. В дополнении (скрипт Python) реализовано вычисление средней мгновенной частоты в интерва-

ле дискретов пакета модуляции, обеспечена возможность вычисления комплексного атрибута – отношение мгновенной амплитуды к мгновенной частоте.

В расширении программного продукта, реализованного в виде скрипта на языке программирования Python, добавлена возможность вычисления мгновенной амплитуды (огibaющей), мгновенной фазы и мгновенной частоты по алгоритмам библиотеки NeuroDSP (инструменты для анализа и моделирования нейронных временных рядов с использованием цифровой обработки сигналов). NeuroDSP – это пакет Python с открытым исходным кодом [12]. В качестве несущей частоты модуляции выбирается максимально высокая значимая, определяемая по алгоритмам библиотеки NeuroDSP, частота сигнала.

Резонансно-селективные (резонансно-кодовые) преобразования в рамках технологии «СКИФ-НЕДРА» позволяют выполнить выделение фаз (реализован регулируемый параметр «селективность по фазе») и оценить наличие резонанса для указанного диапазона частот (реализован регулируемый параметр «порог значимости эффекта резонанса»). Селекция резонансов реализована для следующих режимов: «от границ положительного слоя», «от границ отрицательного слоя» и «оба».

Циклический анализ в рамках технологии «СКИФ-НЕДРА» в диапазоне масштаба сейсмограмм позволяет выполнить разложение исходной сейсмической трассы по следующим типам циклитов: пласт повышенной акустической жесткости в среде, пласт пониженной акустической жесткости в среде, промежуточный пласт в среде с повышением акустических жесткостей и промежуточный пласт в среде со снижением акустических жесткостей. Реализовано вычисление всех возможных сочетаний перечисленных типов циклитов. Возможные варианты вычисляемого параметра: «с наименьшим отдалением от уровня», «с наибольшим отдалением от уровня», «от верхнего уровня» и «от нижнего уровня». Этот параметр позволяет указывать, какая величина акустической жесткости промежуточного пласта наиболее вероятна по отношению к значениям акустической жесткости соприкасающихся с ним толщ.

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ БАЗОВОГО НАБОРА АТТРИБУТОВ

Исследования проводились с использованием программного продукта «СКИФ-НЕДРА» и его расширений.

Специализированная обработка включает следующие элементы:

- оценка амплитудного спектра импульса-посылки потрассно в актуальном окне;
- формирование импульса-посылки в нульфазовом приближении во временной области по амплитудному спектру;
- оценка актуального частотного диапазона сейсмической записи;
- оценка соответствия сейсмических данных требованиям для проведения специализированной обработки;
- частотно-временной анализ;
- резонансно-кодовые преобразования;
- циклические преобразования.

Результаты атрибутного анализа по базовому набору атрибутов для регионального сейсмического профиля IX0990-91 представлены далее. Профиль проходит по восточной части Северо-Припятского плеча Припятского прогиба.

На большей части плеча нет высококачественных региональных флюидоупоров, поэтому даже сильно контрастные аномалии могут быть менее перспективны по сравнению со слабоконтрастными в Припятском прогибе, где развиты мощные соляные толщи (по материалам Клушина С.В. и др., 1993 г.).

Региональный профиль IX0990-91 пересекает Хатецкий блок.

Хатецкий блок наиболее детально изучен сейсмическими работами и в его пределах пробурены следующие скв.: 1 Решетниковская, Хатецкие 1, 2, Городокская 4 и Первомайская 26. Основное отличие их разрезов от скважин Припятского прогиба заключается только в отсутствии верхней соленосной толщи. Хатецкий блок является наиболее погруженным в пределах всего Северо-Припятского плеча и по полноте стратиграфического разреза и стилю своего тектонического строения наиболее близок к тектоническим элементам (ступеням, крупным блокам) Припятского прогиба (по материалам Клушина С.В. и др., 1993 г.).

Отсутствие верхней соленосной толщи исключает межсолевые отложения из дальнейшей интерпретации.

Сейсмическое поле характеризуется резкими перепадами абсолютных значений амплитуд вдоль профиля. Локализованные по вертикали и горизонтали, достаточно большие зоны сейсмической записи, соответствующие пониженным значениям амплитуды и характеризующиеся «хаотичностью» сигнала, предположительно трактуемые как зоны разуплотнения и трещиноватости, по атрибуту

мгновенная амплитуда (огibaющая) и комплексному атрибуту – отношению мгновенной амплитуды к мгновенной частоте для целевого интервала (подсолевые отложения и кристаллический фундамент) на региональных сейсмических профилях МОГТ (метод общей глубинной точки) выделить не удалось. Выделенные зоны локализованы по горизонтали, но в нижней части прослеживаются значительно ниже отражающего горизонта V – кровли кристаллического фундамента. На рис. 1 а такие локальные зоны имеют синий цвет.

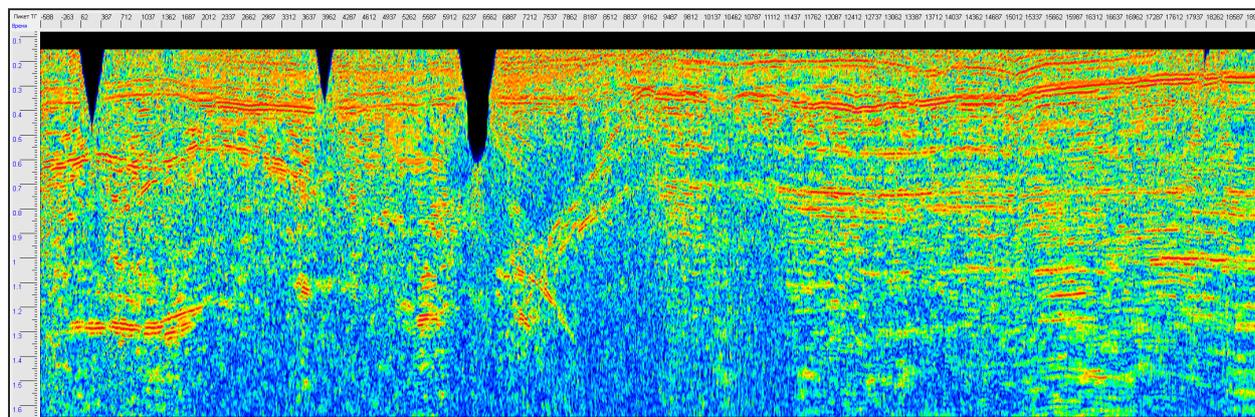
Атрибут «Chaos» Petrel, рассчитанный по вышеуказанному региональному сейсмическому профилю МОГТ, имеет значения практически во всем разрезе, превышающие 0,5 (диапазон хаотичности 0,0 ÷ 2,0). Отдельные, немногие оси синфазности имеют значение хаотичности меньше 0,2. Это зоны серого цвета на рис. 2.

На основании вышесказанного актуальным становится использование атрибутов, не зависящих от значения амплитуды. Это атрибуты мгновенная частота и мгновенная фаза (рис. 1 б), резонансно-селективные преобразования по технологии «СКИФ-НЕДРА» (рис. 3).

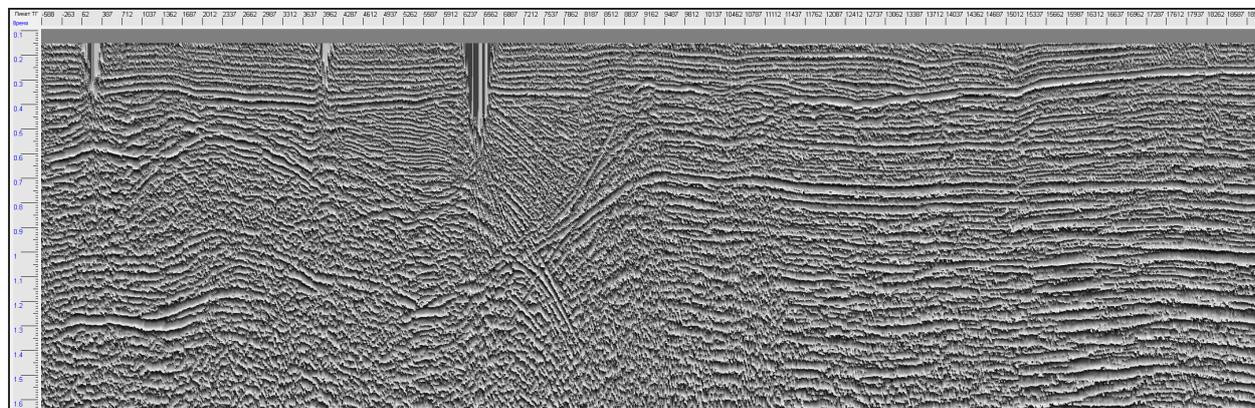
Локальные зоны с наличием резонанса на частоте 20 Гц (и ниже) при достаточно высокой амплитуде сейсмического сигнала можно интерпретировать как зоны в тонкослойной пористой проницаемой среде, насыщенные жидкостью. Достаточно низкую амплитуду сейсмической записи при наличии этого резонанса можно интерпретировать как зоны разуплотнения и трещиноватости. Базовым атрибутом авторы считают использование резонансно-селективного анализа с оценкой наличия резонанса для частоты 20 Гц, значение коэффициента селекции фазы задано равным 0,7.

Результаты циклического анализа в рамках технологии «СКИФ-НЕДРА» с целью разложения исходной сейсмической трассы по типу циклита – пласт пониженной акустической жесткости в среде, выполненные по профилю IX0990-91, позволяют утверждать об отсутствии такого типа циклита на данном профиле.

На региональном профиле IX0990-91 на ПК 12 ÷ 18 на времени 1250 мс и на ПК 10 ÷ 14 на времени 1420 мс выделены зоны, характеризующиеся частотой резонанса 20 Гц, низкими значениями



а) мгновенная амплитуда (огibaющая)



б) мгновенная фаза

Рисунок 1 – Фрагмент регионального профиля IX0991. Временной разрез. Спектрально-временной анализ

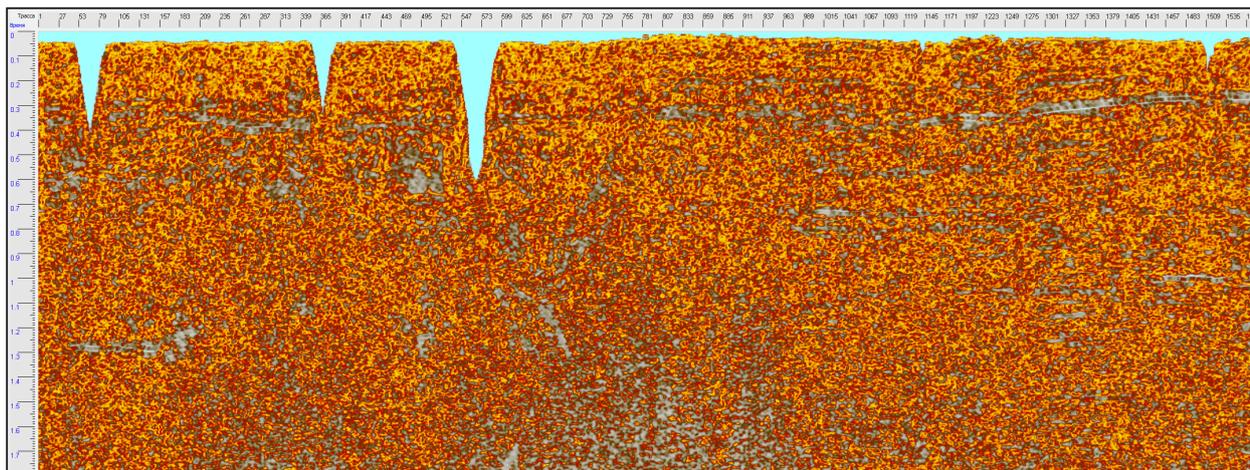


Рисунок 2 – Фрагмент регионального профиля IX0991. Временной разрез. Атрибут «Chaos» Petrel

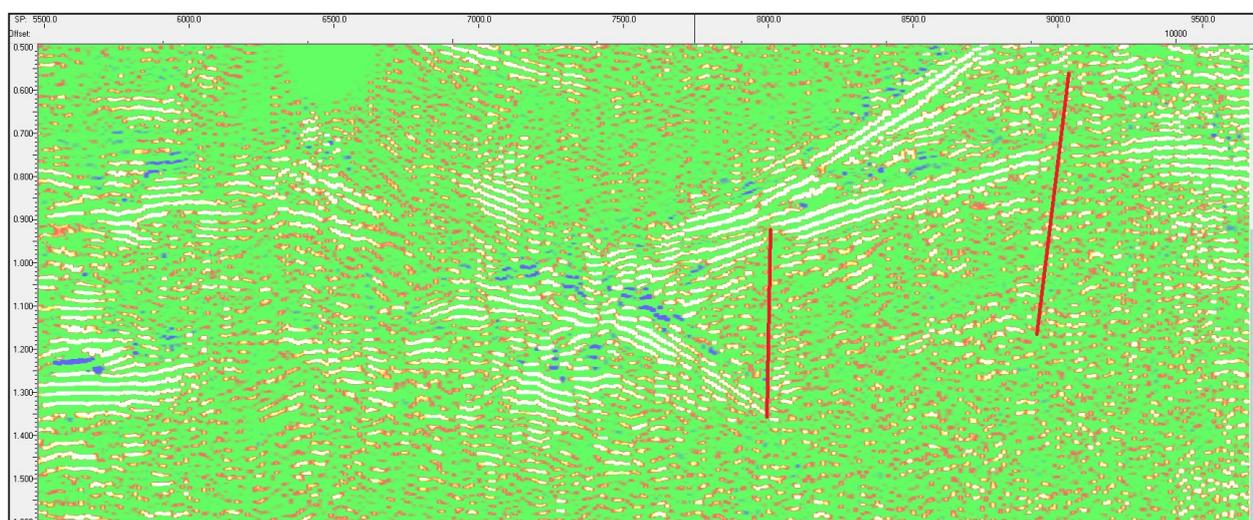


Рисунок 3 – Фрагмент регионального профиля IX0991. Временной разрез. Резонансно-селективные преобразования. Частота резонанса 20 Гц

мгновенных частот и достаточно большими значениями комплексного атрибута.

Расчет резонансов выполнен для двух типов модели отражения: от границ слоя в однородной среде и от границ промежуточного слоя; для двух типов оконной функции в задачах ЦОС (цифровой обработки сигналов): прямоугольной и Ланцоша [16]. Во всех четырех случаях для этих зон получены практически тождественные результаты.

Следует отметить, что атрибут «Chaos» Petrel имеет в пределах зоны, на ПК 12 ÷ 18 на времени 1250 мс, низкие значения «хаотичности».

Выделенная на ПК 12 ÷ 18 на времени 1250 мс соответствует интервалу подсолевых отложений, а зона на ПК 10 ÷ 14 на времени 1420 мс соответствует породам кристаллического фундамента. На основании вышесказанного, зону на ПК 12 ÷ 18 можно трактовать как зону тонкослойной пористой проницаемой среды, а низкочастотную аномалию

отраженных продольных волн в этой зоне можно трактовать в качестве потенциального индикатора углеводородов. В структурном плане эта зона лежит на левом крыле поднятия, сводовая часть которого – на ПК 20 ÷ 30.

На региональном профиле IX0990-91 на ПК 20 ÷ 25 на временах 1200 мс (подсоль) и 1320 мс (кристаллический фундамент) по комплексу сейсмических атрибутов выделяются зоны снижения значений амплитуды сейсмического сигнала, которые можно трактовать как зоны разуплотнения и трещиноватости.

На региональном профиле в районе ПК 80 и ПК 90 нами выделены разломы (см. рис. 3), практически совпадающие с разломами, выделенными ранее другими авторами на пикетах ПК 78 и ПК 88 (по материалам Клушина С.В. и др., 1993 г.).

Зона в интервале ПК 60 ÷ 90 на времени 600 мс характеризуется пониженным значением атрибута

мгновенная амплитуда (см. рис. 1 а). Атрибут мгновенная частота имеет значения в интервале ПК 60 ÷ 70 около 40 Гц и ниже. Следует отметить наличие мьютинга на ПК 65 до времени 650 мс, что усложняет интерпретацию данных сейсморазведки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ сейсмических атрибутов в базовом наборе по региональным сейсмическим профилям может способствовать улучшению геологической интерпретации недр в районах, характеризующихся ограниченными и/или некачественными геологическими данными.

Подтверждения бурением свойств выделенных объектов дают основание для применения анализа сейсмических атрибутов в базовом наборе, реализованном в технологии «СКИФ-НЕДРА», с целью выявления возможных зон разуплотнения (тре-

щиноватости) пород при специализированной обработке сейсмических материалов СОГТ 2D при региональных сейсмических исследованиях.

На региональном профиле IX0990-91 в районе ПК 20 ÷ 25 выделена зона (рис. 4, 3 зона), которая интерпретируется авторами как разуплотнение в приразломной зоне в кристаллическом фундаменте и осадочном чехле. В районе ПК 60 ÷ 70 (см. рис. 4, 4 зона) по региональному профилю прослеживается погружение блока по фундаменту, район характеризуется как зона разуплотнения по данным гравитационной разведки (по материалам Булыга, 1992 г.). Авторами рекомендовано бурение параметрической скважины Милоградская 1 в интервале пикетов ПК 60 ÷ 70 до кристаллического фундамента на региональном профиле IX0990-91. Бурение параметрической скважины позволит изучить геологический разрез неясной стратиграфической приуроченности северной части Хатецкого блока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Амани Мангуа Марк Марсьяль.** Возможности сейсмических атрибутов для прогнозирования и изучения состояния трещиноватых коллекторов на примере месторождений углеводородов Западной Сибири [Электронный ресурс] / Амани Мангуа Марк Марсьяль. – Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/61942>. – Дата доступа: 08.04.2022.
2. **Астапенко, В. Н.** Текущий спектральный анализ временных рядов / В. Н. Астапенко // Алгоритмы и программы анализа данных геофизических исследований. – Минск : Наука и техника. – 1979. – С. 50–57.
3. **Инструкция** по сейсморазведке / ГФУП ВНИИ Геофизика. – Москва, 2003. – 149 с.
4. **Программа** «Исследования и разработка высокопроизводительных информационно-вычислительных технологий для увеличения и эффективного использования ресурсного потенциала углеводородного сырья Союзного государства» («СКИФ-НЕДРА» 2015–2018 годы) [Электронный ресурс] // Информационно аналитический портал Союзного государства. – Режим доступа: <https://soyuz.by/projects/ldfklr/programma-issledovaniya-i-razrabotka-vysokoproizvoditelnyh-informacionno-vychislitelnyh-tehnologiy-dlya-uvelicheniya-i-effektivnogo-ispolzovaniya-resursnogo-potenciala-uglevodorodnogo-syrya-soyuznogo-gosudarstva-skif-nedra-2015-2018-gody>. – Дата доступа: 08.04.2022.
5. **Федорова, В. П.** Прогноз коллекторов трещиноватого типа в карбонатных отложениях на одном из месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции [Электронный ресурс] / В. П. Федорова // Материалы X конференции ЗАО «Пангея» «Формула успеха в разведке и разработке месторождений нефти и газа», Москва, 2011. – Режим доступа: http://pangea.ru/ru/img_content/public/Forecast_collectors_Timan-Pechora.pdf. – Дата доступа: 08.04.2022.
6. **Функции** оконного сглаживания [Электронный ресурс] // DSPLIB.org. – Режим доступа: <https://ru.dsplib.org/content/windows/windows.html>. – Дата доступа: 08.04.2022.
7. **Castagna, J. P.** Instantaneous spectral analysis: Detection of low-frequency shadows associated with hydrocarbons / J. P. Castagna, S. Sun, R. W. Siegfried // The Leading Edge. – 2003. – Vol. 22. – P. 120–127.
8. **Chapman, M.** The influence of fluid-sensitive dispersion and attenuation on AVO analysis / M. Chapman, E. Liu, X. Li // Geophysical Journal International. – 2006. – Vol. 167. – P. 89–105.
9. **Gurevich, B.** Short note: Seismic attenuation in finely layered porous rocks: Effects of fluid flow and scattering / B. Gurevich, V. B. Zyrianov, S. L. Lopatnikov // Geophysics. – 1997. – Vol. 62. – P. 319–324.
10. **Iske, A.** Mathematical Methods and Modelling in Hydrocarbon Exploration and Production (Mathematics in Industry, 7) / A. Iske, T. Randen // Springer-Verlag. – 2005. – 452 p.
11. **Miiller, T.** Seismic wave attenuation and dispersion resulting from wave-induced flow in porous rocks – A review / T. Miiller, B. Gurevich, M. Lebedev // Geophysics. – 2010. – Vol. 75, № 5. – P. 75A147–75A164.

12. **Neurodsp-tools** / neurodsp [Electronic resource] // Where the world builds software. – Mode of access: <https://github.com/neurodsp-tools/neurodsp>. – Date of access: 08.04.2022.

13. **Petrel** 2007. Руководство по интерпретации сейсмических атрибутов [Электронный ресурс] // «СтудМед». – Режим доступа: https://www.studmed.ru/petrel-2007-rukovodstvo-po-interpretacii-seysmicheskikh-atributov_27ac77919f3.html. – Дата доступа: 08.04.2022.

14. **Reservoir** imaging using low frequencies of seismic reflections / G. Goloshubin [et al.] // The Leading Edge. – 2006. – Vol. 25. – P. 527–531.

15. **Taner, M.** Complex seismic trace analysis / M. Taner, F. Koehler, E. Sheriff // Geophysics. – 1979. – Vol. 44. – P. 1041–1063.

16. **White, J. E.** Computed seismic speeds and attenuation in rocks with partial gas saturation / J. E. White // Geophysics. – 1975. – Vol. 40. – P. 224–232.

Статья поступила в редакцию 01.04.2022

Рецензент В.И. Зуй

АСАБЛІВАСЦІ ВЫКАРЫСТАННЯ СЕЙСМІЧНЫХ АТРЫБУТАЎ ПРЫ ІНТЭРПРЭТАЦЫІ ВЫНІКАЎ РЭГІЯНАЛЬНЫХ СЕЙСМІЧНЫХ ДАСЛЕДАВАННЯЎ ПАЎНОЧНА-ПРЫПЯЦКАГА ПЛЯЧА НА ПАЎДНЁВЫМ УСХОДЗЕ БЕЛАРУСІ

В.М. Сілуянаў, А.У. Жукоўская

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
Філіял «Інстытут геалогіі»
вул. Купрэвіча, 7, 220141, Мінск, Беларусь
E-mail: victorsila@tut.by, oil_ig@geologiya.by

Разгледжаны асаблівасці фарміравання набору сейсмических атрибутов, інфарматыўных пры правядзенні інтэрпрэтацыі вынікаў рэгіянальных сейсмических работ СОГТ 2D, выкананых у Прыпяцкім прагіне (Паўночна-Прыпяцкае плячо).

Па тэхналогіі спецыялізаванай апрацоўкі сейсмических матэрыялаў рэгіянальных профіляў СОГТ 2D вылучаны аб'ект, трактаваны як магчымая зона разшчыльнення парод (трэшчынаватасць), якая прадстаўляе цікавасць як магчымы калектар.

PECULIARITIES OF USING SEISMIC ATTRIBUTES IN THE INTERPRETATION OF THE RESULTS OF REGIONAL SEISMIC INVESTIGATIONS OF THE NORTH-PRIPYAT SHOULDER IN THE SOUTH-EAST OF BELARUS

V. Siluyanov, O. Zhukovskaya

State Enterprise “Research and Production Centre of Geology”
Branch “Institute of Geology”
7, Kuprevicha str., 220141, Minsk, Belarus
E-mail: victorsila@tut.by, oil_ig@geologiya.by

The article discusses the features of the formation of a set of seismic attributes that are informative when interpreting the results of seismic data regional profiles 2D CDPS (Common depth point stack), performed in the Pripyat trough (North-Pripyat shoulder).

Using the technology of specialized processing of seismic materials of seismic data regional profiles 2D CDPS, an object was identified, which is interpreted as a probable zone of rock deconsolidation (fracturing), which is of interest as a possible reservoir.

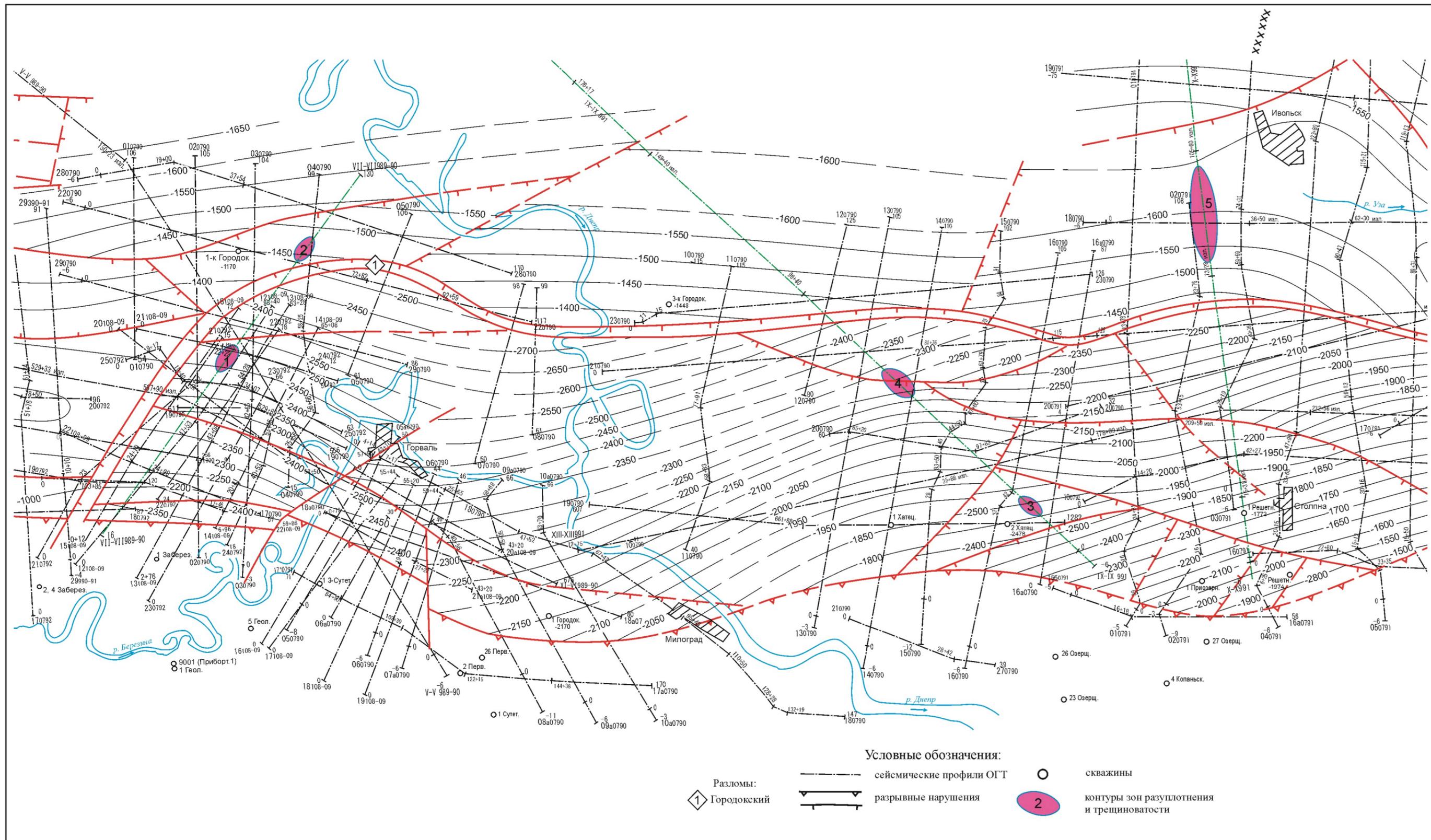


Рисунок 4 – Карта-схема по поверхности кристаллического фундамента (по материалам Кудрявца И.Д., 2013 г.) с участками разуплотненных перспективных зон восточной части Северо-Припятского плеча

**ОПЫТНЫЕ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОФИЛЮ
НА МОЛОДЕЧЕНСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ БЕЛАРУСИ****Е.А. Магниченко, С.Л. Сушкевич, А.К. Хибиев, П.В. Шаблыко**

Институт природопользования НАН Беларуси
ул. Ф. Скорины, 10, 220114, Минск, Беларусь
E-mail: magniyj@gmail.com

Обосновывается возможность изучения теплового поля локального участка земли, его структуры верхней части геологического разреза с помощью синхронных измерений температуры в приповерхностном слое на глубине в 30 см. Описана методика работ со специальными регистрирующими платиновыми термометрами, а также проведена интерпретация полученных результатов. Приводятся данные пробных работ на ранее заложенных пунктах Молодечненского геодинамического полигона.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий анализ инициирован необходимостью расширения формата исследований в районе Молодечненского геодинамического полигона с целью комплексного изучения геофизических аномалий. В качестве одного из методов, несущего важную информацию, выступает геотермический метод, который показал свою эффективность по результатам исследований автора Б.Р. Кусова [2].

В статье рассмотрена возможность изучения структуры теплового поля подпочвенного слоя Земли, выполняя синхронные измерения температуры вблизи земной поверхности с помощью автономных регистрирующих термометров. Исследования выполнены с использованием методики работ и интерпретации результатов на объектах, полученных в Терско-Каспийской нефтегазоносной области. Показаны простота и эффективность метода площадной геотермической съемки, которые предоставляют интерес для его более широкого применения при решении различных геологических задач в комплексе с другими геолого-геофизическими исследованиями.

МЕТОДИКА

Традиционный метод геотермической съемки для определения плотности теплового потока

обычно применяется при наличии буровых скважин, имеющих значительную глубину, как правило, сотни и более метров. Он традиционно применяется для скважин различного назначения. Для этого следует регистрировать их термограммы глубже нейтрального слоя, который залегает во многих случаях на глубинах ниже 25–30 м, а иногда и глубже. Считается, что из-за сезонных, а также суточных колебаний температуры земной поверхности проводить съемку на меньших глубинах для целей определения плотности теплового потока нецелесообразно.

Метод приповерхностной геотермической съемки успешно применяют в некоторых случаях, например, при оконтуривании месторождений сульфидов (серы), залежей каменного угля, на отдельных нефтеносных площадях [1; 3; 6; 7].

Аномальные участки теплового поля могут иметь значительное площадное распространение. Пробурить нужное количество скважин на изучаемой площади специально для геотермических исследований и сделать в них синхронную регистрацию распределения температуры для более детального изучения особенностей теплового поля зачастую невозможно с финансовой точки зрения.

Отдельные геотермические исследования скважин на небольших площадях показали, что структура теплового поля едина на одинаковых глуби-

нах. Однако абсолютные значения температуры по мере приближения к земной поверхности заметно зависят от глубины проникновения инсоляции и других приповерхностных факторов – количества и периодичности выпадения атмосферных осадков, наличия либо отсутствия растительности и снежного покрова в пунктах измерений и т. п.

Безусловно, суточные и сезонные изменения температуры воздуха на земной поверхности влияют на изменения температуры в приповерхностной части геологического разреза.

По ранее применявшимся технологиям измерение температуры одним прибором в разное время не позволяет выполнять непрерывный мониторинг теплового поля. На сегодня эту проблему можно решить, используя автономный регистрирующий термометр, например, типа EClerk (рис. 1). Их небольшая стоимость позволяет проводить измерения на больших площадях, в течении длительного времени, а главное, автономно и синхронно. Прибор имеет два датчика температуры. Один (верхний) остается на поверхности почвы и позволяет учитывать влияние изменения поверхностных температур. Другой погружается в грунт на 30 см и находится в зоне аэрации, сезонных, а также суточных колебаний температуры, проникающей с земной поверхности, и позволяет регистрировать изменяющуюся синхронно температуру.

Прибор представляет собой цифровой термометр сопротивления и имеет два канала измерения температуры. В качестве чувствительного элемента используется платиновый датчик – термопреобразователь сопротивления Pt1000 с температурным коэффициентом $\alpha = 0,00385^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Электропитание регистратора осуществляется от встроенного элемента питания номинальным напряжением 3,6 В (элемент питания $\frac{1}{2}$ AA) или порта USB.

Диапазон измерения температуры – от -50 до $+200^{\circ}\text{C}$. При этом температура электронного блока, находящегося в корпусе регистратора, должна быть в диапазоне от -40 до $+70^{\circ}\text{C}$. Допускается кратковременная эксплуатация электронного блока в диапазоне от -50 до $+80^{\circ}\text{C}$ в течение не более 1 ч.

Пределы абсолютной погрешности – не более $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Дополнительная погрешность измерений температуры во всем диапазоне температуры эксплуатации – не более $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Чувствительность – $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$.

Количество регистраций отсчетов – 40 000 по каждому каналу. Также время работы прибора и количество регистраций зависит от внешней температуры и периода регистрации. Например, при минусовых температурах период работоспособности батарейки уменьшается, что сокращает время работы. В то же время при увеличении температуры время работы прибора увеличивается.

Период регистрации – от 1 сек. до 24 ч. Запуск регистратора программируется по времени или нажатием на кнопку. Эти настройки задаются с помощью компьютера, используя специальное программное обеспечение.

Регистратор выполнен в пластмассовом корпусе. Внутри его расположен элемент питания, кнопка включения/выключения, светодиодный индикатор и энергонезависимая внутренняя память.

ГЕОТЕРМИЯ

Геотермический мониторинг выполнен на Молдечненском геодинамическом полигоне (рис. 2).

Координаты стационарных пунктов наблюдения [4]:

Репер 1 «Доманово» – N $54^{\circ}25'44,6''$ E $26^{\circ}51'24,2''$

Репер 2 «Цна» – N $54^{\circ}23'57,4''$ E $26^{\circ}51'01,2''$



Рисунок 1 – Автономный регистрирующий термометр типа EClerk

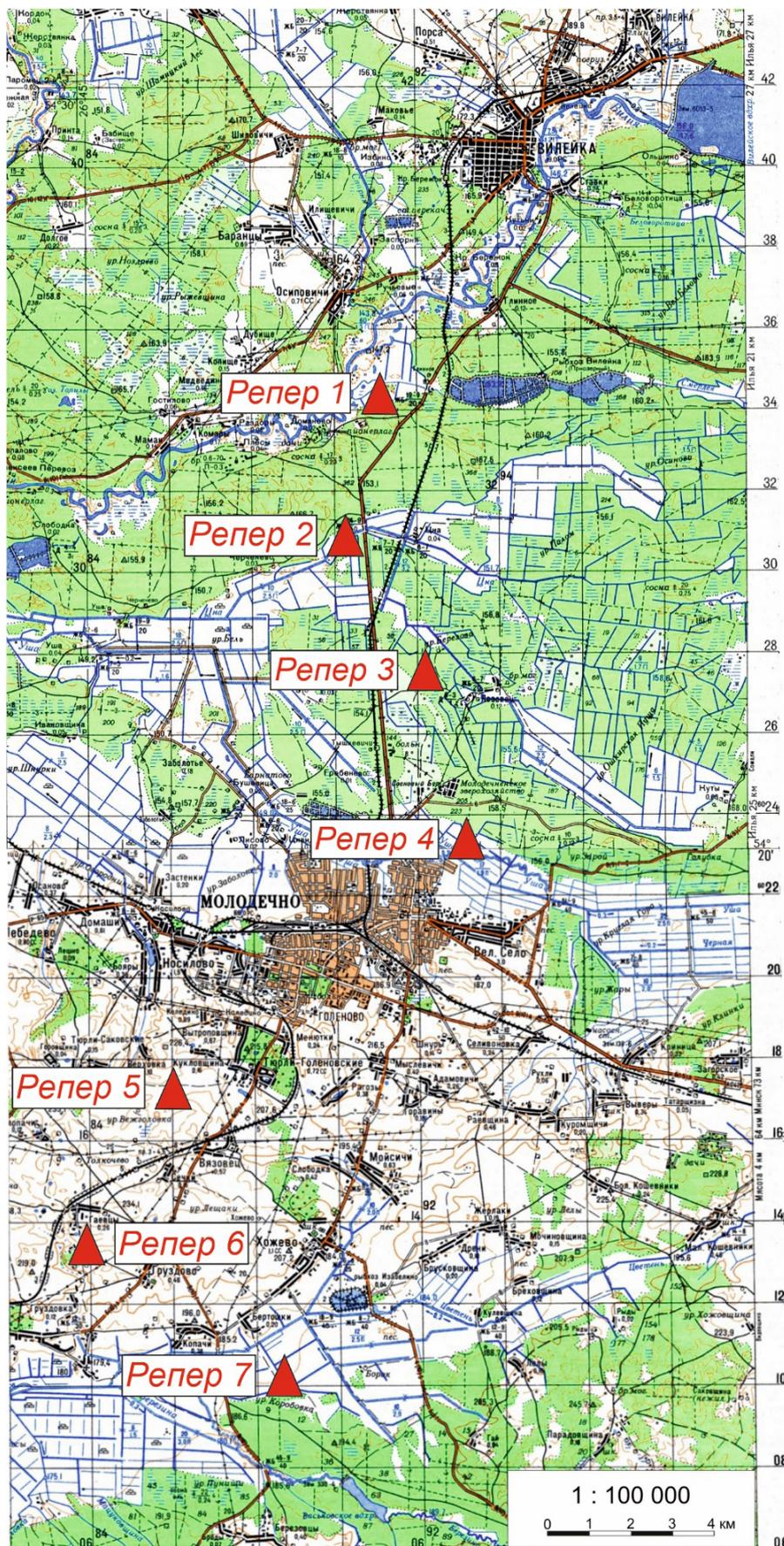


Рисунок 2 – Карта расположения реперов

- Репер 3 «Кладбище» –
N 54°22'04,6" E 26°52'33,1"
- Репер 4 «Уша» –
N 54°19'51,3" E 26°53'27,4"
- Репер 5 «с/х Вересок-1» –
N 54°16'22,4" E 26°47'03,7"
- Репер 6 «Гаёвцы» –
N 54°14'35,6" E 26°45'02,3"
- Репер 7 «Борок» –
N 54°12'49,5" E 26°49'21,1"

На примере реперов 2, 5 и 7 (рис. 3), мы видим изменение температуры на поверхности в течении суток и влияние ее на вариацию подземной температуры. Репер 2 расположен севернее г. Молодечно, на давно мелиорированном болоте, в ельнике. В связи с этим здесь на почву проникает меньше солнечного света из всех реперов. Грунт представлен песком, а поверхность покрыта опавшими с деревьев иголками и листьями. Репер 5 расположен южнее г. Молодечно, в кустах, на границе садового товарищества и поля. Грунт представлен супесью моренной, а поверхность преимущественно открытая, местами она покрыта травой и листьями. Репер 7 расположен южнее г. Молодечно, в сосновом лесу, на холме. Грунт представлен песком, а поверхность покрыта опавшими иголками, ветками и мхом. Расстояние между репером 2 и 5 составляет 14,7 км, а между 5 и 7 – 7,05 км. На протяжении всего профиля рельеф представлен платообразными участками, которые характерны для реперов 1, 2, 3, 4, а также конечноморенными грядами, где располагаются реперы 5, 6 и 7. Мы полагаем, что из-за

ГЕОФІЗИКА

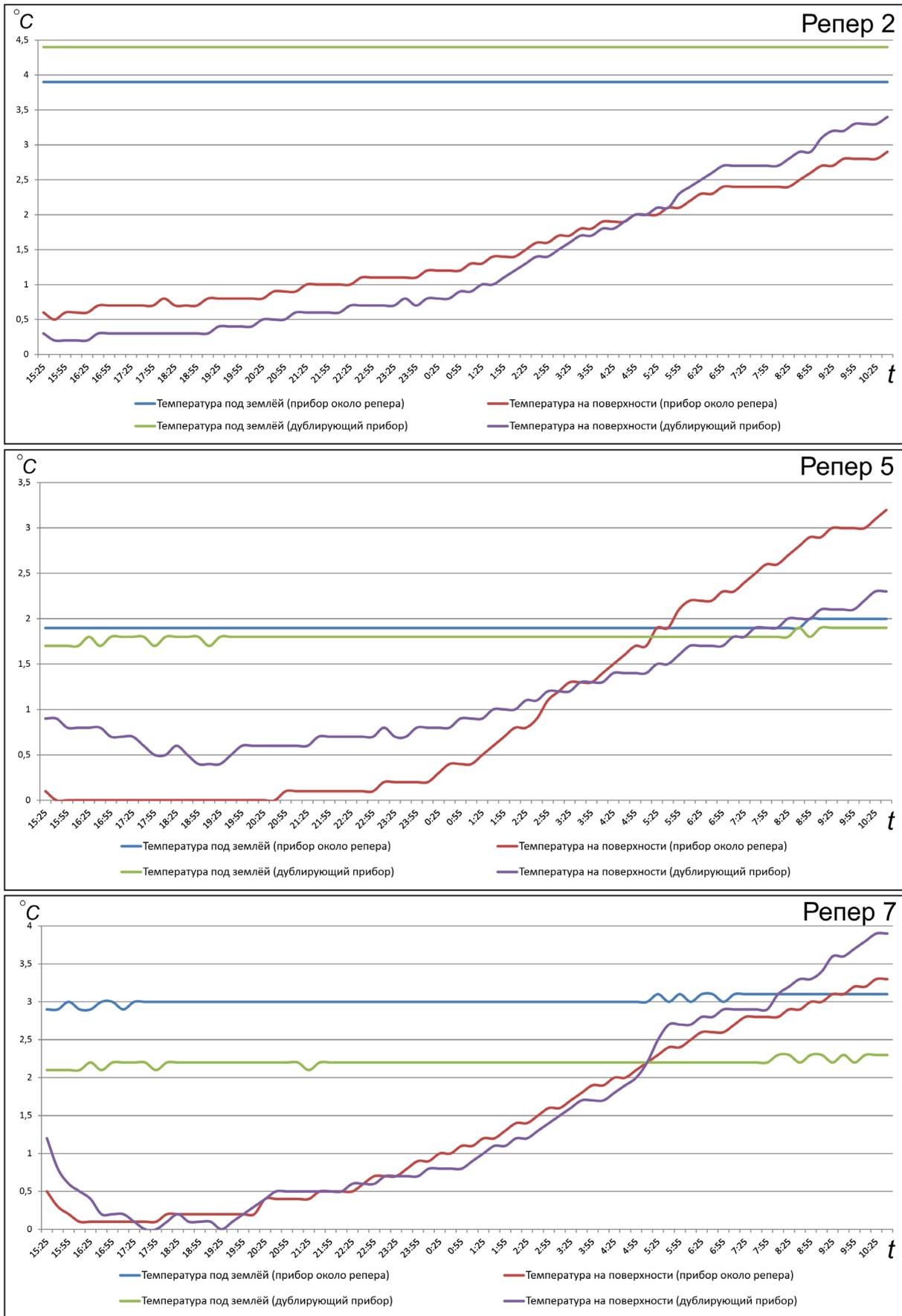


Рисунок 3 – Температурные показания с датчиков на реперах 2, 5 и 7

незначительных перепадов высот рельеф местности на всем протяжении профиля не должен оказывать большого влияния на изменение температур.

За неделю до выезда на полигон на прилегающей территории Института природопользования НАН Беларуси была проведена юстировка, результаты которой продемонстрировали синхронность показаний всех приборов в идентичных условиях, что и являлось основной целью этого. Также была подтверждена герметичность корпусов приборов, а на заводе-изготовителе проведена градуировка.

Непосредственно на пунктах наблюдения приборы устанавливались путем задавливания в грунт, что не нарушило его естественной плотности и обеспечило хороший тепловой контакт.

Регистрация температуры выполнена одновременно на трех реперах 15 и 16 декабря 2021 г. Во время проведения эксперимента отсутствовали атмосферные осадки и заморозки в почве как в ночное, так и в дневное время. На 2-м репере отчетливо видно, что на подземные температуры, обозначенные синим и зеленым графиками, никак не влияет ее возрастание на поверхности (красный и фиолетовый графики). При этом здесь за время опыта температура на поверхности поднялась на 2,5–3°C.

На 5-м репере поверхностная температура поднялась на 2–3°C. На одном из подземных датчиков (график зеленого цвета) отчетливо можно разглядеть ни с чем не связанный подъем и колебания температуры на 15 декабря. Впрочем, колебания эти незначительны и составляют 0,1°C, что сравнимо с погрешностью измерений. Видимо, данный факт можно объяснить плохим тепловым контактом датчика с окружающим грунтом, однако это требует уточнения. На графике красного цвета в период времени с 15:30 до 20:40 температура воздуха держится на 0°C, что можно объяснить расположением датчика вблизи воды. Также наблюдается незначительный подъем температуры 16 декабря на 0,1°C. В остальном же подземные температуры ведут себя спокойно.

На 7-м репере наблюдается похожая картина. Оба подземных датчика фиксируют небольшой подъем в 0,1°C, 15 и 16 декабря. При этом подъем температуры на

поверхности составил 3–4°C. Это связано с ослаблением амплитуды (быстрым затуханием) температурной волны, проникающей вглубь с земной поверхности.

На всех трех реперах кривые изменения температуры на поверхности, по данным основного и дублирующего термометров, постепенно сближаются и затем пересекаются, хотя они установлены вблизи друг друга попарно. Это явление впоследствии будет изучено и, возможно, связано с погодными факторами либо особенностями растительного слоя (трава, мох и др.). На всех подземных датчиках всех приборов температура меняется в диапазоне от +1,7 до +4,4°C.

Нами рассматривалась возможность использования приборов в разных климатических и поверхностных условиях (изменение температуры, влажности грунта, атмосферных осадков). В дальнейшем рассматривается возможность применения этого типа термометров на Земле Эндерби, близ Белорусской Антарктической станции для аналогичных измерений.

Молодечненский геодинамический полигон территориально приурочен к Белорусскому кристаллическому массиву, который, в свою очередь, является наиболее возвышенной частью Белорусской антеклизы (рис. 4).



Рисунок 4 – Расположение реперов на Молодечненском геодинамическом полигоне на фоне тектонической карты [5]:

- 1 – местоположение пунктов наблюдения; 2 – населенные пункты;
- 3 – реки; 4 – граница структурных комплексов; 5 – ошмянский разлом;
- 6 – изогипсы поверхности фундамента (в км); 7 – среднедевонско-среднетриасовый структурный комплекс; 8 – верхнедевонско-нижнекембрийский структурный комплекс

Территория Беларуси геологически характеризуется неравномерной изученностью. Так, хорошо покрытый скважинами глубокого бурения на полезные ископаемые Припятский прогиб изучен в десятки раз лучше, чем Белорусская антеклиза. Малое количество глубоких скважин, где проводились геотермические измерения, на большей части Беларуси не позволяет детально прогнозировать распределение температуры на поверхности фундамента. По сравнению с другими геологическими структурами Белорусский кристаллический массив является достаточно охлажденным. В районе Молодечненского геодинамического полигона температура на поверхности кристаллического фундамента составляет, предположительно, около 11°C, что следует из термограммы скв. № 1-Мн. Тепловой поток антеклизы, соответственно, низкий (25–30 мВт/м²) [1]. Об этом позволяют судить геотермические измерения, выполненные ранее Лабораторией геотермии Института геохимии и геофизики НАН Беларуси, в скв. Молодечно-1. Углубленно геологическая колонка этой скважины, пробуренной в 1988 г. до фундамента вблизи изучаемой территории, приведена в табл.

Таблица – Скважина № 1-Мн

г. Молодечно, пивзавод, Минская обл. Пробурена Северной ГПП, 1988 г. Глубина 400 м

№ п/п	Описание породы	Глубина залегания слоев, м		Мощность, м
		от	до	
1	Песок м/з с гравием	0,0	99,0	99,0
2	Глина, мергель	99,0	120,0	21,0
3	Переслаивание песчаников, глин, алевролитов	120,0	271,0	151,0
4	Песчаник розово-серый	271,0	357,0	86,0
5	Песчаник с-м/з	357,0	399,5	42,5
6	Кора выветривания по кристаллическим породам	399,0	400,0	0,5

Термограмма скважины зарегистрирована в осенний период. Глубина залегания нейтрального слоя с температурой 8,88°C в момент измерений оказалась на глубине 5,5 м, выше которой значения температуры будут зависеть от сезона года, когда выполняется регистрация термограммы. Ниже нейтрального слоя температура монотонно возрастает с глубиной. Термометр удалось опустить в скважину на глубину 390 м, что на 10 м выше ее забоя – 400 м.

Особенностью зарегистрированной термограммы является ее выпуклая форма к оси глубины на-

чиная с глубины 1 м. Это характерно для скважин, расположенных в зоне разгрузки подземных вод [1]. Водоносный горизонт, из которого происходит разгрузка, залегает на глубине 357–360 м, представленного песчаником мелкозернистым (см. табл.). Это отражается на термограмме в виде ее перегиба в указанном интервале глубины (рис. 5).

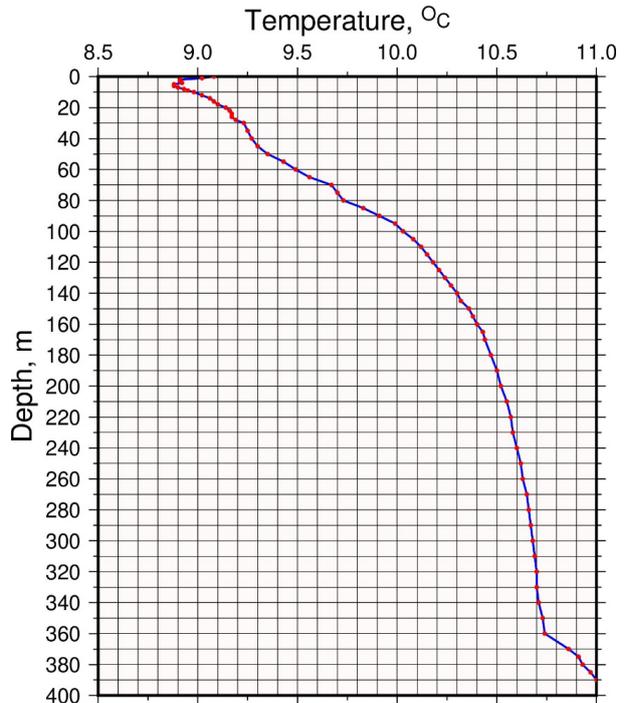


Рисунок 5 – Термограмма скв. Молодечно-1, расположенной на территории пивзавода в г. Молодечно. Точками на термограмме показаны глубины, на которых выполнены отсчеты значений температуры

Глубина залегания нейтрального слоя и температура на ней зависят от ряда факторов. Если в скв. Молодечно-1 она оказалась на глубине 5,5 м, а температура составила 8,88°C за счет «подогрева», разгружающейся водой (зона разгрузки), то в скв. Вилейка-15, где на термограмме (рис. 6) такая зона разгрузки не выражена отчетливо, температура и глубина положения нейтрального слоя на момент регистрации температуры составляют 38 м и 8,25°C соответственно. Это на 0,63°C ниже, она ближе отражает неискаженную разгрузкой естественную температуру нейтрального слоя на данной местности. Следует отметить, что как глубина положения нейтрального слоя, так и температура на ней могут незначительно изменяться в течение года [1].

Термограммы скв. Молодечно-1 и Вилейка-15 любезно предоставлены профессором Белорусского государственного университета В.И. Зуем.

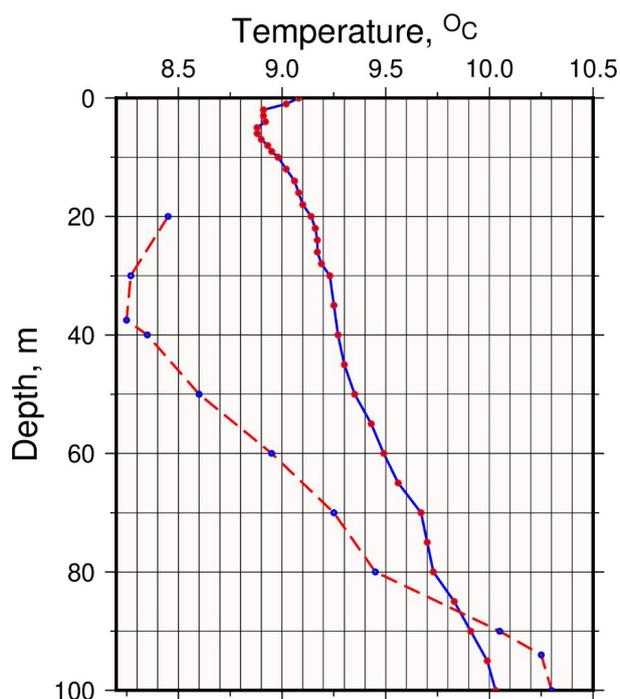


Рисунок 6 – Верхние части термограмм скв. Молодечно-1 (голубая линия) и Вилека-15 (штриховая линия красного цвета) с различными глубинами залегания нейтрального слоя и соответствующими им температурами. Точками на термограммах показаны глубины, на которых выполнены отсчеты значений температуры

МОЛОДЕЧНЕНСКИЙ ПОЛИГОН

Всего на полигоне находятся семь стационарных пунктов. Они выглядят как цилиндрические бетонные тумбы (рис. 7). Одновременно использовалось 14 термометров, по 2 на каждый пункт. Один устанавливался непосредственно около стационарного геофизического репера, а другой – в 50–100 м, неподалеку. Это было сделано для дублирования показаний и увеличения точности результатов. Как показала практика, на 4-м репере один прибор не работал. Однако здесь имелся второй.

Дублирующие термометры располагались как показано на рис. 8, а на ближайшем дереве оставалась метка, облегчающая их нахождение, например, под снежным покровом в зимнее время (рис. 8).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Регистрация показаний термометров происходила каждые 15 мин. в течение 19-ти часов с 15 по 16 декабря 2021 г. Температура воздуха за этот период поднялась с 0 до + 5°C, влажность опустилась со 100 до 95%. Во время расположения приборов фиксировались различные внешние признаки



Рисунок 7 – Стационарный пункт наблюдения с заглубленным термометром



Рисунок 8 – Пример расположения дублирующего прибора, недалеко от стационарного пункта

(погодные условия, грунт, растительный покров, обводненность приповерхностного слоя и т. д.) для последующего объяснения небольших разниц в показаниях приборов.

Как уже отмечалось, каждый прибор имеет два датчика температуры: один находится на конце зонда и погружается под землю на глубину 30 см, а второй остается на поверхности грунта. Накопленные прибором данные можно перенести на компьютер с помощью специализированного программного обеспечения. Данные сохраняются в формате *xlsx*. Также прибор можно настроить на старт с определенного времени суток либо вручную по нажатию кнопки.

Для нахождения аномалий было взято самое раннее (первое) время синхронной записи и самое позднее. Для построения графиков выбирались данные подземных датчиков, установленных около стационарных реперов. Данные со вторых датчиков использовались как дублирующие. В целом показания температуры между основными и дублирующими датчиками несколько различались. Связано это, прежде всего, с условиями в приповерхностном слое. Результаты обработки можно увидеть на рис. 9 и 10. По ним можно отметить, что, несмотря на изменение суточных температур вдоль профиля, сама структура теплового поля в целом сохраняется. На рис. 9 хорошо заметно, как кривая температуры поверхности на 16 декабря 2021 г. отражается на подземных значениях. Ее влияние минимально. За этот период изменения

температуры на земной поверхности практически не оказали ощутимого влияния на ее значения под землей на глубине 30 см, это влияние происходит с большой задержкой во времени (со сдвигом по фазе) и со значительным снижением амплитуды суточной температурной волны с глубиной. И даже если бы колебания температуры на земной поверхности были в диапазоне от +20 до -20°C, мы бы увидели ее похожую значительно затухающую амплитуду на отмеченной глубине.

Что же касается фиолетовой кривой на рис. 9, то видно, что она по верхним датчикам не согласуется с другими графиками. Вероятнее всего, причина заключается в том, что 16 декабря температура воздуха заметно увеличилась, а с ней изменилась и скорость ветра. Ветер, в свою очередь, локально влиял на температуру на земной поверхности. Но эти кратковременные локальные неоднородности температуры воздуха не успели заметно повлиять на температуру грунта на глубине 30 см.

Колебания измеренных значений температуры вдоль профиля отражают совместное влияние инсоляции, климатических условий (атмосферные осадки, ветер, температура приземного воздуха), а также тепловых свойств грунта, в котором были установлены термометры, надежность теплового контакта датчиков с грунтом, а также погрешности их калибровки. Эти исследования целесообразно продолжить на более длинных временных интервалах.

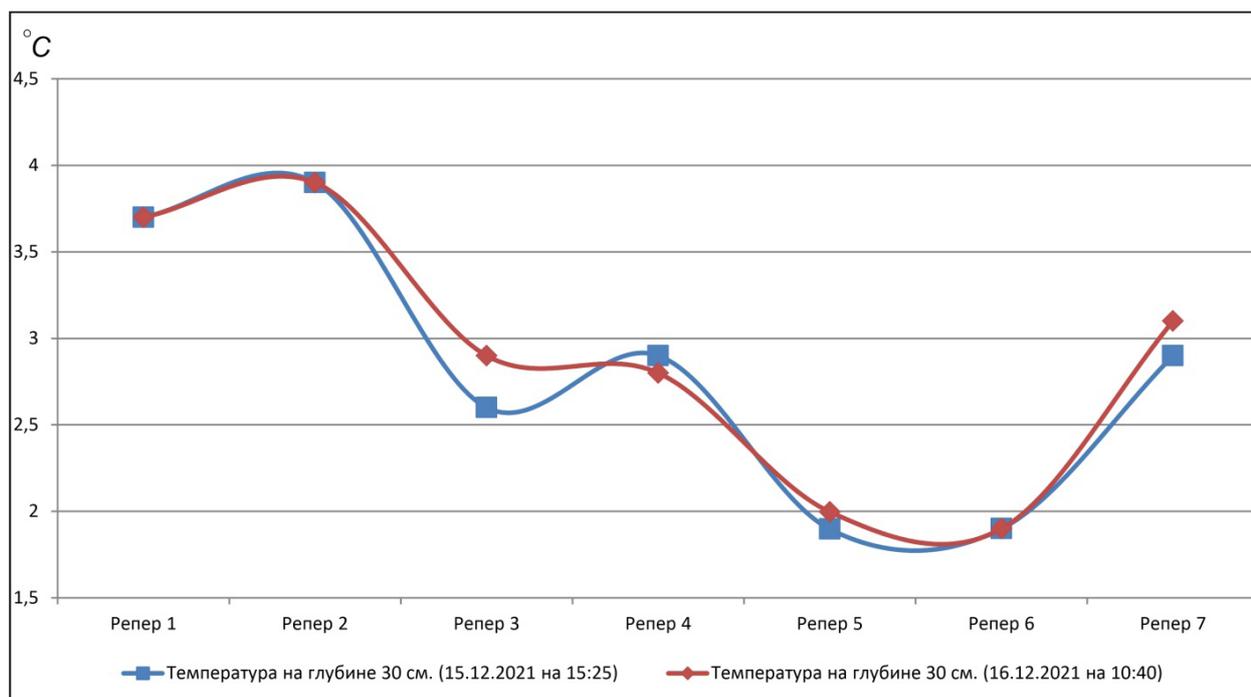


Рисунок 9 – Графики распределения температуры по профилю

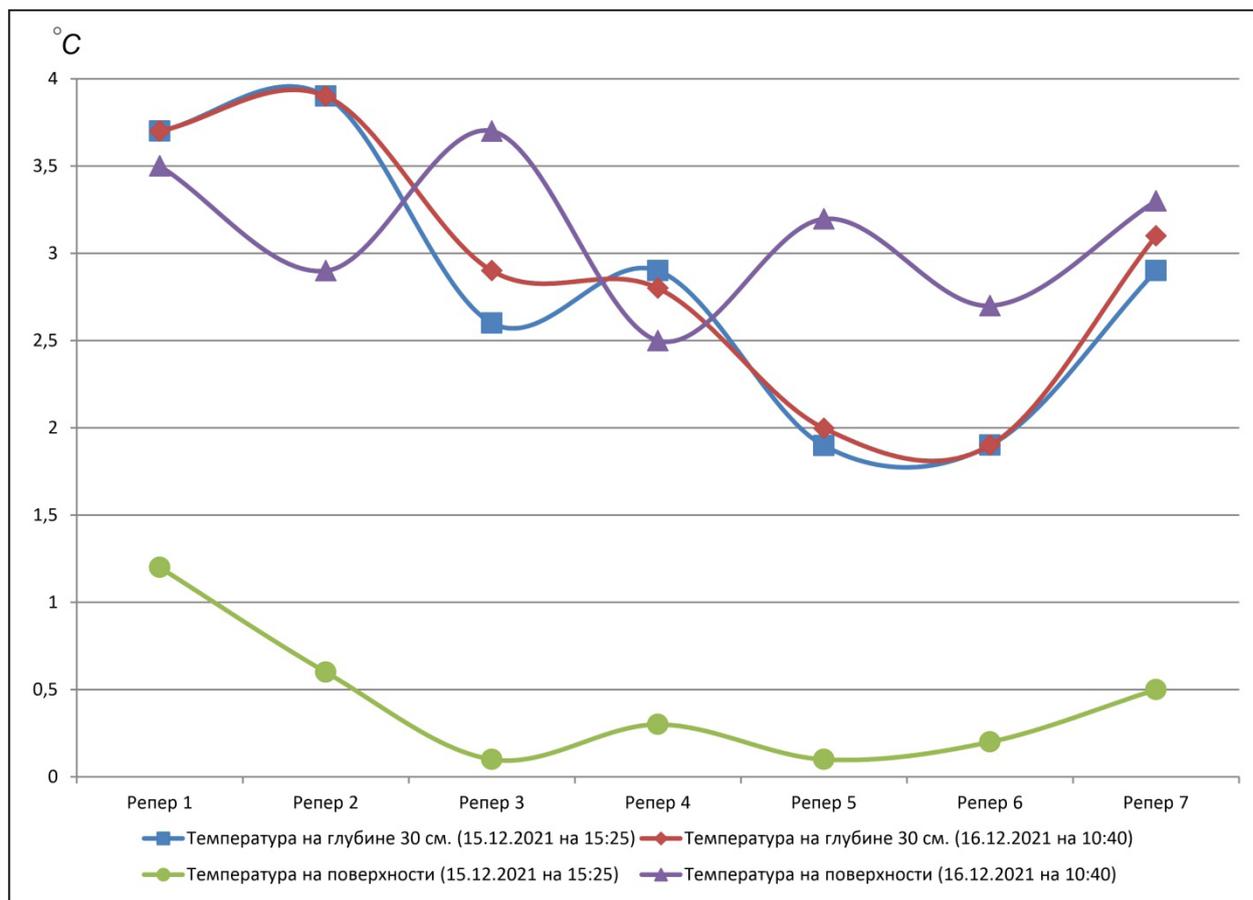


Рисунок 10 – Графики температуры вдоль изучаемого профиля

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опытными геотермическими наблюдениями на экспериментальном Молодечненском геодинамическом полигоне установлено различие в параметрах температурного поля в подпочвенном слое, которые можно зарегистрировать путем использования почвенных термометров с автоматической регистрацией температуры на двух глубинах.

Суточные колебания температуры на земной поверхности на полигоне проникают в подпочвенные горные породы со значительно затухающей амплитудой и сдвигом по фазе, что требует для надежной регистрации температуры на глубине 30 см тщательной калибровки термометров и по возможности увеличения их разрешающей способности.

В настоящее время на Молодечненском геодинамическом полигоне продолжают работы по геотермическому мониторингу. Измерения проводятся в период с декабря 2021 г. по апрель 2022 г. одновременно с регистрацией других параметров.

Отработка данной методики позволит использовать ее на других геодинамических полигонах Беларуси, а также в Антарктиде (Вечернегорская площадь, Земля Эндерби).

Практика использования данного метода даст возможность показать его эффективность в качестве составляющей комплексного мониторинга геодинамических полигонов Беларуси для установления участков с повышенными геотермическими параметрами в районе тектонических нарушений.

В дальнейшем планируется расширить исследования на Молодечненском полигоне в северном направлении для уточнения информации по геомагнитной и геотермической обстановке с последующей увязкой ее с геологическими условиями района.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зуй, В. И. Тепловое поле платформенного чехла Беларуси / В. И. Зуй. – Минск : Экономпресс, 2013. – 260 с.
2. Кусов, Б. Р. Оперативная геотермическая съемка – методология и некоторые результаты / Б. Р. Кусов // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 160–162.
3. Сафронов, Н. И. Термометрический метод поисков сульфидных залежей / Н. И. Сафронов. – Москва : ОНТИ, 1936.
4. Создание Молодечненского геодинамического полигона для изучения временных вариаций геофизических полей в районе активизированных зон разломов / Г. И. Каратаев [и др.] // Літасфера. – 2020. – № 2 (53). – С. 121–128.
5. Тектоническая карта / сост.: Р. Г. Гарецкий, Р. Е. Айзберг. – 1:1 250 000 // Национальный атлас Беларуси. – Минск : Белкартография, 2002. – 292 с.
6. Фролов, Н. М. Температурный режим гелиотермозоны / Н. М. Фролов. – Москва : Недра, 1966. – 156 с.
7. Чекалюк, Э. Б. Полевая геотермическая съемка / Э. Б. Чекалюк, И. М. Федорцов, В. Г. Осадчий. – Киев : Наукова Думка, 1974. – 101 с.

Статья поступила в редакцию 30.03.2022

Рецензент В.И. Зуй

ВОПЫТНЫЯ ГЕАТЭРМІЧНЫЯ ДАСЛЕДАВАННІ ПА ПРОФІЛІ НА МАЛАДЗЕЧАНСКІМ ГЕАДЫНАМІЧНЫМ ПАЛІГОНЕ БЕЛАРУСІ

Я.А. Магнічэнка, С.Л. Сушкевіч, А.К. Хібіеў, П.В. Шаблыка

Абгрунтоўваецца магчымасць вывучэння цеплавога поля лакальнага ўчастка зямлі, яго структуры верхняй часткі геалагічнага разрэзу з дапамогай сінхронных вымярэнняў тэмпературы ў прыпаверхневым слоі на глыбіні 30 см. Апісана метадыка работ са спецыяльнымі рэгіструючымі тэрмометрамі, а таксама праведзена інтэрпрэтацыя атрыманых вынікаў. Прыводзяцца даныя пробных работ на раней закладзеных пунктах Маладзечанскага геадынамічнага палігона.

EXPERIMENTAL GEOTHERMAL STUDIES ALONG THE PROFILE AT THE MOLODECHNO GEODYNAMIC RANGE OF BELARUS

Y. Mahnichenko, S. Sushkevich, A. Khibiyev, P. Shablyko

The possibility of studying the thermal field of the uppermost part of the Earth, its structure by using of synchronous temperature measurements in the near-surface layer of the Earth at a depth of 30 cm is substantiated. The method of working with special recording thermometers is described, and the results obtained are interpreted. The results of trial works at the previously established points of the Molodechno geodynamic test site are presented.

**ВАРИАЦИИ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА
В ЭМССКИХ И ЭЙФЕЛЬСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ
НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЛАТВИЙСКОЙ СЕДЛОВИНЫ****А.А. Махнач¹, Б.Г. Покровский², О.В. Мурашко¹, О.Л. Петров²**¹ Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

Филиал «Институт геологии»

ул. Купревича, 7, 220141, Минск, Беларусь

E-mail: makhnach@geologiya.by

² Геологический институт РАН

Пыжевский пер., 7, 119017, Москва, Россия

E-mail: pokrov@ginras.ru

Изложены результаты изучения распределения изотопов углерода и кислорода в доломитах, доломитовых мергелях и доломитистых глинах эмско-эйфельского разреза параметрической скважины Северо-Полоцкая на юго-востоке Латвийской седловины. Разрез в основном характеризуется близнулевыми значениями $\delta^{13}\text{C}$, типичными для седиментационных морских карбонатов. В средних частях витебского и освейского и на границе адровского и освейского горизонтов имеются отрицательные экскурсы $\delta^{13}\text{C}$ с амплитудой до 4‰, маркирующие гипсоносные интервалы. Эти экскурсы объяснены активизацией поступления континентальных вод, обогащенных почвенным углеродом, в условиях сильного обмеления бассейна и, возможно, его расчленения на отдельные эвапоритовые ванны. В костюковичском горизонте отмечено монотонное снижение $\delta^{13}\text{C}$ на 4‰ вверх по разрезу от самой подошвы. Оно обусловлено тем, что при накоплении осадков этой части разреза началась активизация континентального стока, которая впоследствии привела к образованию 5-метровой пачки бескарбонатных глин. Высказано предположение, что изотопный состав кислорода ранне-среднедевонской морской воды в изучаемом районе был несколько легче ($\delta^{18}\text{O} \sim -5 \dots -4,5\text{‰}$), чем тот, что показан на глобальной хемотратиграфической кривой. Значения $\delta^{18}\text{O}$ более высокие, чем $\sim -5 \dots -4,5\text{‰}$, проинтерпретированы как следствие испарительного концентрирования воды, которое наиболее рельефно запечатлено цифрами, отмеченными в гипсоносной части разреза (0,5‰ – в витебском горизонте, 0,2‰ – в адровском и -0,8‰ – в освейском).

ВВЕДЕНИЕ

Ранее нами опубликована серия статей по изотопной хемотратиграфии ниже-среднедевонских отложений Беларуси. В них изложены результаты изучения разрезов трех скважин – Быховской [7], Кормянской [6] и ГК-1 [2]. Эти скважины расположены на востоке страны относительно недалеко друг от друга (рис. 1). Несмотря на это, их разрезы характеризуются рядом литологических различий, связанных с фациальными замещениями и выпадением отдельных пачек в стратиграфических горизонтах. В одних случаях изотопные

вариации коррелируют с литофациальными, в других – изотопные экскурсы указывают на одинаковую стратиграфическую позицию интервалов, представленных в разных скважинах разными типами пород. В этой связи интересно сопоставить изотопные и литофациальные вариации в ниже-среднедевонском разрезе, находящемся на значительном удалении от названных. Настоящая статья содержит результаты изотопно-хемотратиграфического исследования разреза параметрической скв. Северо-Полоцкая на севере Беларуси в юго-восточной части Латвийской седловины (см. рис. 1).

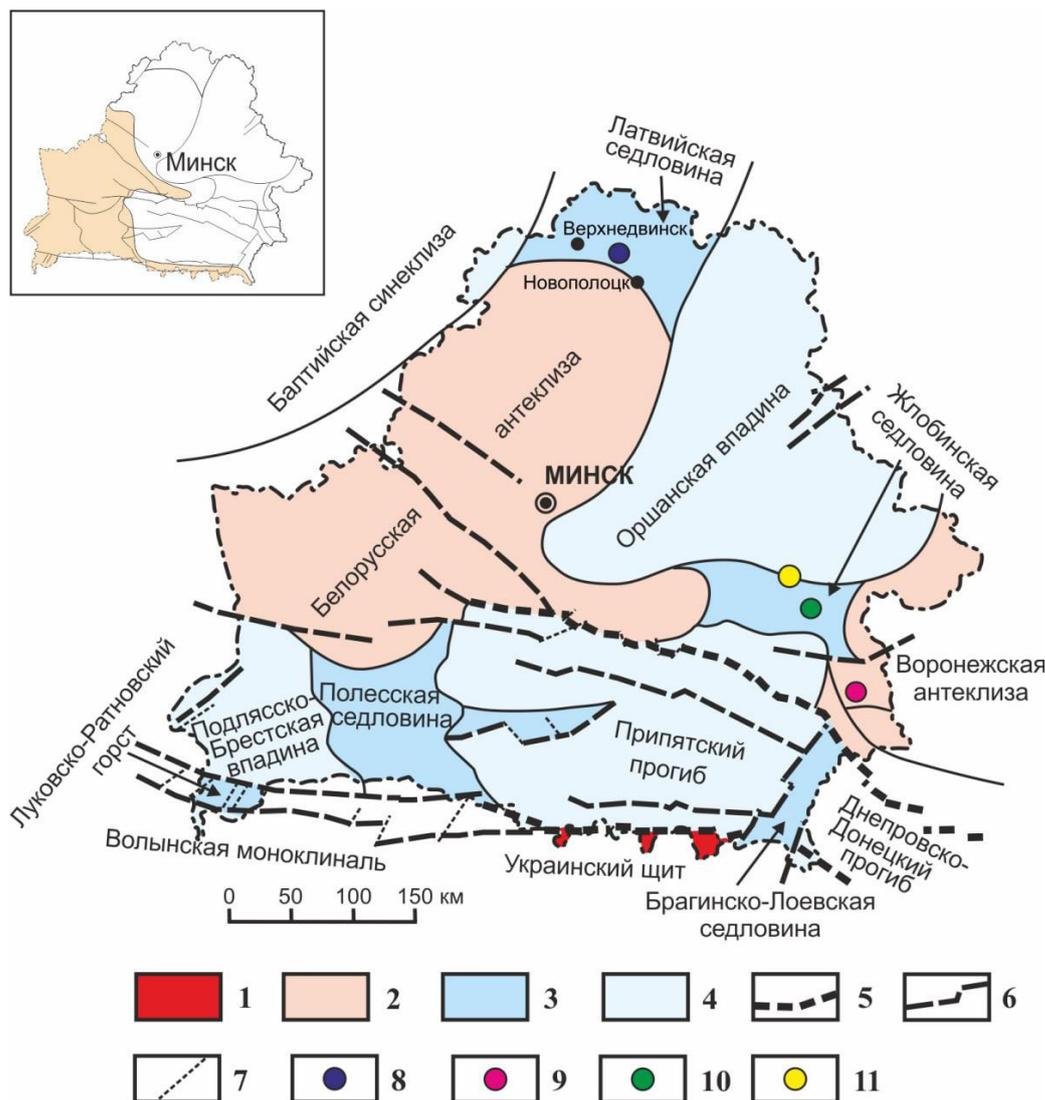


Рисунок 1 – Местоположение параметрической скважины Северо-Полоцкая и ранее изученных скважин на схеме тектонического районирования территории Беларуси: 1 – кристаллический щит; 2 – антеклизы; 3 – седловины; 4 – прогибы, впадины, синеклизы; разломы: 5 – суперрегиональные; 6 – региональные и субрегиональные; 7 – локальные; 8 – параметрическая скв. Северо-Полоцкая; 9 – скв. ГТК-1; 10 – параметрическая скв. Кормянская; 11 – параметрическая скв. Быховская. На врезке бежевым цветом показана область отсутствия эмсских и эйфельских отложений

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Каменный материал по нижнему и среднему девону скв. Северо-Полоцкая, проанализированный изотопным и вспомогательными (определение карбонатности и содержания органического углерода) методами, охватывал 92,2 м эмсско-эйфельского разреза и включал 103 образца карбонатных и карбонатсодержащих пород (табл. 1). Один образец характеризовал в среднем 0,8 м разреза, в том числе 0,8 м для разреза витебского горизонта, 0,4 м – адровского, 1,0 м – освейского, 0,8 м – городокского и 1,1 м – костюковичского горизонта. Таким образом, построенные кривые изотопных вариаций имеют хорошее разрешение. Отложения

верхних пяти метров костюковичского горизонта и залегающие выше образования полоцкого и убортского горизонтов живетского яруса среднего девона практически не содержат карбонатного материала и не пригодны для изотопных определений.

При работе над статьей использованы образцы, отобранные А.Г. Лапцевич, О.Ф. Кузьменковой, Г.Д. Стрельцовой и Н.С. Яковлевой, и выполненное ими литостратиграфическое расчленение разреза (А.Г. Лапцевич, 2020). Изотопные определения углерода и кислорода производились на масс-спектрометре Delta V Advanced с использованием установки Gas-Bench-I в лаборатории геохимии изотопов и геохронологии Геологиче-

Таблица 1 – Изотопный состав углерода и кислорода карбонатов в эмско-эйфельском разрезе параметрической скважины Северо-Полоцкая

Глубина, м	Литология	Кальцит, %	Доломит, %	C _{орг} , %	δ ¹³ C, ‰ (PDB)	δ ¹⁸ O, ‰ (PDB)
Костюковичский горизонт (кровля 246,5 м)						
251,3	Доломит известковый глинистый	15,3	75,2	0,17	-1,2	-4,3
252,2	Доломит известковый глинистый	29,4	56,9	0,18	-1,9	-2,9
254,5	Мергель глинистый доломитовый	нет	41,0	0,28	-0,2	-3,1
257,0	–»–	–»–	28,6	0,29	0,5	-4,6
258,3	–»–	–»–	34,4	0,22	-0,7	-1,8
259,9	–»–	1,5	39,1	0,25	-0,6	-4,2
260,1	Мергель доломитовый	нет	57,1	0,21	0,5	-4,3
260,5	Доломит глинистый известковый	18,7	58,3	0,21	1,7	-2,4
262,0	Глина доломитистая	нет	16,6	0,33	0,8	-6,0
262,8	Доломит известковый	24,3	71,3	0,16	1,4	-3,2
263,9	Доломит известковый глинистый	11,0	75,4	0,15	1,8	-2,0
Городокский горизонт, глинисто-мергельная пачка (кровля 264,0 м)						
265,0	Мергель известково-доломитовый	10,6	59,2	0,22	1,3	-3,6
265,2	Глина доломитистая	нет	13,0	0,30	1,0	-8,0
267,4	Доломит известковый	8,4	91,6	0,11	0,8	-1,7
268,4	Глина доломитистая	нет	16,5	0,31	1,4	-4,8
269,0	Доломит глинистый	–»–	83,7	0,18	1,2	-4,5
269,7	Доломит известковый глинистый кавернозный	19,9	67,2	0,13	-0,2	-2,1
270,0	Глина доломитистая	нет	14,6	0,28	1,3	-5,3
270,1	Доломит известковый	24,1	71,9	0,21	1,6	-4,4
271,5	–»–	9,7	90,3	0,12	1,9	-3,6
271,7	–»–	17,8	79,3	0,18	1,4	-2,2
273,2	Доломит глинистый	нет	79,4	0,18	3,0	-2,1
273,8	Доломит известковый глинистый кавернозный	15,6	70,7	0,25	2,6	-4,6
274,2	Доломит глинистый	0,2	80,4	0,23	2,9	-5,0
275,0	–»–	4,7	72,7	0,42	2,3	-5,1
275,5	Доломит известковый	35,9	64,1	0,20	1,6	-1,8
275,6	Глина доломитистая	нет	13,1	4,38	1,0	-4,3
275,9	Доломит известковый кавернозный	20,9	79,1	0,73	1,3	-2,4
276,0	Глина доломитистая	нет	5,8	9,19	-2,0	-4,7
276,3	Доломит известковый	33,3	66,7	0,29	1,7	-2,6
276,5	Доломит известковый глинистый	27,2	64,7	0,31	1,6	-3,1
276,7	Мергель доломитовый	4,4	68,6	0,40	2,5	-4,6
278,0	Доломит известковый	33,4	66,6	0,22	2,8	-3,4
278,1	Глина доломитистая	нет	11,9	0,72	1,7	-5,0
Городокский горизонт, доломитовая пачка (кровля 281,0 м)						
281,1	Доломит известковый	21,2	76,2	0,19	3,1	-4,1
281,3	Мергель известково-доломитовый	14,6	56,4	0,36	1,3	-5,8
281,5	Мергель доломитовый	1,2	49,0	0,45	3,2	-5,1
281,9	Доломит известковый кавернозный с сульфидами	38,7	61,3	0,49	1,4	-3,2
282,5	Доломит известковый	7,5	91,5	0,32	3,1	-3,2
283,2	Мергель доломитовый	4,3	61,4	0,60	3,7	-4,7
283,6	Доломит известковый	28,9	65,0	0,29	1,4	-3,0
284,5	Доломит известковый кавернозный с сульфидами	31,6	68,4	0,28	2,8	-1,5
284,7	Доломит известковый кавернозный	15,7	84,3	0,29	2,2	-2,2
285,9	–»–	17,4	82,6	0,33	1,7	-3,6
286,8	Мергель доломитовый	3,4	61,6	16,96	1,0	-3,7
287,0	Доломит известковый кавернозный	27,7	72,0	0,36	-0,2	-2,0
287,5	Доломит известковый глинистый	16,8	68,2	0,35	3,9	-4,7
287,9	Доломит	3,4	96,0	2,72	2,1	-3,2
289,5	Мергель доломитовый	нет	35,2	0,43	2,4	-4,8
290,1	Доломит известковый кавернозный	24,0	76,0	0,57	0,7	-2,2
290,2	Доломит известковый	7,7	88,0	0,50	1,8	-4,1
291,6	Мергель доломитовый	0,7	50,3	0,35	2,6	-4,8
293,0	Доломит известковый кавернозный	26,6	73,2	0,32	1,0	-4,4
293,4	Доломит глинистый	4,9	87,4	0,33	1,3	-3,6
294,7	Мергель доломитовый	нет	57,2	0,64	1,4	-5,1

Окончание таблицы 1

Глубина, м	Литология	Кальцит, %	Доломит, %	C _{орг} , %	δ ¹³ C, ‰ (PDB)	δ ¹⁸ O, ‰ (PDB)
Городокский горизонт, доломитовая пачка (кровля 281,0 м)						
295,1	Доломит известковый глинистый	10,7	80,9	0,23	0,4	-2,6
296,7	Доломит глинистый	0,9	75,5	0,24	2,1	-4,6
297,4	—»—	4,0	73,8	0,52	1,8	-4,1
297,9	Доломит известковый с сульфидами	9,0	91,0	0,23	1,8	-3,5
Городокский горизонт, доломитово-мергельная пачка (кровля 298,3 м)						
298,3	Доломит песчаный	1,3	66,9	0,19	-1,6	-1,8
298,4	Мергель доломитовый	нет	51,1	0,38	1,4	-4,1
300,9	Глина доломитистая	—»—	19,5	0,29	0,1	-4,1
302,7	Алеврит доломитовый	—»—	38,8	0,19	0,6	-4,0
303,2	Доломит известковый	8,8	91,2	0,09	0,2	-1,5
304,0	Глина доломитистая	нет	14,2	0,51	0,3	-5,0
304,5	Мергель доломитовый глинистый	2,1	38,2	0,33	0,6	-5,4
305,6	Мергель доломитовый	нет	57,8	0,21	3,1	-4,4
306,6	Мергель доломитовый	7,5	52,5	0,22	2,5	-3,4
307,0	Доломит известковый	19,9	77,8	0,19	1,0	-3,8
309,0	Доломит глинистый	6,1	71,5	0,18	2,3	-4,4
310,2	Глина доломитистая алевритистая	нет	17,1	0,20	-0,2	-3,3
312,7	Доломит глинистый	—»—	84,2	0,12	0,1	-2,6
Освейский горизонт, карбонатно-сульфатная пачка (кровля 313,5 м)						
313,6	Мергель доломитовый с гипсом в трещине	нет	68,0	0,19	-0,5	-3,1
313,8	Доломит глинистый	0,4	78,3	0,30	-1,2	-2,4
314,0	Мергель глинистый доломитовый с выделениями гипса	нет	47,9	0,35	-1,6	-4,8
314,3	Глина доломитистая	—»—	11,8	0,82	-2,0	-3,1
314,4	Мергель глинистый доломитовый с корками гипса	—»—	39,3	0,98	-2,4	-4,1
314,8	Глина доломитистая	—»—	14,0	4,22	-1,4	-3,6
315,1	Мергель доломитовый с прожилками гипса	—»—	62,7	0,54	-1,7	-4,1
315,7	—»—	—»—	73,5	0,26	-2,0	-3,8
316,2	Доломит с выделениями гипса	2,2	93,6	0,20	0,8	-0,8
316,4	Доломит глинистый с гнездами гипса и сульфидами	нет	75,7	0,47	-1,4	-4,1
317,5	Доломит глинистый	1,5	91,2	0,27	0,4	-1,9
319,4	Доломит известковый глинистый	8,7	66,9	0,44	-1,8	-2,0
321,0	Глина доломитистая с выделениями гипса	нет	9,2	0,49	-4,0	-4,4
322,0	Глина доломитистая	—»—	21,7	0,33	-4,5	-2,9
Адровский горизонт (кровля 327,6 м)						
327,7	Доломит песчаный	нет	70,6	0,13	-0,8	0,2
328,2	Доломит известковый	27,9	69,5	0,62	-4,8	-3,8
328,5	Доломит песчаный	нет	51,1	0,22	-1,2	-1,0
328,7	Мергель доломитовый глинистый опесчаненный	—»—	39,5	0,56	-1,8	-1,8
329,0	Доломит песчаный	3,9	68,8	0,15	-1,3	-0,4
329,6	Мергель доломитовый с алевритом	нет	51,6	0,18	-1,6	-1,2
Витебский горизонт (кровля 330,0 м; подошва 338,7 м)						
330,6	Глина доломитистая с выделениями гипса	нет	16,1	0,13	-3,4	-5,5
332,4	Глина доломитистая	—»—	13,4	0,36	-2,5	0,5
332,6	Мергель доломитовый глинистый	—»—	41,5	0,27	-2,8	-2,3
332,9	Доломит известковый глинистый	11,9	78,1	0,21	-3,2	-3,1
333,1	Глина доломитистая	нет	16,8	0,69	-2,9	-3,5
334,0	Доломит известковый опесчаненный с выделениями гипса	21,7	78,3	0,23	-2,4	-2,4
335,2	Мергель доломитовый алевритистый	0,6	58,1	0,22	-2,0	-1,2
336,2	Мергель доломитовый глинистый	нет	47,2	0,22	-1,5	-1,8
337,1	Мергель известково-доломитовый с выделениями гипса	6,3	59,0	0,18	-1,0	-1,8
337,6	Мергель доломитовый алевритистый	нет	53,5	0,21	-1,0	-2,5
338,6	Песчаник с доломитовым цементом	—»—	42,5	0,17	-0,9	-3,3

Примечание: C_{орг} – концентрация органического углерода.

ского института РАН (Москва). Изотопные отношения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ даны относительно стандарта PDB. Точность (воспроизводимость) определений находится в пределах $\pm 0,2\text{‰}$. Карбонатность пород газометрическим методом и содержание органического углерода ($\text{C}_{\text{орг}}$) оксидометрическим определялись в Институте геологии (Минск) Г.И. Лучиной.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Литология

Эмсско-эйфельская толща в разрезе скв. Северо-Полоцкая залегает в интервале 246,5–338,7 м, перекрывается отложениями живетского яруса среднего девона и четвертичными образованиями, а подстилается породами томмотского яруса нижнего кембрия (рис. 2).

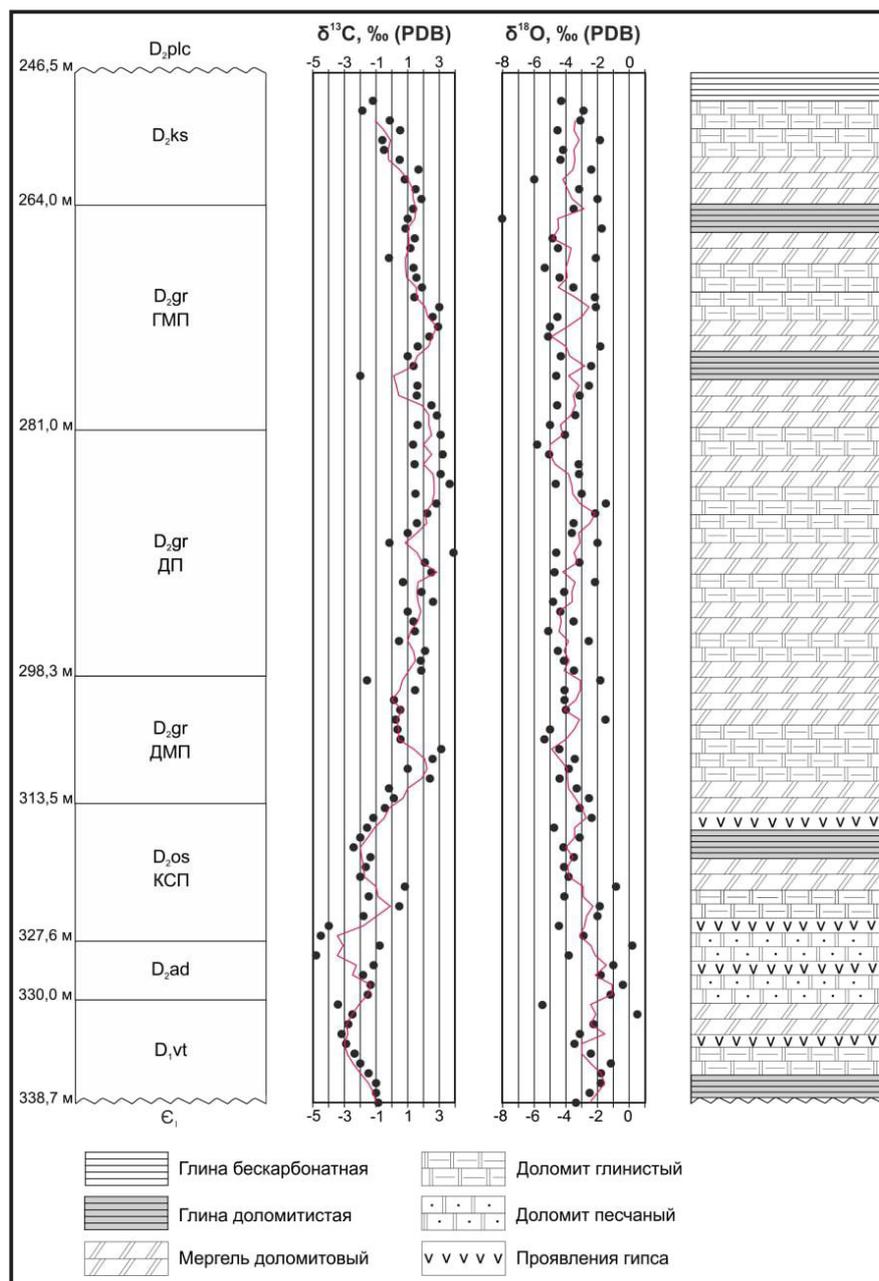


Рисунок 2 – Вариации изотопного состава углерода и кислорода в карбонатных и карбонатсодержащих породах эмсско-эйфельской части разреза параметрической скважины Северо-Полоцкая. Стратиграфические горизонты: D₁vt – витебский, D₂ad – адровский, D₂os – освейский, D₂gr – городокский, D₂ks – костюковичский; литологические пакки: КСП – карбонатно-сульфатная, ДМП – доломитово-мергельная, ДП – доломитовая, ГМП – глинисто-мергельная. Точки – фактические значения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$, красным показаны линии вариаций, сглаженных методом скользящего среднего с шагом в 3 точки

Начинающие девонский разрез отложения витебского горизонта эмсского яруса имеют мощность 8,7 м и представлены бежево-серыми и зеленовато-серыми доломитовыми мергелями, известковистыми глинистыми и песчанистыми доломитами, доломитистыми глинами, песчаниками с доломитовым цементом. Встречаются гнезда гипса размером до 3–4 см.

Основание залегающей выше толщи эйфельского яруса сложено породами адровского горизонта (мощность 2,4 м). В основном это светло-серые массивные песчаные доломиты с гнездами, прослоями и прожилками желтоватого гипса.

Освейский горизонт имеет мощность 14,1 м и представлен карбонатно-сульфатной пачкой. Она складывается серыми, темно- и светло-серыми доломитовыми мергелями, доломитистыми глинами, глинистыми доломитами с прослоями, прожилками и корками розового и белого гипса.

Отложения городокского горизонта мощностью 49,5 м подразделяются на три пачки. В нижней, доломитово-мергельной (15,2 м), преобладают серые, светло-серые и пестроцветные («яшмовидные») доломитовые мергели, присутствуют глинистые доломиты и доломитистые глины. Для интерпретации изотопных данных необходимо заметить, что в одном образце глинистого доломита из низов доломитово-мергельной пачки присутствует гнездо гипса. Средняя, доломитовая пачка (17,3 м) сложена глинистыми и известковистыми пелитоморфными и микрокристаллическими доломитами, иногда водорослевыми и кавернозными, а также доломитовыми мергелями. Окраска пород серая, светло-, бежево- и зеленовато-серая. Верхняя, глинисто-мергельная пачка (17,0 м) представляет собой переслаивание серых и пестроокрашенных доломитистых глин, зеленовато-серых и бурых доломитовых мергелей, серых и зеленовато-серых глинистых и известковистых доломитов,

пелитоморфных и микрокристаллических, интервалами кавернозных.

Костюковичский горизонт, завершающий эйфельский разрез в скв. Северо-Полоцкая, имеет мощность 17,5 м и в основной своей части складывается доломитовыми, иногда глинистыми мергелями с прослоями глинистых и известковистых пелитоморфных доломитов. Верхняя часть (5 м) представлена бескарбонатными алевритистыми глинами. Окраска пород пестрая: сочетаются участки зеленовато-серого, кирпично-красного, лилового цветов.

Геохимия изотопов

Общий взгляд на распределение $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в разрезе. Средние значения $\delta^{13}\text{C}$ в Северо-Полоцком разрезе по всем стратиграфическим горизонтам нижнего и среднего девона соответствуют тем, что присущи морским седиментационным карбонатам (табл. 2). Такая же картина наблюдается и для $\delta^{18}\text{O}$: погоризонтные средние величины близки ниже-среднедевонским значениям, показанным на глобальной хемотратиграфической кривой (-4...-3‰) [11; 12; 14]. Эта кривая построена по результатам анализа тщательно отобранных раковин брахиопод из отложений США, Испании, Марокко, России (Сибирь) и Китая и наиболее достоверно отражает изотопную геохимию углерода в девонских бассейнах осадконакопления.

Несмотря на близость погоризонтных средних значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ цифрам, характерным для морских седиментационных карбонатов, в разрезе имеются отклонения от этих значений в ту и другую сторону.

(1) Кривая вариаций изотопного состава углерода в разрезе скв. Северо-Полоцкая (см. рис. 2) носит более «спокойный» характер по сравнению с исследованными нами ниже-среднедевонски-

Таблица 2 – Распределение изотопных показателей по стратиграфическим горизонтам эмса и эйфеля в разрезе параметрической скважины Северо-Полоцкая

Горизонт	n	$\delta^{13}\text{C}$, ‰ (PDB)			$\delta^{18}\text{O}$, ‰ (PDB)		
		X_{\min}	X_{\max}	\bar{x}	X_{\min}	X_{\max}	\bar{x}
Костюковичский	11	-1,9	1,8	0,2	-6,0	-1,8	-3,5
Городокский	61	-2,0	3,9	1,5	-8,0	-1,5	-3,8
Освейский	14	-4,5	0,8	-1,7	-4,8	-0,8	-3,2
Адровский	6	-4,8	-0,8	-1,9	-3,8	0,2	-1,3
Витебский	11	-3,4	-0,9	-2,1	-5,5	0,5	-2,4
Все горизонты	103	-4,8	3,9	0,4	-8,0	0,5	-3,4

Примечание: n – число определений, X_{\min} и X_{\max} – минимальное и максимальное значения, \bar{x} – среднее арифметическое.

ми разрезами на востоке Беларуси (см. рис. 1) [2; 6; 7], в которых значения $\delta^{13}\text{C}$ изменяются от нормальных морских до очень низких цифр (-13...-11‰ PDB) и даже средние величины в области отрицательных экскурсов могут опускаться ниже -5,0‰. Однако конфигурация Северо-Полоцкой углеродно-изотопной кривой на разных ее участках не одинаковая. В разрезе городокского горизонта отклонения $\delta^{13}\text{C}$ от стандартных морских значений незначительны, а на витебско-освейском и костюковичском отрезках кривой отмечаются тренды, требующие трактовки. Имеется три отрицательных экскурса $\delta^{13}\text{C}$ довольно низкой амплитуды с пиками в середине витебского горизонта, на рубеже адровского и освейского и в середине освейского горизонта.

(2) В костюковичском горизонте отмечается монотонное снижение $\delta^{13}\text{C}$ от подошвы к границе с верхней, бескарбонатной, частью.

(3) Около четверти всех образцов характеризуется более легким изотопным составом кислорода ($\delta^{18}\text{O}$ ниже -4,5, вплоть до -6 и -8‰), чем тот, что свойственен ниже-среднедевонским седиментационным карбонатам (см. табл. 2, рис. 2). В отложениях городокского горизонта, представленных наибольшим количеством образцов (61), таких изотопно-облегченных проб – 30%. Самые высокие значения $\delta^{18}\text{O}$ отмечены в нижней части разреза – в витебском (0,5‰), адровском (0,2‰) и освейском (-0,8‰) горизонтах.

Оценка значимости постседиментационных изменений. С учетом наличия в Северо-Полоцком разрезе вышеназванных вариаций рассмотрим, насколько существенно наблюдаемое распределение изотопов может быть обусловлено постседиментационными процессами. Есть два основных постседиментационных фактора, вызывающих отклонение значений $\delta^{13}\text{C}$ от морских в сторону снижения. Это бактериальная сульфатредукция в диагенезе, обеспечивающая мобилизацию изотопно-легкого углерода органического вещества в образующихся карбонатах, и катагенетическая (или гипергенная) переработка пород инфильтрационными подземными водами, несущими легкий почвенный углерод. Последний фактор может также способствовать облегчению изотопного состава кислорода из-за обедненности атмосферных вод изотопом ^{18}O .

Отсутствие корреляции между значениями $\delta^{13}\text{C}$ и концентрацией $\text{C}_{\text{орг}}$ в породах изученного разреза (рис. 3 а), свидетельствует о том, что диагенетическая сульфатредукция вряд ли существенно повлияла на вариации изотопного состава углеро-

да. Трудно сказать, связано ли это с недостаточным содержанием органического вещества в отложениях (табл. 3): из 103 изученных образцов 83 относятся к категории субдоманикоидов (0,1–0,5% $\text{C}_{\text{орг}}$) [10], 16 – к доманикоидам (0,5–5,0%) и лишь 2 – к доманикитам (5–25%). Но интересно заметить, что в образцах пород с рекордно высокими для разреза концентрациями $\text{C}_{\text{орг}}$ (4,22; 4,38; 9,19; 16,96%) значения $\delta^{13}\text{C}$ (-1,4; 1,0; -2,0; 1,0‰ соответственно)

Таблица 3 – Распределение концентрации $\text{C}_{\text{орг}}$ (%) по типам пород и стратиграфическим горизонтам эмса и эйфеля в разрезе параметрической скважины Северо-Полоцкая

Породы	n	X_{min}	X_{max}	\bar{x}
Костюковичский горизонт				
Глины	1			0,33
Мергели	5	0,21	0,29	0,25
Доломиты	5	0,15	0,21	0,17
Породы в целом	11	0,15	0,33	0,22
Городокский горизонт				
Глины	8	0,20	4,38	0,87
Мергели	13	0,21	0,64	0,38
Доломиты	37	0,09	2,72	0,34
Песчаники	1			0,19
Породы в целом	59	0,09	4,38	0,42
Освейский горизонт				
Глины	4	0,33	4,22	1,46
Мергели	5	0,91	0,98	0,46
Доломиты	5	0,20	0,47	0,34
Породы в целом	14	0,19	4,22	0,70
Адровский горизонт				
Мергели	2	0,18	0,56	0,37
Доломиты	4	0,13	0,62	0,28
Породы в целом	6	0,13	0,62	0,31
Витебский горизонт				
Глины	3	0,13	0,69	0,39
Мергели	5	0,18	0,27	0,22
Доломиты	2	0,21	0,23	0,22
Песчаники	1			0,17
Породы в целом	11	0,13	0,69	0,26
Все горизонты				
Глины	16	0,13	4,38	0,90
Мергели	30	0,18	0,98	0,34
Доломиты	53	0,09	2,72	0,32
Песчаники	2	0,17	0,19	0,18
Породы в целом	101	0,09	4,38	0,42

Примечания: 1) n – число определений, X_{min} и X_{max} – минимальное и максимальное значения, \bar{x} – среднее арифметическое; 2) в графе \bar{x} курсивом даны единичные определения; 3) в расчеты не включены два значения $\text{C}_{\text{орг}}$ по городокскому горизонту, соответствующие доманикитам (9,19 и 16,96%).

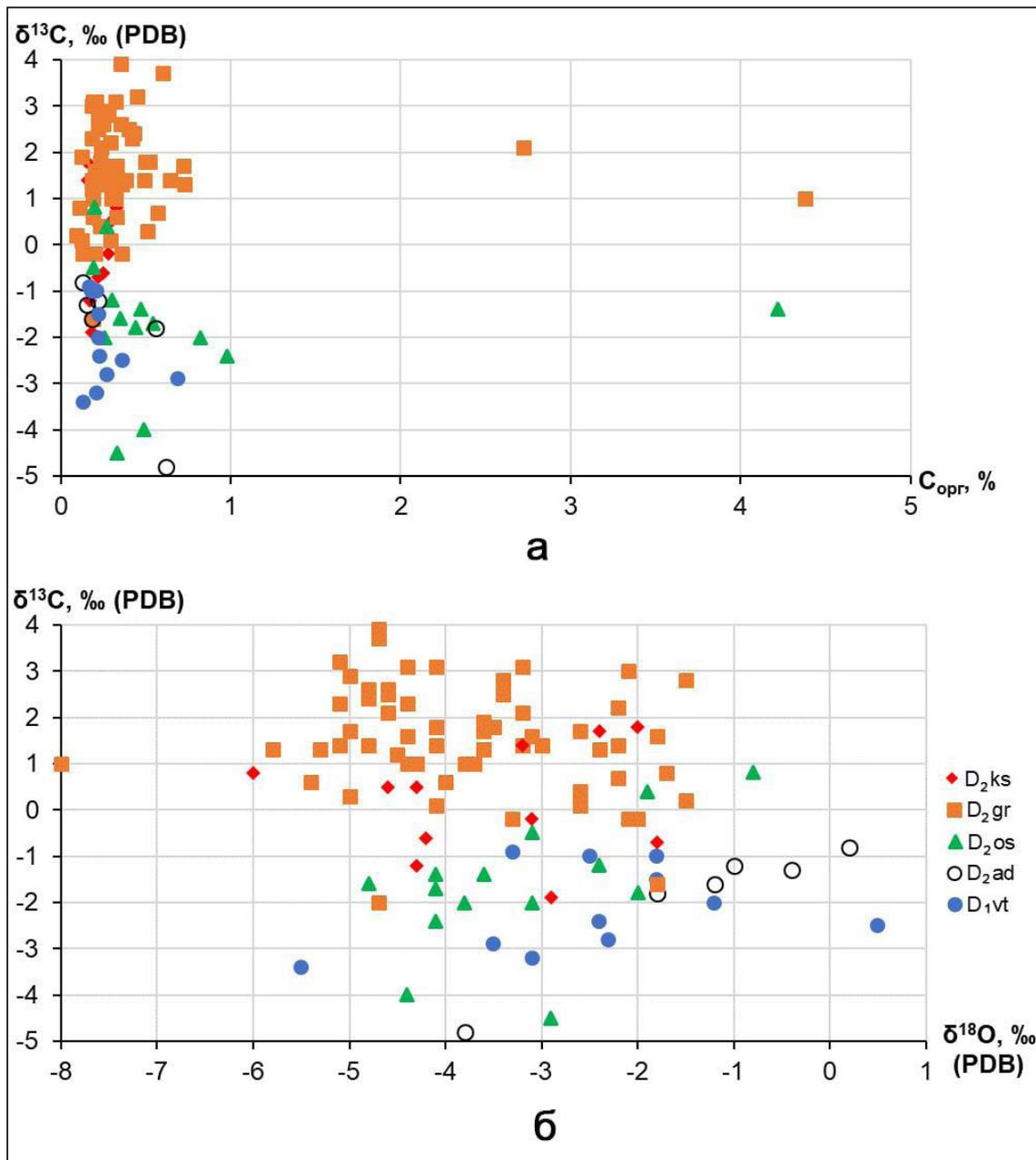


Рисунок 3 – Корреляционные диаграммы $\delta^{13}C - C_{орг}$ (а) и $\delta^{13}C - \delta^{18}O$ (б) для эмских и эйфельских отложений в разрезе параметрической скважины Северо-Полоцкая (обозначения стратиграфических горизонтов см. в подписи к рис. 2)

находятся на уровне морского стандарта и такие же цифры (-1,4...2,8‰) свойственны образцам с сульфидными проявлениями (см. табл. 1).

При анализе возможного влияния инфильтрационных вод на изотопию пород важно оценить минерализацию современных подземных вод в районе исследований. Поскольку в скв. Северо-Полоцкая гидрогеологического опробования не проводилось, для такой оценки воспользуемся информацией по относительно недалеко расположенным скважинам в Верхнедвинском районе и

Новополоцке (см. рис. 1). Здесь в эмских и эйфельских отложениях, залегающих на глубинах, близких к таковым в Северо-Полоцкой скважине, минерализация подземных вод составляет 13–18 г/л [8]. Опираясь на эти цифры, можно полагать, что в одновозрастных отложениях Северо-Полоцкого разреза морские воды, захороненные при осадконакоплении, были разбавлены инфильтрационной пресной водой в 2–3 раза. А с учетом наличия в отложениях гипса, образующегося из рассолов с минерализацией не менее 140 г/л, не

исключено, что разбавление было гораздо более существенным. Воздействие пресных инфильтрационных вод на эмские и эйфельские отложения могло осуществляться на протяжении огромного перерыва в седиментации между живетом и квартером и продолжается в настоящее время. Но вопрос состоит в том, насколько оно повлияло на изотопный состав углерода и кислорода пород. Стандартным (но не всегда однозначным) подходом к оценке такого влияния служит выяснение степени коррелированности $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ (см., например, [4]). При этом полагают, что результатом переработки пород инфильтрационными атмосферными водами, обогащенными изотопно-легким почвенным углеродом и легким кислородом, является прямая корреляция двух изотопных показателей. В нашем случае такая корреляция отсутствует (рис. 3 б). При сугубо формальном («предвзятом») подходе ее можно усмотреть лишь для адровских отложений (2,4 из 92,2 м всего изученного разреза). Но нам кажется, что это «ложная корреляция», так как адровская выборка представлена всего шестью образцами, диапазон флуктуаций $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ для пяти из которых крайне незначителен: -1,8...-0,8 и -1,8...0,2‰ соответственно.

В порядке обсуждения вопроса о значимости инфильтрационно-катагенетического изотопного сигнала в Северо-Полоцком разрезе интересно обратить внимание на отмеченное наличие значений $\delta^{18}\text{O}$, сниженных относительно морского стандарта для нижне-среднего девона. Вос-

пользуемся данными по хорошо охарактеризованному аналитическим материалом городокскому горизонту, где треть образцов имеет облегченный состав кислорода (см. рис. 3 б). В городокском разрезе скв. ГГК-1 нами были также отмечены такие значения [2]. Но там они сгруппированы в экскурс, приуроченный к интервалу чистых от глинистой примеси кавернозных доломитов доломитовой пачки, и на этом основании были проинтерпретированы как следствие инфильтрационно-катагенетической переработки пород. В Северо-Полоцкой скважине пониженные величины $\delta^{18}\text{O}$ рассеяны по разрезу городокского горизонта (см. рис. 2), и ни доломиты, ни их кавернозные разности не выделяются по этому показателю, а более 70% проб с $\delta^{18}\text{O}$ ниже -4,5‰ представлены слабопроницаемыми глинами и мергелями (рис. 4), для которых трудно допустить существенную податливость инфильтрационному катагенезу. А поскольку образцы пород со сниженными значениями $\delta^{18}\text{O}$, как, впрочем, и остальные городокские пробы, характеризуются типично морским изотопным составом углерода, то наиболее вероятно, что эти значения сигнализируют об условиях седиментации. Возможно, что в изучаемом районе Латвийской седловины исходный изотопный состав ранне-среднедевонской морской воды был несколько более легким ($\delta^{18}\text{O} \sim -5 \dots -4,5\text{‰}$), чем характерный для этого времени в соответствии с глобальными оценками [11; 12; 14].

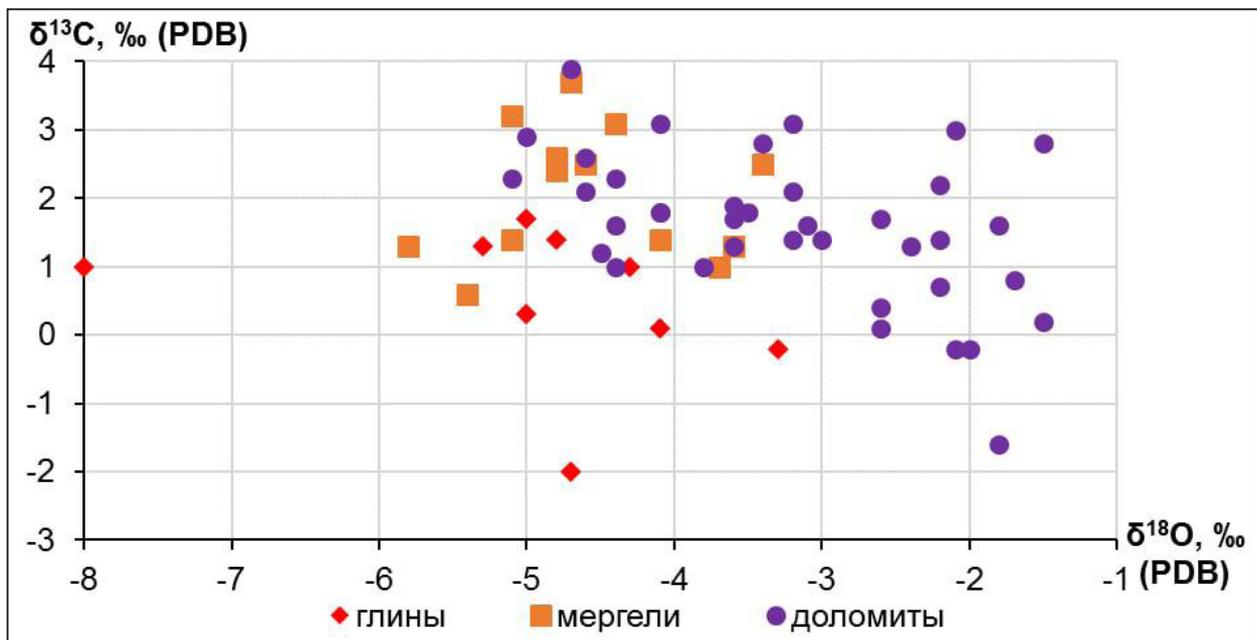


Рисунок 4 – Изотопный состав углерода и кислорода в трех типах пород городокского горизонта параметрической скважины Северо-Полоцкая

Если это так, то значения $\delta^{18}\text{O}$, более высокие, особенно близнулевые, типичные для современных морских карбонатов, могут трактоваться как следствие испарительного концентрирования морской воды. Аргументация этого следующая. В правой части корреляционного графика $\delta^{13}\text{C}$ – $\delta^{18}\text{O}$ для городокского горизонта выделяется группа фигуративных точек с повышенными значениями $\delta^{18}\text{O}$ (см. рис. 4). Примечательно, что все эти точки характеризуют доломиты – продукты более мелководных обстановок, чем мергели и глины. При прочих равных условиях вода здесь должна была быть сильнее прогрета и изотопный состав кислорода доломитов должен был быть легче, чем в карбонатном материале мергелей и глин. Наблюдаемое же диаметрально противоположное распределение значений $\delta^{18}\text{O}$ связано с большей эффективностью солнечного испарения на мелководье. Имеется и прямое литологическое доказательство возможной обусловленности повышенных значений $\delta^{18}\text{O}$ эвапоритовым процессом. Его проявление в городокское время (правда, не столь значительное, как в освейское) запечатлено в доломитово-мергельной пачке Северо-Полоцкого и Быховского разрезов в виде гипсовых выделений, а в доломитовой пачке последнего – в виде следов растворения кристаллов галита.

Таким образом, мы не склонны связывать вариации изотопного состава углерода и кислорода в изучаемых отложениях с постседиментационными процессами. И с этих позиций даем интерпретацию двух следующих особенностей распределения изотопов в разрезе.

Отрицательные экскурсы $\delta^{13}\text{C}$ в витебских, адровских и освейских отложениях. Несмотря на небольшую амплитуду этих экскурсов (не более 4‰), они явственно видны в средних частях витебского и освейского и на границе адровского и освейского горизонтов. Примечательной литологической особенностью витебско-освейской части изучаемого разреза является загипсованность пород (см. рис. 2). Если эвапоритизация освейского бассейна осадконакопления на территории Беларуси, продуктом которой является широко распространенная карбонатно-сульфатная пачка, хорошо известна, то относительно гипса в витебском и адровском горизонтах надо сделать оговорку. Ранее его присутствие в отложениях этих горизонтов мы были склонны связывать с инфильтрацией в них рассолов освейского галогенеза, то есть считали гипс галокатагенетическим [9]. Однако, вероятно, это не всегда так. Во всяком случае, морфология гипсовых проявлений (гнезда размером 3–4 см

и прослой) в витебских и адровских отложениях Северо-Полоцкого разреза характерна для седиментационных образований. В свете сделанного замечания представляется возможным проинтерпретировать негативные сдвиги значений $\delta^{13}\text{C}$ в витебско-освейской части разреза с учетом опыта наших предыдущих исследований скважин Быховская, Кормянская и ГК-1 (см. рис. 1) [2; 6; 7]. В освейских отложениях трех этих скважин установлены значительные отрицательные сдвиги величины $\delta^{13}\text{C}$, трассирующие эвапоритовые эпизоды, которые отмечены в разрезах карбонатно-сульфатной пачкой или ее бессульфатным аналогом. Эти сдвиги были объяснены активизацией поступления континентальных вод, обогащенных почвенным углеродом, в условиях сильного обмеления бассейна осадконакопления и, возможно, его расчленения на отдельные эвапоритовые ванны. Полагаем, что отрицательные экскурсы в витебско-освейской части Северо-Полоцкого разреза, маркирующие гипсоносные интервалы, также обусловлены притоком вод с суши во время эпизодов эвапоритизации. Трудно сказать, где эта суша располагалась: были ли это обнажившиеся отмели (острова в море) или обширная территория на юго-запад от изучаемого разреза (см. рис. 1). При изучении упомянутых выше восточных скважин мы отмечали, что отрицательные экскурсы $\delta^{13}\text{C}$, приходящиеся на эвапоритовые интервалы, не сопровождаются такими же сдвигами в значениях $\delta^{18}\text{O}$ [2; 6; 7] в связи с тем, что в приэкваториальных широтах, где находилась территория Беларуси в девоне [5], изотопный состав кислорода атмосферных осадков может быть близок к таковому морской воды [13]. Материал по Северо-Полоцкой скважине дает нам новую пищу для размышлений на эту тему. Здесь, в витебско-освейской части, отмечаются самые высокие во всем эмско-эйфельском разрезе близнулевые, величины $\delta^{18}\text{O}$ карбонатного вещества (см. рис. 3 б), что, вероятно, как и в городокское время, связано с испарительным концентрированием морской воды.

В развитие трактовки изотопных вариаций в витебских, адровских и освейских отложениях скв. Северо-Полоцкая и, принимая во внимание аналогичную интерпретацию поведения изотопов в освейском горизонте трех ранее изученных разрезов на востоке Беларуси, заострим внимание на нашем палеогеографическом выводе, следующем из изотопных данных. Читателю, не имевшему дела с процессом галогенеза, он может показаться парадоксальным, поскольку предполагает, что эвапоритовые эпизоды, сопровождавшиеся гипсообра-

зованием, имели место в условиях активизации притока пресных континентальных вод. Получается, что в противоположных направлениях работали два фактора формирования состава морского раствора: приток пресной воды снижал минерализацию исходного морского раствора, а солнечное испарение вызывало рост его солености. Могло ли такое противодействие завершаться достижением насыщенности морского деривата по сульфату кальция, разрешающей садку твердой фазы? Ответ на этот вопрос положительный. Известно, что в Припятском прогибе накопление фаменских калийных солей, требующее гораздо большей минерализации рассолов, чем садка гипса, имело место как раз при сильном влиянии континентальных водных потоков, когда «морской солеродный бассейн превратился, по существу, в континентально-морской» [3, с. 84]. Еще один пример, иллюстрирующий возможность нашей палеогеографической трактовки изотопных данных, дает континентальный галогенез в озерах, питающихся речными (и подземными) водами. Показательна сильно утрированная аналогия нашего «морского случая» с Аральским морем, основными источниками водного питания которого являются реки Амударья и Сырдарья. В публикациях, посвященных литологии донных отложений Арала еще до его катастрофического обмеления (например, [1]), находим описания гипсовых горизонтов. А вот что писал профессор П.О. Завьялов в российской «Независимой газете» сравнительно недавно («НГ-Наука» 25.01.2012): «...в Большом Арале содержание солей превысило 100 г на литр... в мелководной восточной его части нами были отмечены значения до 211 г на литр... Не вызывает сомнений, однако, и важнейшая роль естественной изменчивости климата и колебаний водности рек в регионе, а также, возможно, и геодинамических факторов. За регрессионными фазами жизни Арала неизменно следовали периоды высокого стояния моря (трансгрессии)... Повсюду на обсохшем дне Арала видны гипсовые отложения, относящиеся как к современным, так и к историческим регрессиям моря. Иногда эти отложения имеют форму пластов, а иногда выглядят как небольшие отдельные конкреции».

Тренд снижения $\delta^{13}\text{C}$ в костюковичских отложениях. Монотонное облегчение изотопного состава углерода карбонатного материала на протяжении 12,5 м снизу вверх от самой подошвы костюковичского горизонта к его бескарбонатной части характеризуется амплитудой в 4‰ (см. рис. 2). Оно, по-видимому, связано с тем, что при накоплении

осадков этой части разреза началась активизация континентального стока, которая впоследствии привела к образованию 5-метровой пачки бескарбонатных глин. Сходное поведение изотопов углерода отмечено нами в этой части разреза скв. ГТК-1 на юго-западном краю Воронежской антеклизы [2]. Здесь тенденция снижения $\delta^{13}\text{C}$ также наблюдается снизу вверх к границе между карбонатно-глинистой пачкой и перекрывающей пачкой бескарбонатных глин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты изучения распределения изотопов углерода и кислорода в доломитовых мергелях, доломитах и доломитистых глинах эмско-эйфельского разреза (92,2 м) параметрической скв. Северо-Полоцкая на юго-востоке Латвийской седловины сводятся к следующему.

1. Разрез в основном характеризуется близнулевыми значениями $\delta^{13}\text{C}$, типичными для седиментационных морских карбонатов. Наибольшим постоянством таких значений отличаются отложения городокского горизонта.

2. В средних частях витебского и освейского и на границе адровского и освейского горизонтов имеются отрицательные экскурсы $\delta^{13}\text{C}$ с амплитудой до 4‰, маркирующие гипсоносные интервалы. Эти экскурсы объяснены активизацией поступления континентальных вод, обогащенных почвенным углеродом, в условиях сильного обмеления бассейна осадконакопления и, возможно, его расчленения на отдельные эвапоритовые ванны.

3. В костюковичском горизонте отмечается монотонное снижение $\delta^{13}\text{C}$ на 4‰ от подошвы к границе с верхней бескарбонатной частью. Оно обусловлено тем, что при накоплении осадков этой части разреза началась активизация континентального стока, которая впоследствии привела к образованию 5-метровой пачки бескарбонатных глин.

4. Около четверти всех образцов характеризуется более легким изотопным составом кислорода ($\delta^{18}\text{O}$ ниже -4,5, вплоть до -6 и -8‰), чем тот, что, в соответствии с глобальными оценками, свойственен нижне-среднедевонским седиментационным карбонатам (-4...-3‰). В отложениях городокского горизонта треть образцов, закономерно рассеянных по разрезу, имеют облегченный состав кислорода. Из них 70% представлены слабопроницаемыми глинами и мергелями. Поскольку породы городокского горизонта имеют стандартный морской изотопный состав углерода, высказано

предположение, что в изучаемом районе Латвийской седловины исходный изотопный состав кислорода ранне-среднедевонской морской воды был несколько легче ($\delta^{18}\text{O} \sim -5\text{...}-4,5\text{‰}$), чем тот, что показан на глобальной хемотратиграфической кривой.

5. Значения $\delta^{18}\text{O}$ более высокие, чем $\sim -5\text{...}-4,5\text{‰}$, проинтерпретированы как следствие испарительного концентрирования воды, которое наиболее рельефно запечатлено самыми

высокими во всем массиве данных цифрами, отмеченными в гипсоносной части разреза (0,5‰ – в витебском горизонте, 0,2‰ – в адровском и -0,8‰ – в освейском).

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. **Бродская, Н. Г.** Донные отложения и процессы осадкообразования в Аральском море / Н. Г. Бродская // Труды Института геологических наук, вып. 115, геологическая серия (57). – Москва : Изд-во АН СССР, 1952. – 108 с.
2. **Вариации** изотопного состава углерода и кислорода в нижне-среднедевонских отложениях на юго-западе Воронежской антеклизы / А. А. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2021. – № 2 (55). – С. 80–94.
3. **Высоцкий, Э. А.** Калиеносные бассейны мира / Э. А. Высоцкий, Р. Г. Гарецкий, В. З. Кислик. – Минск : Наука и техника, 1988. – 387 с.
4. **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.
5. **Зоненшайн, Л. П.** Тектоника литосферных плит территории СССР / Л. П. Зоненшайн, М. И. Кузьмин, Л. М. Натапов. – Москва : Недра, 1990. – Кн. 1. – 328 с.
6. **Изотопная** хемотратиграфия верхнеэмско-среднеэйфельских отложений в разрезе параметрической скважины Кормянская на Жлобинской седловине / А. А. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2019. – № 2 (51). – С. 64–74.
7. **Изотопная** хемотратиграфия нижне-среднедевонского разреза зоны сочленения Оршанской впадины и Жлобинской седловины (параметрическая скважина Быховская) / А. А. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2019. – № 1 (50). – С. 136–148.
8. **Кудельский, А. В.** Подземные воды Оршанской впадины / А. В. Кудельский. – Минск : Беларуская навука, 2019. – 131 с.
9. **Махнач, А. А.** Катагенез и подземные воды / А. А. Махнач. – Минск : Наука и техника, 1989. – 335 с.
10. **Систематика** и классификации осадочных пород и их аналогов / В. Н. Шванов [и др.]. – Санкт-Петербург : Недра, 1998. – 352 с.
11. **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.
12. **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.
13. **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.
14. **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.

Статья поступила в редакцию 10.02.2022

Рецензент В.М. Шиманович

ВАРЬЯЦЫІ ІЗАТОПНАГА СКЛАДУ ВУГЛЯРОДУ І КІСЛАРОДУ Ў ЭМСКІХ І ЭЙФЕЛЬСКІХ АДКЛАДАХ НА ПАЎДНЁВЫМ УСХОДЗЕ ЛАТВІЙСКОЙ СЕДЛАВІНЫ

А.А. Махнач¹, Б.Г. Пакроўскі², В.В. Мурашка¹, А.Л. Пятроў²

¹Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»

Філіял «Інстытут геалогіі»

вул. Купрэвіча, 7, 220141, Мінск, Беларусь

E-mail: makhnach@geologiya.by

²Геалагічны інстытут РАН

Пыжэўскі зав., 7, 119017, Масква, Расія

E-mail: pokrov@ginras.ru

Выкладзены вынікі вывучэння размеркавання ізатопаў вугляроду і кіслароду ў даламітах, даламітавых мергелях і даламіцістых глінах эмска-эйфельскага разрэзу параметрычнай свідравіны Паўночна-Полацкая на паўднёвым усходзе Латвійскай седлавіны. Разрэз у асноўным характарызуецца калянулявымі значэннямі $\delta^{13}\text{C}$, тыповымі для седыментацыйных марскіх карбанатаў. У сярэдніх частках віцебскага і асвейскага і на мяжы адроўскага і асвейскага гарызонтаў маюцца адмоўныя экскурсы $\delta^{13}\text{C}$ з амплітудай да 4‰, якія маркіруюць гіпсаносныя інтэрвалы. Гэтыя экскурсы растлумачаны актывізацыяй паступлення кантынентальных вод, якія ўзбагачаны глебавым вугляродам, ва ўмовах моцнага абмялення басейна і, магчыма, яго расчлянэння на асобныя эвапарытавыя ванны. У кастюковіцкім гарызонце адзначана манатоннае зніжэнне $\delta^{13}\text{C}$ на 4‰ уверх па разрэзе ад самой падэшвы. Яно абумоўлена тым, што пры назапашванні ападкаў гэтай часткі разрэзу пачалася актывізацыя кантынентальнага сцёку, якая пасля прывяла да ўтварэння 5-метровай пачкі бескарбанатных глін. Выказана здагадка, што ізатопны склад кіслароду ранне-сярэднедевонскай марской вады ў вывучаемым раёне быў некалькі лягчэйшы ($\delta^{18}\text{O} \sim -5 \dots -4,5\%$), чым той, што паказаны на глабальнай хемастратыграфічнай крывой. Значэнні $\delta^{18}\text{O}$, больш высокія за $\sim -5 \dots -4,5\%$, праінтэрпрэтаваны як вынік выпарнага канцэнтравання вады, якое найбольш рэльефна адлюстравана лічбамі, адзначанымі ў гіпсаноснай частцы разрэзу (0,5‰ – у віцебскім гарызонце, 0,2‰ – у адроўскім і -0,8‰ – у асвейскім).

VARIATIONS OF THE CARBON AND OXYGEN ISOTOPIC COMPOSITION IN THE EMSIAN AND EIFELIAN DEPOSITS IN THE SOUTH-EAST OF THE LATVIAN SADDLE

A. Makhnach¹, B. Pokrovsky², O. Murashko¹, O. Petrov²

¹State Enterprise “Research and Production Centre of Geology”

Branch “Institute of Geology”

7, Kuprevicha str., 220141, Minsk, Belarus

E-mail: makhnach@geologiya.by

²The Geological Institute of the Russian Academy of Sciences

7, Pyzhevsky Lane, 119017, Moscow, Russia

E-mail: pokrov@ginras.ru

The results of investigation of carbon and oxygen isotopes distribution in dolomites, dolomite marls and dolomite clays of the Emsian-Eifelian section of the North-Polotskaya parametric borehole in the south-east of the Latvian Saddle are given. The section is mainly characterized by near-zero $\delta^{13}\text{C}$ values that are typical for sedimentary marine carbonates. There are negative excursions of $\delta^{13}\text{C}$ with an amplitude of up to 4‰, marking gypsum-bearing intervals in the middle parts of the Vitebsk and Osveya horizons and at the border of the Adrov and Osveya horizons. These excursions are explained by the activation of the continental waters inflow enriched with soil carbon, under conditions of a strong basin shallowing and, possibly, its division into separate evaporate ponds. A monotonous 4‰ decrease of $\delta^{13}\text{C}$ values upwards from the bottom is noted in the Kostjukovich horizon. It's due to the activation of a continental runoff during the sediment accumulation of this part of the section, which subsequently led to formation of a 5 meters thick member of carbonate-free clays. It has been suggested that the oxygen isotopic composition of the Early-Middle Devonian sea water in the studied area was slightly lighter ($\delta^{18}\text{O} \sim -5 \dots -4.5\%$) than that shown on the Global Chemostratigraphic curve. $\delta^{18}\text{O}$ values over than $\sim -5 \dots -4.5\%$, are interpreted as a result of evaporative water concentration, which is most clearly depicted by the numbers in the gypsum-bearing part of the section (0.5‰ – in the Vitebsk horizon, 0.2‰ – in the Adrov and -0.8‰ – in Osveya ones).

**МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ
ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОКРОВНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ
СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ
(в границах Витебской области)**

**М.П. Оношко¹, Н.В. Жуковская², Л.И. Смыкович², А.Н. Бурко¹,
М.А. Подружая¹, В.А. Крошинский¹**

¹Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
Филиал «Институт геологии»
ул. Купревича, 7, 220141, Минск, Беларусь
E-mail: onoshko_m44@mail.ru

²Белорусский государственный университет
пр. Независимости, 4, 220050, Минск, Беларусь

Дана геохимическая оценка современных покровных отложений северной части Беларуси. Оценены основные статистические параметры распределения макроэлементов Si, P, K, Ca, Mg, Fe, Al и микроэлементов Pb, Ni, Co, Cr, V, Mn, Ti, Zr, Cu, Ba, Nb, Zn, В. В масштабе 1:200 000 составлена геохимическая полиэлементная карта (геохимическая модель) территории Витебской области. Наиболее высокое содержание микроэлементов в юго-западной части изучаемой территории, где концентрации никеля, циркония, ниобия, бария, бора превышают кларк четвертичных отложений Беларуси от 1,6 до 3,2 раза. На основе анализа геохимических данных, в том числе коэффициентов концентрации и их дифференциации, определены ассоциации элементов, ранжированных по убыванию Kк. Выделены геохимические ассоциации для группы накапливающихся элементов с Kк ≥ 1,5 и группы рассеиваемых с Kк < 0,7. Карта является синтезирующей моделью данной территории, так как в ней содержится пространственно распределенная информация о накоплении – рассеивании химических элементов в покровных отложениях рассматриваемого региона.

ВВЕДЕНИЕ

Мелко- и среднемасштабное геохимическое картирование в настоящее время является актуальной задачей геологов во всем мире. Мелко- и среднемасштабные геохимические карты позволяют исследователю представить общую геохимическую картину региона. Они являются надежной основой для металлогенических построений и концепций. Такой картографический материал ориентирует съемщиков на предварительном этапе – при постановке работ, проектировании и других работах, то есть является основой геохимических съемок более крупных масштабов, точно так, как в обычной геологической съемке такой основой являются материалы дешифрирования аэрофотоматериалов и космических снимков. Только

на средне- и мелкомасштабных геохимических картах можно показать изменчивость кларков элементов в вертикальном и латеральном направлениях. Прикладное и теоретическое значения геохимических карт не ограничиваются возможностями анализа геологической истории региона с геохимических позиций, но позволяют также изучать особенности геохимической эволюции территории и использовать их для геологического построения и прогноза.

С помощью геохимических методов исследований решаются различные геологические задачи: корреляция и расчленение литолого-стратиграфических комплексов, реконструкция элементов литолого-фациальной и палеогеографической обстановок, оценка перспектив территории в отно-

шении поисков месторождений полезных ископаемых. Эффективны геохимические методы также для выявления участков техногенного загрязнения и охраны недр, для медико-геохимических оценок природной среды и многих других вопросов. Важнейшим инструментом при этом является геохимическое картирование.

Результатом геохимического картирования являются карты, отображающие закономерности пространственного распределения химических элементов в различных природных компонентах (горных породах, почвах, донных осадках и пр.) исследуемой территории, источники ее загрязнения. Геохимические карты позволяют оценивать природные (естественные) и техногенные аномалии и общие закономерности их взаимодействия, возможности возникновения экстремальных ситуаций, связанных с загрязнением окружающей среды. Без геохимической информации в настоящее время невозможно обеспечить, научно обоснованно планировать и проводить конкретные работы во многих областях хозяйственной деятельности.

В Беларуси геохимические исследования покровных отложений широко развернулись в 1950-х гг. под руководством академика К.И. Лукашева [1]. Были составлены первые образцы мелкомасштабных геохимических карт покровных отложений, на которых выделены специализированные провинции и другие геохимические (почвенно-геохимические, гидрохимические) карты. В 1970–1975 гг. В.Е. Бордоном была составлена мелкомасштабная (1:2 500 000) карта геохимического районирования ложа четвертичных отложений. В 1980 г. составлена мелкомасштабная «Геохимическая карта антропогенных отложений Беларуси» на основе ландшафтного районирования Беларуси с выделением ведущих геохимических ассоциаций элементов в типах ландшафтов. В 1987–1999 гг. составлена серия мелкомасштабных почвенно-геохимических карт территории Беларуси, отражающих последствия аварии в районе Чернобыльской АЭС. С.В. Бордоном и В.К. Лукашевым и другими исследователями построены геохимические карты территорий некоторых городов республики и другие карты. В 2001 г. под руководством А.В. Матвеева была подготовлена геохимическая карта антропогенных отложений Беларуси масштаба 1:500 000, на которой показана их геохимическая специализация, выделены геохимические ассоциации элементов, проведено геохимическое районирование территории.

Целью данной работы было дать геохимическую оценку и построить с использованием GIS-

технологий геохимическую карту покровных отложений северной части территории Беларуси масштаба 1: 200 000. В данной работе анализировались отложения с глубины 0,40–0,60 м.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исходными данными при выполнении работы явились результаты геохимического изучения покровных отложений северной части территории Беларуси (рис. 1). Обобщены результаты авторских исследований, а также привлечены опубликованные материалы других исследователей. Полученный фактический материал показал, что территория некоторых районов обеспечена густой сетью отбора проб покровных отложений, по другим – имеется только несколько точек отбора. При продолжении работ по данной территории в будущем возможно пополнение содержания геохимической карты. Так как карта построена с использованием GIS-технологий, это не вызовет больших сложностей, карта легко дополняется, она может уточняться, конкретизироваться, усложняться.

Северная часть страны, являющаяся объектом наших исследований, – это низины и равнины Белорусского Поозерья с окаймляющими их цепями краевых ледниковых образований. Изучаемая территория топографически соответствует полным листам разграфки 1:200 000 с номенклатурой N-35-V (Полоцк), N-35-VI (Городок), N-35-XI (Лепель), N-35-XII (Чашники), N-36-I (Сураж), N-36-VII (Витебск) и не полным листам – N-35-IV (Краслава), N-35-III (Даугавпилс), N-35-IX (Поставы), N-35-X (Глубокое), N-35-XVIII (Толочин), N-36-XIII (Орша).

В процессе сбора и обработки данных по северной части Беларуси была систематизирована и проанализирована информация о содержании микроэлементов (в 286 пробах покровных отложений) и макроэлементов (в 96 пробах). Образцы отбирались на глубине 0,40–0,60 м. Фактически почти все пробы отобраны в пределах территории Витебской области. Только на юго-западе исследованы территории северной части Островецкого района Гродненской области и Мядельского района Минской области.

Для оформления картографического материала использовалась административная единица – Витебская область. Территорию области брать удобно в связи с тем, что это позволяет реализовать разносторонний качественный и количественный анализ пространственных геологических данных,

выполнить их географическую визуализацию. Также это дает возможность оперативно обновлять информацию с учетом новейших литературных данных, сведений инженерно-геологических и других геологических изысканий, реализовать построение прогнозных картографических моделей, принимать взвешенные административные решения при планировании работ.

Территория исследований находится в области развития четвертичных отложений, в большинстве представленных ледниковыми, водно-ледниковыми, аллювиальными, озерно-ледниковыми и болотными отложениями (рис. 2). В строении четвертичной толщи на данной территории принимают участие четыре морены в составе трех ледниковых горизонтов: березинского, припятского с днепровским и сожским подгоризонтами и поозерского. Оцифрованная геологическая карта четвертичных отложений по Витебской области подготовлена авторами статьи при выполнении в 2016 г. проекта «Разработка экспертной системы реабилитации геологической среды, загрязненной нефтепродуктами, на основе принципов самоорганизации для территорий государств – участников СНГ» в рамках Межгосударственной программы инновационного сотрудничества государств – участников СНГ.

Авторами работы проведен сбор, систематизация и интерпретация собственных авторских геохимических материалов по данной территории страны, проводимых на протяжении почти 20 лет исследований (2000–2019). Это исследования в пределах северной части территории Беларуси по темам «Эволюция геохимической среды лито-педогенеза в голоцене и ее роль в формировании геоэкологических условий» Республиканской научно-технической программы «Геологические процессы и их роль в формировании полезных ископаемых и геологических основ на территории Беларуси», 1996–2000 гг., «Геохимия седиментогенеза речных бассейнов в голоцене Беларуси (экологический аспект) по ГПОФИ «Осадочные бассейны Беларуси: строение, развитие, минерагения, экогеология», 2001–2005 гг., «Создать практическое руководство по выявлению и изучению геохимических барьеров для целей эколого-геохимической оценки и картирования территорий по Программе ускорения геологоразведочных работ по развитию минерально-сырьевой базы Республики Беларусь на 2001–2005 гг., «Разработка и внедрение методики геохимического картирования Беларуси с составлением опытного образца геохимической карты масштаба 1:100 000»

по выполнению мероприятия 32 «Региональное изучение недр. Геофизические, геолого-съёмочные и геолого-поисковые работы» Программы освоения месторождений полезных ископаемых и развития минерально-сырьевой базы Республики Беларусь на 2011–2015 гг. и на период до 2020 г.; 2012–2013 гг., «Разработка и внедрение методики геохимического картирования Беларуси с составлением опытного образца геохимической карты масштаба 1:100 000» по выполнению мероприятия 32 «Региональное изучение недр. Геофизические, геолого-съёмочные и геолого-поисковые работы» Программы освоения месторождений полезных ископаемых и развития минерально-сырьевой базы Республики Беларусь на 2011–2015 годы и на период до 2020 года; 2012–2013 гг.

В процессе работы использовались также опубликованные научные данные [2; 5; 6; 8; 11; 12; 13; 16] и данные, имеющиеся в фондовой литературе в Государственном предприятии «НПЦ по геологии».

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования включали: полевые наблюдения и опробование покровных отложений, их лабораторные химические анализы, выполненные в Государственном предприятии «НПЦ по геологии». Валовое содержание макроэлементов выполнялось рентгено-флуоресцентным методом, а 36 микроэлементов (Pb, Ni, Co, Cr, V, Mn, Ti, Zr, Cu, Nb, Zn, B, Ga, Y, Yb, La, Mo, Sr, Sn, W, Hf, Ta, Ag, Ge, U, Th, Te, Bi, In, Sc, Ce, Cd, As, Sb, Hg, Li) – эмиссионным спектральным методом на приборе PGS-2 по методике [3]. С учетом того, что содержание ряда микроэлементов находится в очень низких количествах, в пределах ошибки прибора, варьирует в незначительных пределах или было определено в небольшом количестве образцов, для более детальной характеристики геохимических особенностей отложений были использованы данные количественного определения по 13 микроэлементам (Pb, Ni, Co, Cr, V, Mn, Ti, Zr, Cu, Ba, Nb, Zn, B).

Проведена аналитическая обработка геохимических данных проб отложений с глубины 0,40–0,60 м. Статистическая обработка результатов анализов проводилась в пакетах Microsoft Excel и Statsoft Statistica 6.0. Для статистической обработки материалов, получения кларков концентрации химических элементов по покровным отложениям используются региональные кларки [7; 14].

Представленные в работе карты построены в масштабе 1:200 000 в цифровом формате с использованием программ Arc View и Corel Draw.

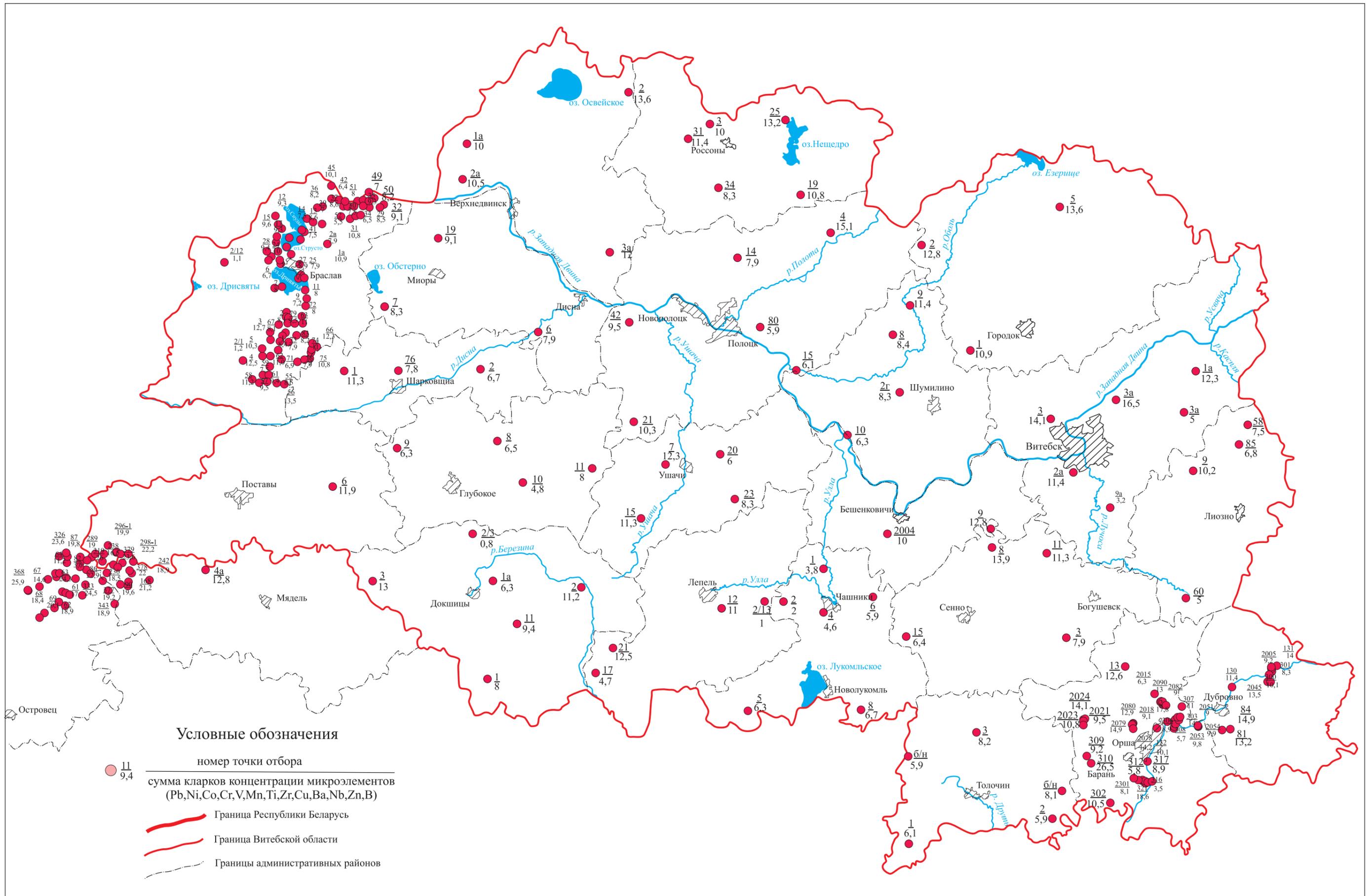
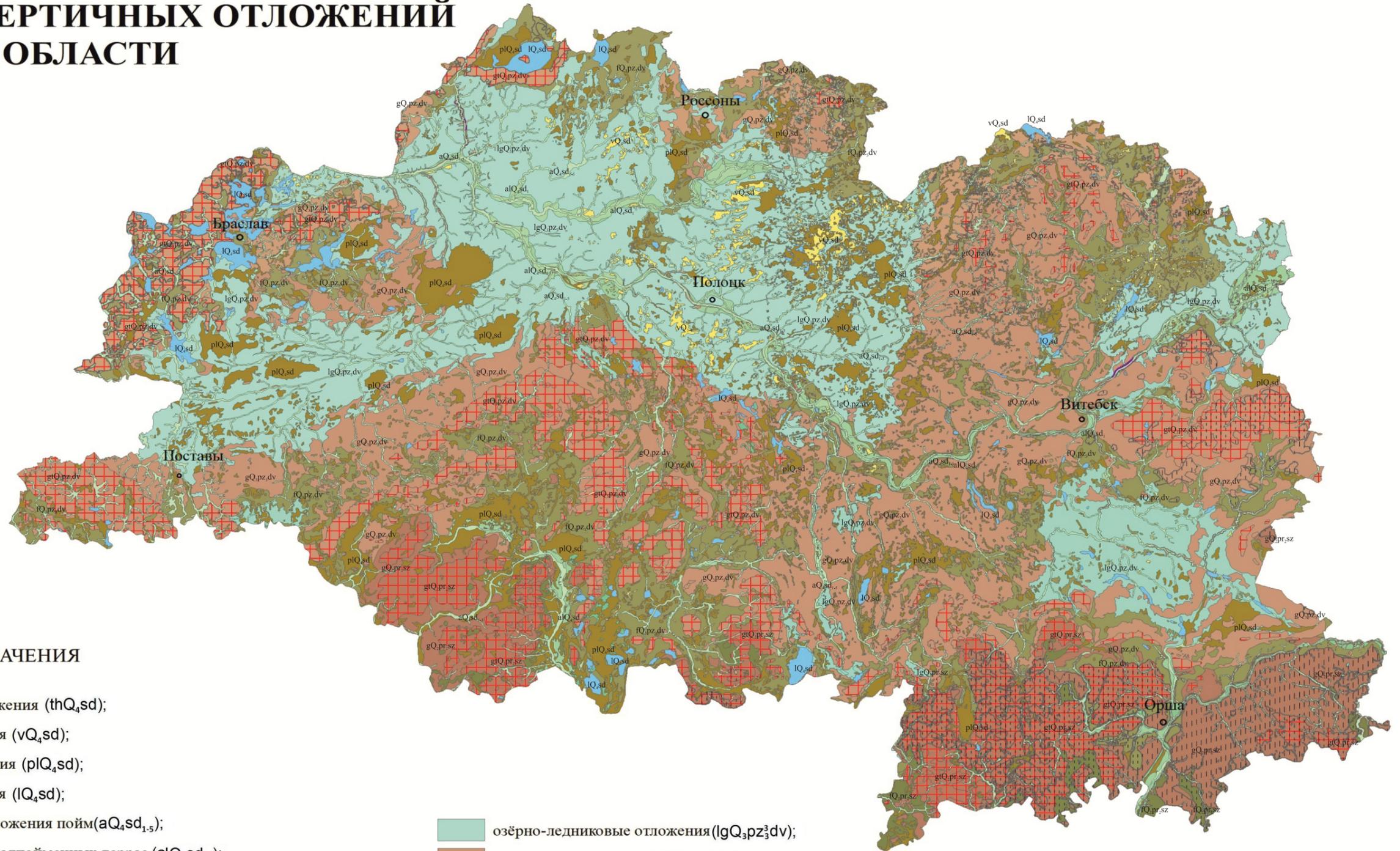
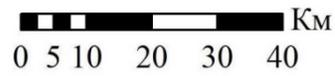


Рисунок 1 – Карта фактического материала

КАРТА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ



Масштаб



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- | | | |
|--|--|--|
| техногенные отложения (thQ ₄ sd); | озёрно-ледниковые отложения (lgQ ₃ pz ₃ dv); | озёрно-ледниковые отложения (lgQ ₂ pr ₂ sz); |
| эоловые отложения (vQ ₄ sd); | моренные отложения (gQ ₃ pz ₃ dv); | водно-ледниковые отложения (f,lgQ ₂ dn-sz); |
| болотные отложения (plQ ₄ sd); | конечно-моренные отложения (gtQ ₃ pz ₃ dv); | моренные отложения (gQ ₂ pr ₁ dn); |
| озерные отложения (IQ ₄ sd); | флювиогляциальные отложения (fQ ₃ pz ₃ dv); | флювиогляциальные отложения (fQ ₂ pr ₁ dn); |
| аллювиальные отложения пойм(aQ ₄ sd ₁₋₅); | озёрно-ледниковые отложения (lgQ ₃ pz ₃ dv); | озерные отложения (IQ ₂ alk); |
| аллювий первых надпойменных террас (alQ ₄ sd ₁); | озерно-болотные отложения (l,plQ ₃ mr); | флювиогляциальные отложения (fQ ₂ bz); |
| эоловые отложения (vQ ₃₋₄); | озерные отложения (IQ ₃ mr); | дочетвертичные породы |
| пролювиально-делювиальные отложения (p,dQ ₃ pz ₄ nch); | водно-ледниковые отложения (f,lgQ ₂₋₃ pr-pz); | лёссовидные супеси, суглинки (LQ ₃ pz) |
| аллювиальные отложения первых надпойменных террас (a ₁ Q ₃ pz ₄ nch); | моренные отложения (gQ ₂ pr ₂ sz); | |
| аллювиальные отложения вторых надпойменных террас (a ₂ Q ₃ pz ₄ nch); | конечно-моренные отложения (gtQ ₂ pr ₂ sz); | |
| озерные и аллювиальные отложения (l,a ₂ Q ₃ pz ₄ nch); | флювиогляциальные отложения (fQ ₂ pr ₂ sz); | |
| аллювиальные отложения надпойменных террас (aQ ₃ pz ₃ dv); | | |
| моренные отложения (gQ ₃ pz ₃ dv); | | |
| конечно-моренные отложения (gtQ ₃ pz ₃ dv); | | |
| флювиогляциальные отложения (fQ ₃ pz ₃ dv); | | |

Рисунок 2 – Геологическая карта четвертичных отложений Витебской области

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В геохимическом отношении исследуемая территория – это северная геохимическая провинция, занимающая территорию Белорусского Поозерья и прилегающие районы [1]. Провинция выделяется повышенным по отношению к кларкам элементов в покровных породах Беларуси содержанием глинозема, окислов железа, магния, некоторых микроэлементов и пониженным содержанием кремнезема.

За последние годы валовые концентрации ряда химических элементов в покровных отложениях как на фоновых участках [15], так и площадное содержание элементов по другим участкам, характеризующим территорию северной части республики, не всегда согласуются со значениями, установленными предшествующими исследованиями для территории Северной геохимической провинции в целом. В отложениях на фоновых участках Белорусского Поозерья в сравнении с данными [1] и с кларками четвертичных отложений Беларуси [7] значительно меньшие концентрации всех определенных микроэлементов (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Zr, Ba), и только содержание Cu находится в равных количествах с данными по [1]. В отличие от исследований 1960-х гг., Pb в настоящее время фиксируется во всех пробах. По сравнению с кларком для почв Беларуси [14], в поверхностном горизонте дерново-подзолистых почв Белорусского Поозерья на фоновых участках в 4 раза ниже концентрации хрома, ванадия – в 2, никеля, меди и марганца – в 1,7 раза.

На пунктах наблюдений фонового мониторинга земель на территории Витебской области, осуществляемого в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь, установлены следующие содержания микроэлементов (табл. 1). В сравнении с данными как [1], так и [15] по участкам фонового мониторинга земель содержание анализируемых элементов ниже в несколько раз: у Cu – в 1,8, в 2,3–2,8 – у Pb и Ni (соответственно), у Cr – в 3,9 раза.

Таблица 1 – Содержание микроэлементов в почвах Витебской области по данным фонового мониторинга земель (данные за 2016–2020 гг.), мг/кг, [9]

Показатель	Cd	Zn	Pb	Cu	Ni	Cr
Среднее	0,06	8,9	4,4	4,6	3,2	1,9
Минимум	0,01	8,6	2,5	2,8	1,1	1,0
Максимум	0,10	31,1	6,7	7,8	6,6	10,1

Статистическая обработка данных по Витебской области показала, что в сравнении с кларком четвертичных отложений Беларуси по породообразующим элементам в покровных отложениях области более низкое содержание Fe₂O₃, CaO, MgO и Al₂O₃ (в 1,8–1,5 раза) при небольшом повышении SiO₂ (1,07 раза) и нахождении K₂O в равных пределах (табл. 2). Коэффициент вариации среди макроэлементов (SiO₂, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, Fe₂O₃, Al₂O₃) от 19% – у SiO₂ до 93,6% – у CaO. Ассоциация накапливающихся элементов по отношению к кларку четвертичных отложений отсутствует, а группа рассеивающихся включает макроэлементы Ca, Fe, Mg и Al.

Таблица 2 – Статистические показатели макроэлементного состава покровных отложений на территории Витебской области, мас. %

Показатели	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	K ₂ O
<i>x</i>	77,86	2,38	1,63	0,84	0,25	7,33	2,12
<i>Me</i>	81,37	2,16	0,90	0,78	0,21	7,46	2,17
<i>+/-m</i>	1,51	0,12	0,16	0,04	0,02	0,24	0,06
<i>n</i>	96	96	96	95	96	96	96
<i>min</i>	7,60	0,71	0,32	0,08	0,04	1,61	0,39
<i>max</i>	91,84	6,31	6,65	2,70	1,26	14,94	3,51
<i>S</i>	14,82	1,20	1,52	0,42	0,18	2,38	0,55
<i>V, %</i>	19,03	50,58	93,58	49,74	72,25	32,44	26,09
Кк к четв. отл. Беларуси	1,07	0,55	0,63	0,60	–	0,67	0,96
Кк к почвам Беларуси	0,94	0,70	1,66	1,56	–	1,16	1,20
Кларк четвертичных отложений Беларуси [7]	72,5	4,3	2,6	1,4	–	10,9	2,2
Кларк почв Беларуси [14]	83,2	3,4	0,98	0,54	–	6,31	1,76

Примечание (здесь и далее): В таблице красным цветом выделена ассоциация накапливающихся элементов с Кк ≥ 1,5, синим – ассоциация рассеивающихся элементов с Кк < 0,7.

По отношению к почвам Беларуси [14] в покровных отложениях обследованной территории в 1,2–2,6 раза выше содержание Al₂O₃, K₂O, CaO и MgO. На уровне кларка почв содержание SiO₂, ниже – Fe₂O₃.

Сравнение содержаний микроэлементов в покровных отложениях на исследуемой территории (табл. 3) с кларками четвертичных пород Беларуси [7] показало, что концентрации Ni, Zr и Ba превышают кларк в 1,3–2,5 раза, в пределах кларка содержание Cr, Nb и В, ниже кларка – Zn, Co, V, Cu, Ti, Mn, Pb. Коэффициент вариации (V, %) коле-

Таблица 3 – Статистические показатели микроэлементного состава покровных отложений на территории Витебской области и ее административных районов, мг/кг на абс. сух. вещ-во

Показатели	Pb	Ni	Co	Cr	V	Mn	Ti	Zr	Cu	Ba	Nb	Zn	B
<i>по Витебской обл. в целом, n = 240</i>													
<i>x</i>	12,26	15,90	5,03	31,80	21,2	288	1628	347	12,9	266	5,52	10,6	18,1
<i>+/-m</i>	0,37	0,69	0,35	4,01	0,88	13,50	59,36	11,61	0,51	6,62	0,32	1,49	0,59
<i>Me</i>	11,0	12,0	4,8	14,0	17,0	239	1412	320	10,1	270	5,0	9,3	17,0
<i>n</i>	240	240	118	221	233	234	233	232	240	112	54	34	139
<i>min</i>	1,5	1,9	0,0	0,8	0,0	60,0	283	15,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>max</i>	50,0	48,8	18,7	399	73,4	1651	4895	969	58,0	410	12,0	30,8	40,8
<i>V, %</i>	47,1	67,4	76,2	192	63,6	75,2	55,7	50,9	61,8	26,3	42,3	74,7	38,1
<i>Кк к четв. отл. Беларуси</i>	0,82	1,34	0,65	0,93	0,73	0,78	0,75	1,91	0,80	2,48	0,89	0,32	0,98
<i>Кк к почвам Беларуси</i>	1,02	0,80	0,84	0,88	0,62	1,17	1,04	1,03	0,99	0,95	–	0,23	–
<i>К ПДК/ОДК</i>	0,38	0,80	0,25	0,32	0,14	0,19	–	–	0,39	–	–	0,21	–
<i>Кларк четв. отлож. [7]</i>	14,9	11,9	7,8	34,2	29,0	369	2170	182	16,2	107	6,2	36,6	18,5
<i>Кларк почв Беларуси [14]</i>	12,0	20,0	6,0	36,0	34,0	247	1562	336	13,0	280	–	50,0	–
<i>ПДК/ОДК [10]</i>	32,0	20,0	20,0	100,0	150,0	1500	–	–	33,00	200	–	55,0	–
Браславский район, n = 90													
<i>x</i>	10,46	9,02	–	7,80	11,12	193	1047	342	8,52	277	8,00	15,90	16,25
<i>+/-m</i>	0,29	0,21	0,00	0,51	1	13	60	19,31	0	3,67	0,00	9,55	0,54
Верхнедвинский район, n = 4													
<i>x</i>	17,55	18,98	8,13	42,50	29,25	418	2050	180	18,70	–	4,65	–	21,63
<i>+/-m</i>	1,20	1,87	0,96	2,75	2,29	43	87	8	1,29	–	0,47	–	3,01
Витебский район, n = 6													
<i>x</i>	15,22	21,32	13,53	21,93	33,64	263	2560	399	15,06			29,55	
<i>+/-m</i>	1,46	5,92	2,53	2,27	7,35	13	278	68	2,42			1,25	
Глубокский район, n = 4													
<i>x</i>	13,65	7,23		6,45	18,33	190	1583	184	5,93			11,60	
<i>+/-m</i>	4,49	1,78		1,89	1,67	31	44	2	1,84			1,96	
Городокский район, n = 4													
<i>x</i>	16,50	18,75	5,50	37,75	45,75	443	2098	313	19,00		7,88		34,00
<i>+/-m</i>	2,06	4,50	1,19	1,03	3,50	68	240	30	2,74		0,83		
Докшицкий район, n = 6													
<i>x</i>	10,75	14,00	8,40	16,48	30,20	249	1698	208	9,77		5,10	6,65	16,40
<i>+/-m</i>	2,94	2,79	1,47	4,41	4,37	15	126	16	2,58		0,84	1,65	1,57
Дубровенский район, n = 13													
<i>x</i>	17,44	25,64	4,40	28,98	27,58	527	2755	498	17,36	17,44	25,64	4,40	28,98
<i>+/-m</i>	3,07	4,33	1,01	3,44	2,36	108	224	43	2,69	3,07	4,33	1,01	3,44
Лепельский район, n = 4													
<i>x</i>	8,33	9,45	7,03	81,75	20,23	352	907	260	16,08		3,67	6,03	9,70
<i>+/-m</i>	1,85	3,99	1,12	66,33	8,90	118	278	10	8,09		1,45	2,13	
Лиозненский район, n = 4													
<i>x</i>	12,50	11,75	7,33	30,00	25,50	303	1353	140	10,50		2,00		18,33
<i>+/-m</i>	4,33	2,32	1,67	7,34	5,48	134	168	4	2,36		0,00		8,33
Миорский район, n = 3													
<i>x</i>	9,00	9,00		13,33	13,67	219	1117	220	10,33	223		7,33	19,33
<i>+/-m</i>	0,58	1,15		2,91	0,88	15	196	25	2,60	7		1,45	2,96
Оршанский район, n = 52													
<i>x</i>	13,76	26,77	3,31	27,07	27,29	400	2367	454	18,24				
<i>+/-m</i>	0,93	1,71	0,44	1,74	2,19	32	149	26	1,34				
Полоцкий район, n = 6													
<i>x</i>	13,50	16,42	8,10	28,50	27,33	224	1382	284	11,25		7,20		13,70
<i>+/-m</i>	1,57	3,71	2,30	3,37	6,22	61	115	37	3,11		1,35		4,40
Поставский район, n = 11													
<i>x</i>	16,92	16,77	4,85	276,02	22,34	313	1274	362	13,95	335	5,55	11,16	29,20

Окончание таблицы 3

Показатели	Pb	Ni	Co	Cr	V	Mn	Ti	Zr	Cu	Ba	Nb	Zn	B
+/-m	1,74	1,30	0,82	22,53	3,17	51	92	33	1,03	15	0,80	1,03	1,92
Россонский район, n = 5													
x	17,60	19,56	4,48	32,40	29,60	204	1530	221	15,60		4,74		23,80
+/-m	1,94	1,81	0,31	3,97	3,53	29	195	19	2,56		0,39		2,15
Сенненский район, n = 3													
x	11,90	17,80	7,00	39,40	36,60	393	2088	225	18,50		5,00		20,40
+/-m	2,41	2,85	2,00	8,20	7,78	113	192	14	3,14		0,89		1,83
Толочинский район, n = 5													
x	9,04	17,90			36,80	218	1782	231	13,80				
+/-m	2,01	1,62			3,35	2	79	19	1,46				
Ушачский район, n = 4													
x	8,25	20,25	5,15	32,00	29,00	330	1743	270	16,75		6,25		16,75
+/-m	1,18	3,04	1,29		5,52	97	137	37	4,21		0,85		2,02
Шарковщинский район, n = 4													
x	9,00	9,35	6,67	27,50	25,25	303	1648	317	21,50		6,17		22,67
+/-m	1,91	2,04	2,03	4,33	4,53	143	295	81	8,31		1,09		4,26
Шумилинский район, n = 3													
x	10,03	12,68		12,28	20,15	201	1461	273	11,05	257			
+/-m	2,06	2,46		2,94	4,46	17	244	31	2,66	30			
Чашникский район, n = 6													
x	5,48	7,95		10,00	14,25	176	1078	163	5,67	145			
+/-m	1,06	1,28		1,79	1,72	14,14	66,3	20,3	0,77	8,7			
x	10,46	9,02	-	7,80	11,12	193	1047	342	8,52	277	8,00	15,90	16,25

блется от 26,3% для Ba до 76,2% для Co. Значительные колебания содержания Cr сказались на увеличении его коэффициента вариации до 192,0%.

По никелю концентрации по районам области изменяются в пределах от 7,2 до 26,8 мг/кг при среднем содержании для территории 15,9 мг/кг, что в 1,34 раза выше кларка. Максимальное содержание отмечено в Витебском районе (27,2), минимальное – в Глубокском (1,9 мг/кг).

Содержание циркония в отложениях на территории области в 1,9 раза выше кларка четвертичных отложений Беларуси. При средней концентрации 383 мг/кг пределы данного элемента от 140 мг/кг – для отложений в Лиозненском и до 498 – в Дубровенском районах.

Значительное превышение кларка четвертичных отложений Беларуси отмечено в покровных отложениях области для бария (в 2,5 раза). Пределы колебаний содержания элемента – от значений ниже чувствительности метода определения до 410 мг/кг. Максимальное содержание бария отмечено в отложениях на территории Поставского района (x = 335 мг/кг при среднем для обла-

сти 273,9). В Поставском районе зафиксировано максимальное содержание элемента – 409,6 мг/кг (т. 293 у д. Домути).

В покровных отложениях области цирконий и барий с $Kk \geq 1,5$ относятся к ассоциации накапливающихся элементов.

Концентрации в пределах кларка четвертичных отложений отмечены для ниобия (среднее содержание по области 6,0 мг/кг, кларк – 6,2). Преобладают концентрации от 4,5 до 7,0 мг/кг. Максимальное содержание элемента (12 мг/кг) зафиксировано в Полоцком районе у д. Островщина. Содержание бора в покровных отложениях Витебской области совпадает с кларком для Беларуси – 18,5 мг/кг. Максимальное содержание элемента установлено в отложениях Лиозненского района (x = 35 мг/кг).

Ниже кларка четвертичных отложений содержание значительного ряда элементов – Pb, Co, V, Mn, Ti, Cu и Zn. Из них V и Zn находятся в группе рассеивающихся элементов ($Kk < 0,7$).

Геохимический индекс отложений по отношению к кларку четвертичных отложений Беларуси имеет следующее выражение:

$$Cr, K, B, Si(0,9 - 1,1) \frac{Ni(1,3), Zr(1,9), Ba(2,5)}{Zn(0,3), Fe, Ca, Mg(0,6), Co, Al, V(0,7), Mn, Cu, Ti, Pb(0,8), Nb(0,9)}$$

По отношению к почвам Беларуси [14], покровные отложения обследованной территории в 1,2–1,7 раза обогащены Al, K, Ca, Mg, Mn. На уровне кларка почв содержание Si, Ti, Pb, Cr, Cu, Zr, ниже – Fe, Co, Ni, V, Ba и Zn. Геохимический индекс исследованных минеральных отложений по отношению к кларку почв Беларуси имеет следующее выражение:

$$Cr, Cu, Si, Pb, Ti, Zr(0,9 - 1,1) \frac{Al, K, Mn(1,2), Mg, Ca(1,7)}{Zn(0,3), V(0,6), Ba, Fe(0,7), Co, Ni(0,8)}$$

Содержание химических элементов в покровных отложениях было положено в основу создания карты – геохимической модели состояния покровных отложений Северной геохимической провинции (рис. 3). Были рассчитаны и закартированы относительные геохимические показатели – кларки концентрации (как сумма кларков концентрации проанализированных элементов). Данная карта представляет собой обзорную синтезированную полиэлементную модель данной территории, ее пространственно-временной срез. Как и любая модель, она имеет определенную степень приближения к объективному состоянию системы.

Геохимическая полиэлементная карта построена с привлечением карты фактического материала, базы данных по геохимическому составу отложений и расчета кларков концентрации (Кк). Цифровой тематический слой отображает пространственное распределение значений сумм кларков концентраций элементов. Карта сопровождается цветовой шкалой градаций по сумме кларков концентраций микроэлементов.

На карту вынесены геохимические формулы, характеризующие каждый интервал значений сумм кларков концентрации микроэлементов. В формулы включались элементы, накапливающиеся в покровных отложениях региона по сравнению с четвертичными отложениями Беларуси и рассеивающиеся. Сравнительный анализ показал, что ассоциации элементов в каждом интервале значений имеют свои особенности. Так, в интервале 0–2,5 накапливающихся элементов нет. На территории, охарактеризованной интервалом 2,5–5,0 незначительно накапливаются только Zr, Ni и Pb. Самая широкая ассоциация накапливающихся элементов характерна для отложений с Кк от 12,5 до 17 и более. Между этими же элементами наблюдается и наименьшая контрастность величин Кк. Кроме того, для территорий, находящихся в разных частях области, но в одном интервале значений Кк, ассоциации элементов близки по составу. Так, для

участков в юго-западной и северо-восточной частях области в интервале 12,5–15,0 Кк геохимическая формула выглядит следующим образом:

$$\frac{Ni, Zr, Pb}{Cu}$$

Для территорий с самыми высокими величинами суммарных Кк (17 и выше) отмечается неравно-

мерное сильноконтрастное распределение между накапливающимися элементами, где 2–3 элемента имеют высокие Кк (от 4 до 9) и вносят основной вклад в высокий суммарный показатель. Этим обусловлен неширокий спектр элементов в таких ассоциациях.

В юго-западной части изучаемой территории (Поставский район) концентрации никеля, циркония, ниобия, бария, бора превышают кларк по Беларуси от 1,6 до 3,2 раза. Особенно значительное превышение на данной территории кларка для Cr – в 4,4 раза. По данным [4], для Cr и В с глубиной кларки концентрации возрастают – с 4,4 до 4,6 и с 1,9 до 2,5 соответственно. В пределах кларка находится содержание Pb, V, Mn. Ниже кларка концентрации Co, Ti, Zn, Be, Y, Yb. По макроэлементному составу выше кларка концентрации Na (в 1,3 раза), в пределах кларка содержание SiO₂, концентрации остальных макроэлементов ниже кларка (MgO и Fe₂O₄ – 0,74, Al₂O₃ – 0,58, CaO и K₂O – соответственно 0,32 и 0,25).

В восточной части изучаемой территории (Дубровенский и Оршанский районы) формирование речных осадков в верховье р. Днепр связано главным образом с размывом отложений зоны краевых образований оршанской стадии поозерского оледенения, лёссовидных пород, а также дочетвертичных отложений – девонских известняков в районе г. Орши. В отложениях отмечается понижение концентраций Ca, Mg, Pb. Содержание Si и Zr на всех участках в пределах или выше региональных кларков четвертичных пород.

В зоне распространения лёссовидных суглинков в отложениях определены выше кларковые концентрации Cu и Mn.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из выше изложенного, на основе анализа геохимических данных, в том числе коэффициентов концентрации и их дифференциации, определены ассоциации элементов, ранжированные

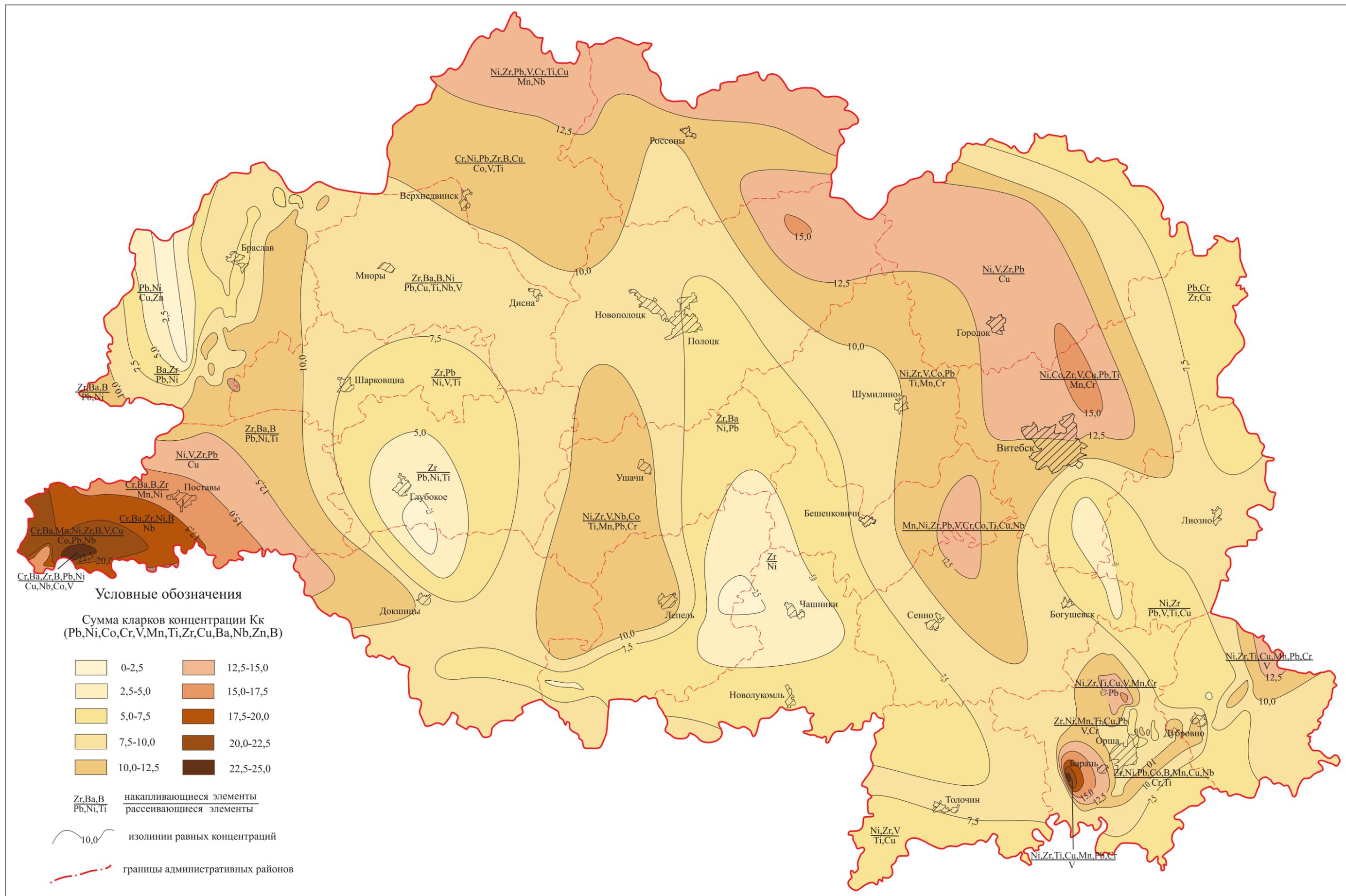


Рисунок 3 – Геохимическая полиэлементная карта покровных отложений Витебской области

по убыванию Кк. Выделены геохимические ассоциации для группы накапливающихся элементов с $K_k \geq 1,5$ по отношению к четвертичным отложениям Беларуси и группы рассеивающихся элементов с $K_k < 0,7$.

Ассоциация накапливающихся элементов по отношению к четвертичным отложениям Беларуси представлена Zr, Ba, а ассоциация рассеивающихся включает Zn, Co, Ca, Fe и Mg.

Группа накапливающихся элементов с $K_k \geq 1,5$ по отношению к почвам Беларуси представлена Mg и Ca, а ассоциация рассеивающихся – это элементы V и Zn.

Составленная геохимическая карта Витебской области показывает, что наиболее высокие содер-

жания микроэлементов имеют место в юго-западной части изучаемой территории, где концентрации никеля, циркония, ниобия, бария и бора в покровных отложениях превышают региональный кларк от 1,6 до 3,2 раза. Еще небольшой участок повышенных содержаний элементов отмечен в юго-восточной части области, в Оршанском районе. На остальной территории значения концентраций микроэлементов невысокие.

Данная карта может быть использована при решении задач, связанных с инженерно-экологическими изысканиями, мониторингом земель, а также с экологическими проблемами (в том числе при определении аномальности геохимического поля).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геохимические** провинции покровных отложений БССР / под ред. К. И. Лукашева. – Минск : Наука и техника, 1969. – 476 с.
2. **Геохимическое** изучение ландшафтов Березинского биосферного заповедника / под ред. К. И. Лукашева. – Минск : Наука и техника, 1985. – 144 с.
3. **Зырин, Н. Г.** Спектральный анализ почв, растений и других биологических материалов / Н. Г. Зырин, А. И. Обухов. – Москва : Изд-во Моск. ун-та. 1977. – 334 с.
4. **Комплексное** геохимическое картирование покровных четвертичных отложений северо-запада Беларуси (территория листа N-35-41 – Свирь) / М. П. Оношко [и др.] // Літасфера. – 2020. – № 2 (53). – С. 104–120.
5. **Ландшафтно-геохимические** особенности территории Национального парка «Нарочанский» / О. В. Лукашев [и др.] // Природопользование : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии ; редкол.: В. Ф. Логинов (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Тонпик, 2008. – Вып. 14. – С. 48–53.
6. **Лукашев, О. В.** Геохимическое изучение наземных природных комплексов Национального парка «Браславские озера» / О. В. Лукашев, И. И. Касьяненко, В. В. Савченко // Природопользование и охрана окружающей среды. – 2000. – С. 99.
7. **Матвеев, А. В.** Геохимия четвертичных отложений Беларуси / А. В. Матвеев, В. Е. Бордон. – Минск : Беларуская навука, 2013. – 191 с.
8. **Натаров, В. М.** Комплексный геохимический фоновый мониторинг в Березинском биосферном заповеднике / В. М. Натаров, О. В. Лукашев, В. В. Савченко. – Минск : Белорусский дом печати, 2013. – 214 с.
9. **Национальная** система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: nsmos.by/content/402.html.
10. **Об утверждении** гигиенических нормативов : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37 // Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности почвы». – С. 225–230.
11. **Петухова, Н. Н.** Геохимическая характеристика пойменных почв бассейна Западной Двины / Н. Н. Петухова, С. Н. Веремчук // Літасфера. – 2001. – № 2 (14). – С. 137–144.
12. **Петухова, Н. Н.** Геохимическое состояние почвенного покрова Беларуси / Н. Н. Петухова, В. А. Кузнецов // Природные ресурсы. – 1999. – № 4. – С. 40–49.
13. **Петухова, Н. Н.** Геохимия почв Белорусской ССР / Н. Н. Петухова. – Минск : Наука и техника, 1987. – 231 с.
14. **Петухова, Н. Н.** К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси / Н. Н. Петухова, В. А. Кузнецов // Докл. АН Беларуси. – 1992. – Т. 36, № 5. – С. 461–465.
15. **Фоновое** содержание химических элементов в почвах и растительности особо охраняемых природных территорий Белорусского Поозерья / О. В. Лукашев [и др.] // Природопользование. – 2009. – Вып. 16. – С. 57–63.
16. **Эколого-геохимические** исследования почвенного покрова Национального парка «Браславские озера» / О. В. Лукашев [и др.] // Природопользование. – 2004. – Вып. 10. – С. 91–94.

Статья поступила в редакцию 15.03.2022

Рецензент В.С. Хомич

**МАДЭЛЬ ПРАСТОРАВАЙ ДЫФЕРЭНЦЫЯЦЫІ ХІМІЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАЎ
У ПОКРЫЎНЫХ АДКЛАДАХ ПАЎНОЧНАЙ ЧАСТКІ ТЭРЫТОРЫІ БЕЛАРУСІ
(у межах Віцебскай вобласці)**

**М.П. Аношка¹, Н.В. Жукоўская², Л.І. Смыковіч², А.М. Бурко¹,
М.А. Падружыя¹, У.А. Крашыньскі¹**

¹Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
Філіял «Інстытут геалогіі»
вул. Купрэвіча, 7, 220141, Мінск, Беларусь
E-mail: onoshko_m44@mail.ru

²Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт
пр. Незалежнасці, 4, 220050, Мінск, Беларусь

Дадзена геахімічная ацэнка сучасных покрывных адкладаў паўночнай часткі Беларусі. Ацэнены асноўныя статыстычныя параметры размеркавання макроэлементаў Si, P, K, Ca, Mg, Fe, Al і мікраэлементаў Pb, Ni, Co, Cr, V, Mn, Ti, Zr, Cu, Ba, Nb, Zn, B. У маштабе 1:200 000 складзена геахімічная поліэлементная карта тэрыторыі Віцебскай вобласці. Найбольш высокае ўтрыманне мікраэлементаў у паўднёва-заходняй частцы вывучаемай тэрыторыі, дзе канцэнтрацыі Ni, Zr, Nb, Ba, B перавышаюць кларк чацвярцічных адкладаў Беларусі ў 1,6–3,2 раза. На аснове аналізу геахімічных даных, у тым ліку каэфіцыентаў канцэнтрацыі і іх дыферэнцыяцыі, вызначаны асацыяцыі элементаў, ранжыраваных па змяншэнні Кк. Вылучаны геахімічныя асацыяцыі для групы назапашваных элементаў з $K_k \geq 1,5$ і групы расейвальных з $K_k < 0,7$.

**MODEL OF SPATIAL DIFFERENTIATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN COVERING
SEDIMENTS OF THE NORTHERN PART OF BELARUS
(the Vitebsk region)**

**M. Onoshko¹, N. Zhukovskaya², L. Smykovich², A. Burko¹,
M. Podrzhaya¹, V. Kroshinsky¹**

¹State Enterprise “Research and Production Centre of Geology”
Branch “Institute of Geology”
7, Kuprevicha str., 220141, Minsk, Belarus
E-mail: onoshko_m44@mail.ru

²Belarusian State University, Minsk, Belarus
4, Nezavisimosti Avenue, 220050, Minsk, Belarus

Geochemical evaluation of recent covering sediments in the northern part of Belarus is given. The main statistical distribution parameters of macroelements Si, P, K, Ca, Mg, Fe, Al and microelements Pb, Ni, Co, Cr, V, Mn, Ti, Zr, Cu, Ba, Nb, Zn, B are estimated. A Geochemical Polyelement Map for the Vitebsk Region was plotted to a scale of 1 in 200 000. The highest concentrations of microelements have been noted in the southwestern part of the studied area, where nickel, zirconium, niobium, barium and boron exceed the clark for Belarus from 1.6 to 3.2 times. Based on the analysis of geochemical data, including concentration coefficients and their differentiation, associations of elements ranked in descending clark order are determined. Geochemical associations for the group of accumulating elements with clark ≥ 1.5 and for the deficiency group with clark < 0.7 were identified.

ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ В ПРЕДЕЛАХ КОПАТКЕВИЧСКОГО УЧАСТКА В ЦЕНТРАЛЬНОМ СТРУКТУРНОМ АРЕАЛЕ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Н.С. Петрова^{1,2}, Н.Ю. Денисова²

¹Белорусский государственный университет
пр. Независимости, 4, 220050, Минск, Беларусь

²Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
Филиал «Институт геологии»
ул. Купревича, 7, 220141, Минск, Беларусь
E-mail: nspetrova1945@gmail.com, denisova@geologia.by

Рассмотрены геологическое строение и калиенность отложений перспективного на калийные соли Копаткевичского участка. Приведены результаты анализа геолого-геофизических материалов, полученных в ходе геологоразведочных работ. Особое внимание уделено характеристике калийного горизонта VI-п, обладающего наибольшими перспективами промышленного освоения. Даны рекомендации по проведению дальнейших работ в пределах Копаткевичского участка. Отмечено, что руды распространенных здесь калийных горизонтов относятся к красноцветной гиперсоляной ассоциации, а запасы калийных солей в его пределах могут рассматриваться как резервная база для Петриковского месторождения.

ВВЕДЕНИЕ

Копаткевичский участок является одним из наиболее высокоперспективных объектов на калийные соли, расположенных в Центральном структурном ареале Припятского прогиба [1]. Впервые он был выделен при проведении геологоразведочных работ на Петриковском месторождении. В геологическом отношении его площадь охватывала выделяемые по поверхности верхней соленосной толщи Южно-Копаткевичский вал и большую часть Копаткевичской синклиналиной зоны.

В зависимости от целей и задач осуществляемых проектов геологоразведочных работ размер Копаткевичского перспективного участка менялся. Последние изменения произошли при проведении поисковых и поисково-оценочных работ, когда его территория была значительно расширена в северном и северо-западном направлениях за счет включения в состав Копаткевичского вала и Предчервонослободской (Калиновской) депрессии. Юго-западная и западная границы участка

контролируются Микашевичско-Житковичским суперрегиональным разломом мантийного заложения и связаны с постседиментационными процессами, северная проходит южнее Червонослободско-Малодушинского разлома по зоне внутриформационного замещения калийного горизонта VI-п, восточная – по линии, соединяющей Западно-Гороховскую, Копаткевичскую и Заречинскую локальные соляные структуры, южная – по южному крылу Южно-Копаткевичского соляного вала с плавным переходом на территорию Петриковского месторождения. Впоследствии было рекомендовано проведение предварительной разведки в пределах площади, непосредственно примыкающей с севера к Петриковскому месторождению.

Главный практический интерес в пределах Копаткевичского участка представляет калийный горизонт VI-п, руды которого относятся к красноцветной гиперсоляной ассоциации [4]. Промышленные запасы сильвинитов в этом горизонте определяют перспективы использования данно-

го участка и интерес к его изучению, в частности характера и структуры изменчивости строения, состава залежей и применимости флотационной схемы обогащения, используемой на действующих горно-обогатительных комбинатах Старобинского месторождения.

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В процессе подготовки статьи проанализирован геолого-геофизический материал в пределах Копаткевичского участка: изучены полевые и отчетные документы проведенных геологоразведочных работ, а также авторских научных исследований [2], описания разрезов и каротажные диаграммы по скважинам с уточнением в каждой из них разбивки на пакки (рассмотрено более 70 скважин); подготовлены литологические разрезы по калиеносной субформации и горизонту VI-п. Материалы по калиеносности территории систематизированы с учетом оценки микрофациальных особенностей калийных руд горизонта VI-п на основе составленных детальных разрезов.

Тектоническое строение Копаткевичского участка отличается значительной сложностью, что связано со спецификой развития внутриконтинентального рифта с характерными высокоамплитудными разломами, господством сбросо-сдвигово-раздвиговых деформаций, проявлениями процессов галокинеза и флюидодинамических явлений, сложной пликативно-блоковой структурой, интенсивным, резко дифференцированным во времени и пространстве прогибанием, темпами погружения блоков кристаллического фундамента и подсолевого ложа [3; 4]. Геодинамическая обстановка обусловила литолого-фациальные особенности осадочного выполнения калиеносной субформации, миграцию калийных залежей и специфику постседиментационных преобразований соляных пород. Под влиянием глубинных флюидных потоков, напряженного состояния горного массива, термальных и множества иных процессов, оказывающих суммарное воздействие на ход литогенеза [5], сформировалась флюидно-породная система.

Согласно новой схеме тектонической делимости [1], территория Копаткевичского участка располагается на северо-западе Центрального ареала структурных форм, в его осевой части. Структурный план поверхности верхней соленосной формации на Копаткевичском участке характеризуется развитием субширотно вытянутых осесимметричных соляных структур

(чередование валов и депрессий), отражающих пликативную структуру. Развита типичные блоково-пликативные структуры: антиклинали, брахиантиклинали, купола, группирующиеся в протяженные валы; синклинали, мульды, объединяемые в депрессии (синклиналильные зоны) и осложненные разрывными нарушениями. Выделяются Предчервонослободская синклиналильная зона (Калиновская депрессия), Бобровицкий вал, Копаткевичский вал, Копаткевичская депрессия, Южно-Копаткевичский вал, Северо-Конковичская депрессия [3].

Предчервонослободская синклиналильная зона имеет субширотное простирание и представляет собой асимметричную складку с пологим южным и крутым северным крыльями. Северное крыло осложнено Червонослободско-Малодушинским разломом, который практически отделяет депрессию от Червонослободского вала. Южнее скв. 245 и 515 проходит глубинный Микашевичско-Житковичский суперрегиональный разлом мантийного заложения северо-восточного простирания [3; 4]. Депрессия ограничивается на севере Червонослободским валом, на юге – Микашевичско-Житковичским выступом кристаллического фундамента, на востоке и юго-востоке – валами Бобровицким (в его пределах выделяются Заречинская диапироидная брахиантиклиналь и Комаровичское диапироидное поднятие) и Копаткевичским (объединяет три поднятия – Южно-Кузьмичевскую брахиантиклиналь, Залесскую диапироидную брахиантиклиналь, Копаткевичский криптодиапировый купол). Вдоль южной границы участка выделяется северное крыло Северо-Конковичской депрессии.

Геологическое строение. Отложения средневерхнефаменской соленосной формации представлены чередующимися пачками каменной соли и несоляных пород. Глубина залегания кровли на Копаткевичском участке изменяется от 321 м (скв. Копаткевичская 1-р) до 819 м (скв. 521). Наиболее глубокое залегание отмечается в депрессионных зонах с общей тенденцией постепенного погружения с запада на восток. Мощность формации колеблется от 318 м на западе до 2224 м на севере и северо-востоке участка.

В разрезе выделяются две субформации: нижняя галитовая и верхняя калиеносная. Отложения галитовой субформации вскрыты на глубинах от 321 м (скв. Копаткевичская 1-р) до 1921 м (скв. Калиновская 3-р). На большей части Копаткевичского участка мощность галитовой субформации колеблется от 500 до 800 м. Соленасыщенность разреза составляет 80–96% [4]. Мощность калиеносной

субформации на Копаткевичском участке изменяется от 70 м (скв. Южно-Залесская 1-р) до 1134 м (скв. Калиновская 3-р), составляя в среднем 600–800 м. Минимальные ее значения (70–300 м) наблюдаются на положительных локальных структурах и в краевых западных частях Припятского прогиба, максимальные – в осевых частях депрессий. Характерна общая тенденция роста мощностей с юга и юго-запада на север и северо-восток за счет изменения полноты разреза и мощности соляных пачек. Чаще всего разрез калиеносной субформации в пределах Копаткевичского участка представлен в объеме I–V ритмопачек, дополняясь в осевых частях синклинальных зон отложениями VI и VII ритмопачек (рис. 1). Для него характерна более высокая соленасыщенность по сравнению с Северным ареалом структурных форм прогиба (65–75%).

Надсолевые отложения верхнего девона относятся к стрешинскому горизонту и полесскому надгоризонту, развиты на участке повсеместно, залегая без перерыва на породах калиеносной субформации. По литологическим признакам разрез надсолевой толщи расчленен на ряд подтолщ (снизу вверх): гематитовую (сульфатно-глинистую), гипсово-глинисто-мергелистую, глинисто-мерге-

листую (массивных пород), сланценосную [3; 4]. Гематитовая подтолща представлена ангидритокarbonатно-глинистым типом пород. В разрезе гипсово-глинисто-мергелистой подтолщи появляются известняки пелитоморфные, микро-мелкозернистые, проросшие гипсом, органогенные, органогенно-обломочные, иногда с водорослевой структурой. В глинисто-мергелистой (массивных пород) подтолще развиты доломитисто-известковистые разности глин и мергелей, нередко алевритистых, а также известковистые алевролиты. Отмечаются оолитовые и биоморфно-водорослевые известняки. К средней части разреза сланценосной подтолщи приурочены пласты горючих сланцев и сапропелевых мергелей. Среди них выделяется до 1–3 пластов горючих сланцев мощностью 0,35–1,2 м. Структурный план по поверхности надсолевого девона унаследовал структурные формы по кровле соленосных отложений. Различие заключается лишь в том, что структуры оказываются более пологими и сглаженными.

Роль конседиментационных движений отражена в формировании палеорельефа дна бассейна соленакпления и, как следствие, в особенностях распространения калийных горизонтов: на кон-

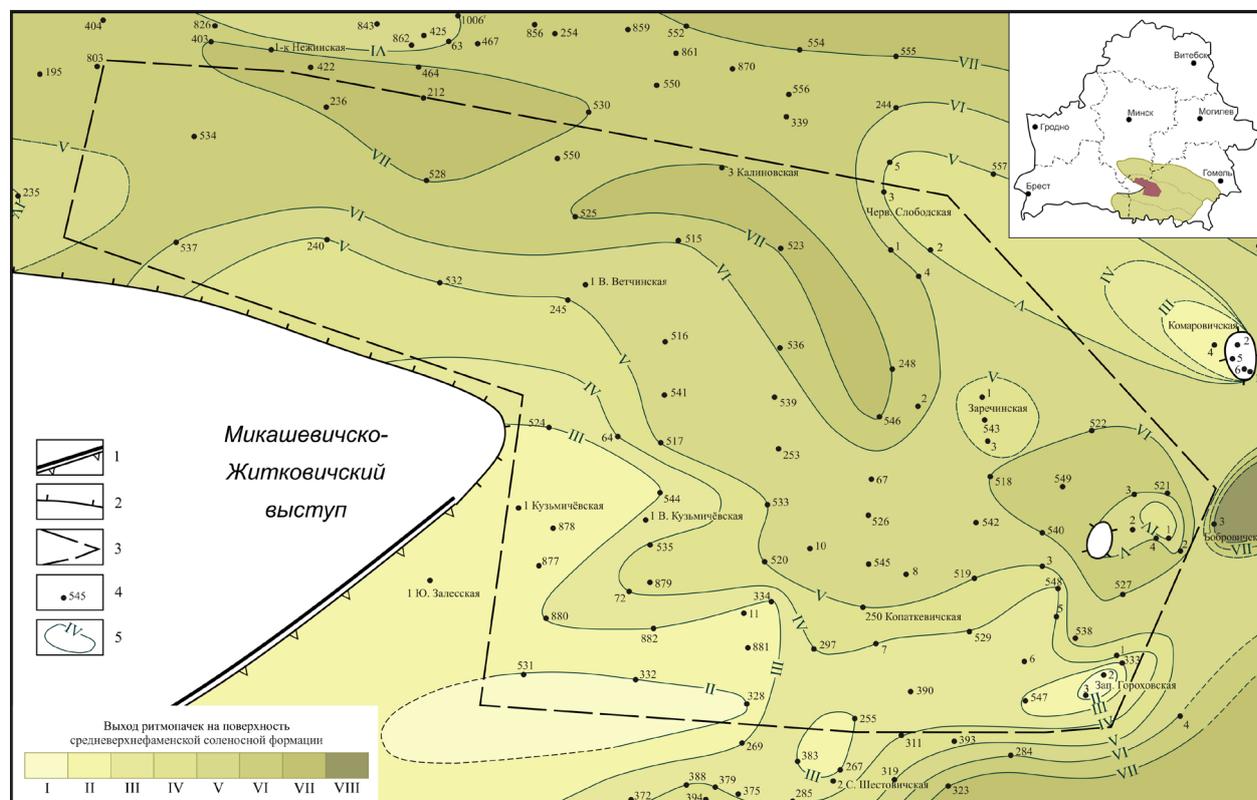


Рисунок 1 – Схематическая карта выхода ритмопачек на поверхность средневерхнефаменской соленосной формации (1 – суперрегиональный разлом, 2 – область развития калиеносной субформации, 3 – граница Копаткевичского участка, 4 – геологоразведочные скважины, 5 – граница выхода ритмопачек)

седиментационно формировавшихся поднятиях установлены признаки мелководности и локальные перерывы в осадконакоплении, обусловившие наличие в разрезе седиментационных брекчий и конгломератов [1; 5].

Калиеносность отложений. В сводном разрезе калиеносной субформации калийные горизонты и калиепроявления распространены неравномерно (рис. 2). Высокоперспективные и перспективные горизонты изучены при проведении геологоразведочных работ, ряд малоперспективных и прочих горизонтов вскрыты лишь по каротажу в роторных скважинах и керном не охарактеризованы.

Если генерализировано рассматривать влияние тектонического фактора на калиенакопление, то можно отметить, что интенсивное прогибание определяло в первую очередь смещение территории калиенакопления от поднятий (валов) в сторону синклиналей (депрессий) [1; 5]. Размещение же залежей в пределах последних, так же, как и калиеносность различных синклинальных зон и частей разреза, определялись в основном иными причинами, в частности, палеогеографической обстановкой калиенакопления. Об этом говорит тот факт, что практически ни для одного из калийных горизонтов не наблюдается положительного соответствия его мощности и мощности вмещающей соляной пачки на всей площади участка. Калийные горизонты распространены в депрессиях, на крыльях валов и поднятий, на погруженных участках валов (седловинах). Отсутствуют они на наиболее приподнятых участках – в сводовых частях локальных структур, где подземной эрозией уничтожена верхняя часть соленосной толщи. В связи с этим наибольшее количество калийных горизонтов встречено в осевых частях Предчервонослободской синклинальной зоны и Копаткевичской депрессии, где отмечен наиболее полный разрез соленосной формации.

На Копаткевичском участке встречается до 14 калийных горизонтов. Самый нижний калийный горизонт VIII-п залегает в основании субформации и входит в состав I ритмопачки (1-й калийный этаж). В пределах 2-го калиеносного этажа наблюдается до 11 калийных горизонтов. Наибольшее развитие имеют горизонты II-п, IV-п, VI-п, из которых особенно перспективен горизонт VI-п. В разрезах северной и северо-западной частей участка выделяется горизонт 0-6п, входящий в состав 3-го калиеносного этажа.

Высокоперспективный калийный горизонт VI-п вскрыт в пределах Копаткевичского участка большинством скважин. Его структурная поверхность

отражает внутреннее строение калиеносной субформации (рис. 3). Подошва горизонта залегает на глубинах с абсолютными отметками от -484 м (скв. 64) до -1224 м (скв. Калиновская 3-р). В сводах Заречинского, Копаткевичского, Южно-Копаткевичского и Западно-Гороховского диапиридных поднятий горизонт VI-п отсутствует. По подошве горизонта разрывные нарушения, выделяемые в кровле галитовой подтолщи, в большинстве случаев не прослеживаются. На этом уровне им соответствуют флексурные перегибы и резкие изменения направлений простирания. Углы падения подошвы калийного горизонта VI-п, замеренные графически, меняются в пределах 3–8° и в основном совпадают с углами слоистости, замеренными в керне. Для некоторых скважин (скв. 539, 540) имеется разница более 5°. Несмотря на то, что на востоке распространение горизонта не имеет внешнего контура, прослежено его развитие в отдельных скважинах на крыльях локальных поднятий. В восточной части территории глубина залегания калийной залежи резко возрастает.

В качестве негативного обстоятельства следует указать на изменчивость характера строения и мощности горизонта VI-п в связи с отсутствием изохронности верхней и нижней поверхностей. Эти границы проводятся по появлению калийных солей, поэтому мощность горизонта изменяется от нескольких десятков сантиметров (разрез представлен одним калийным слоем или его частью) до 12,2 м. Максимальные мощности наблюдаются в Копаткевичской синклинали и на севере Предчервонослободской синклинальной зоны вблизи Червонослободского разлома. К югу области распространения мощности горизонта сокращаются (район Петриковского месторождения).

Горизонт VI-п характеризуется достаточно изменчивым строением. Первоначально его изучение проводилось на участке севернее Петриковского месторождения, где в разрезе было выделено четыре сильвинитовых слоя. При расширении фронта поисково-оценочных работ на Копаткевичском объекте оказалось, что в нижней части разреза горизонта появляются новые сильвинитовые слои. В результате в окончательной схеме строения горизонта VI-п два нижних дополнительных слоя на Копаткевичском участке индексируются как сильвинитовые слои 1 и 2 (снизу вверх), а ранее выделенные на Петриковском месторождении слои 1 и 2, 3 и 4, характеризующиеся сближенностью пар, объединены в два слоя – 3 и 4 с подслоями. Следует отметить, что в свод-

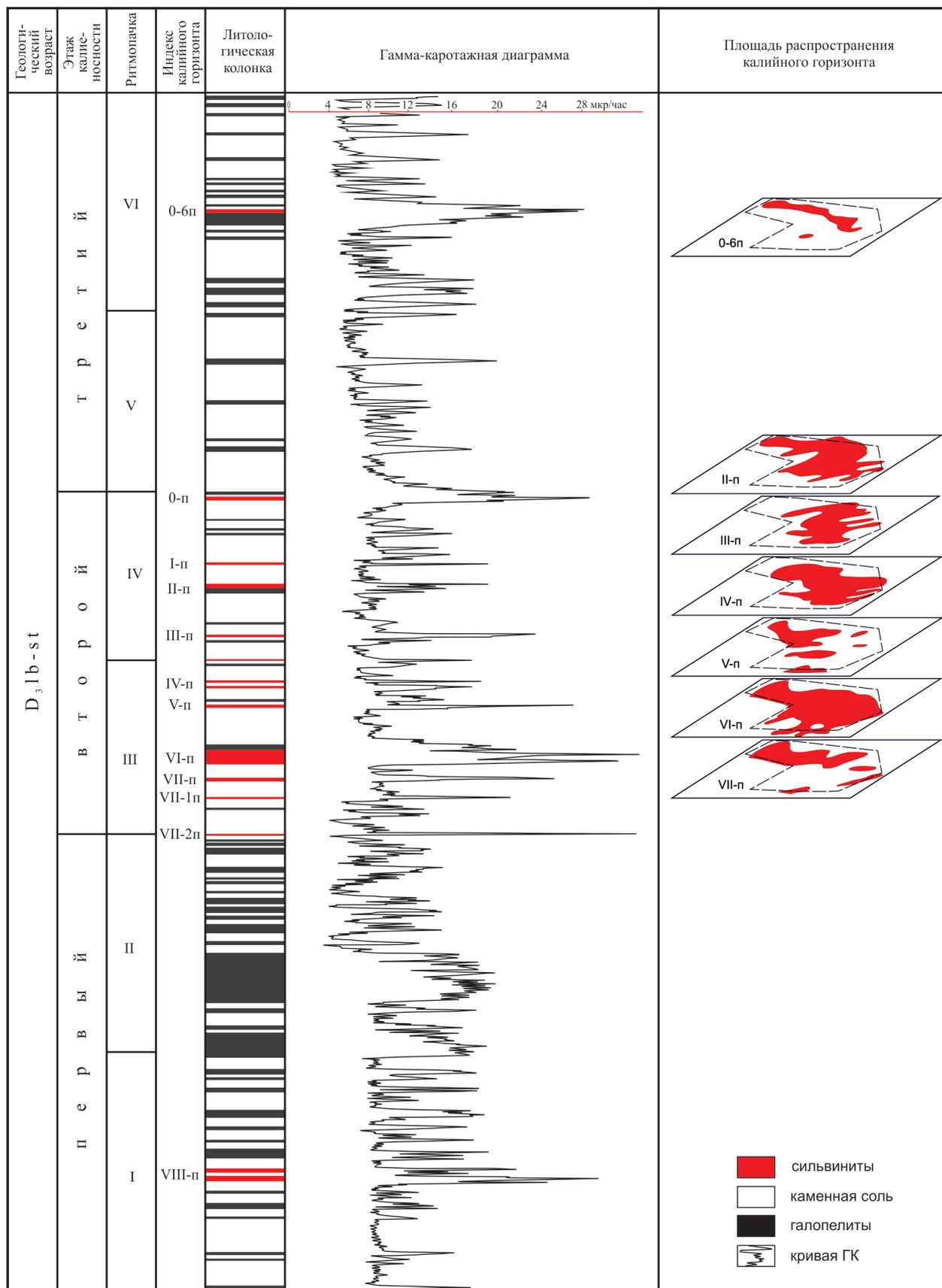


Рисунок 2 – Сводная литолого-стратиграфическая колонка калиеносной субформации с отображением площади распространения калийных горизонтов в пределах Копаткевичского участка

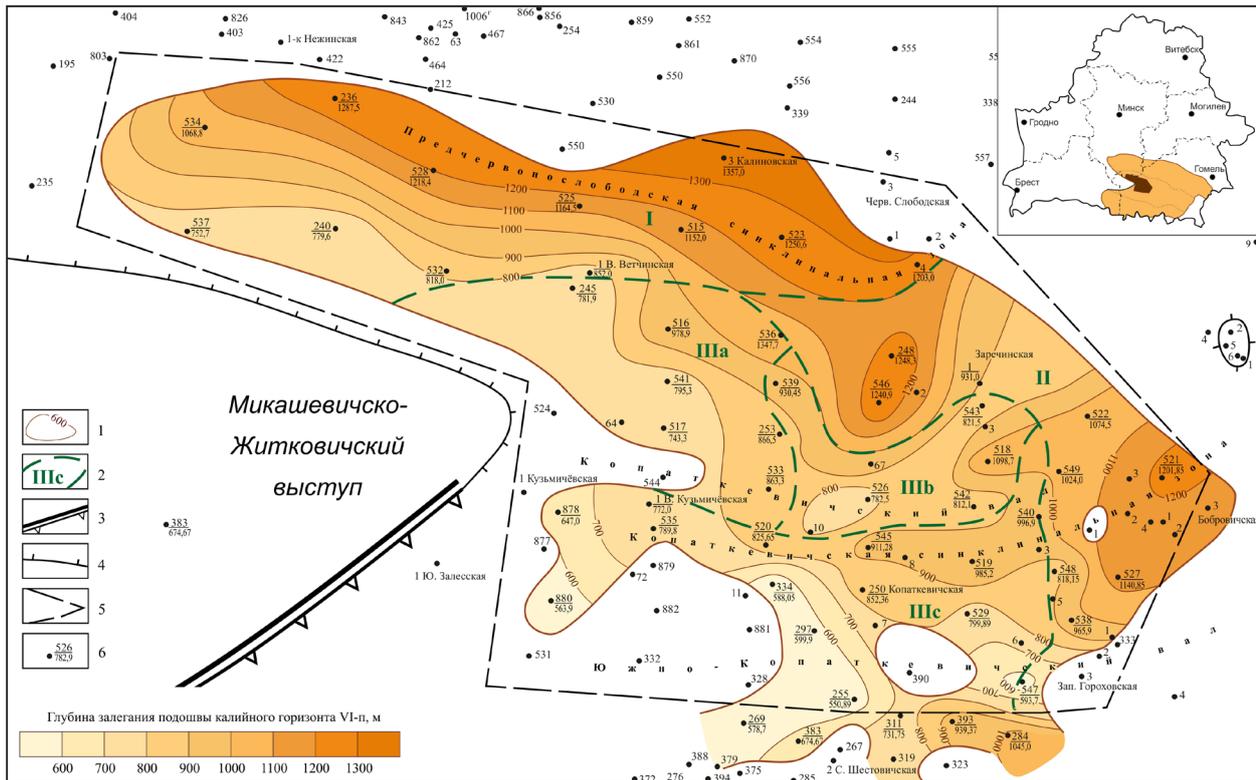


Рисунок 3 – Схематическая структурная карта Копаткевичского участка по подошве калийного горизонта VI-п (1 – изогипсы подошвы калийного горизонта, 2 – граница распространения типов разреза калийного горизонта VI-п, 3 – суперрегиональный разлом, 4 – область развития калиеносной субформации, 5 – граница Копаткевичского участка, 6 – геологоразведочные скважины)

ном разрезе горизонта на Копаткевичском участке выделяется до пяти сильвинитовых слоев, однако одновременно присутствует не более четырех. В районе Петриковского месторождения характерно развитие только верхних сильвинитовых слоев 3 и 4 (см. рис. 3).

В районе Копаткевичской синклинали, где горизонт VI-п имеет промышленное значение, в разрезе выделяются слои 1, 2, 3, реже слой 4 (рис. 4). На северо-востоке (Заречинская и Червонослободская площади, скв. 248, 521, 522, 523 и др.) разрез представлен, главным образом, нижними слоями, а верхние замещены галопелитами. В западной части площади распространения развиты только слои 1 и 3. Каменная соль светло-серая или белая обладает преимущественно среднезернистой структурой (таблица). На контактах с прослоями бледноокрашенного и белого сильвинита нередко развиваются полосы крупнокристаллической «шпатовой» каменной соли с зернами синего галита (фото). Интенсивное развитие полос синего галита характерно для чистых разрезов, расположенных на юге (скв. 535, 520, 519, 548) и в крайней северо-западной части залежи (скв. 534, 537). Вблизи южной границы наблюдается обыч-

Таблица – Распределение разностей сильвинитов по продуктивным слоям горизонта VI-п на Копаткевичском участке Припятского прогиба

Скв.	Слой	Соотношение разностей по окраске			Соотношение разностей по структуре			
		темно-окрашенные	светло-окрашенные	белые	микро-, мелко-зернистые	смешанные	мелко-, средне-зернистые	средне-, крупно-зернистые
520	4	–	–	100	29,9	18,7	51,4	–
535	3	50	41,9	8,1	12,9	31,5	34,7	20,9
535	1	65,7	28,4	5,9	22,5	31,4	28,4	17,7
541	4	100	–	–	23,9	39,3	17,1	19,7
541	3	76,7	16,6	6,7	58,3	35,0	6,7	–
541	2	67,7	32,3	–	32,3	35,5	32,2	–
541	1	65,8	34,2	–	32,5	29,9	37,6	–
545	4	94,5	5,4	–	46,4	21,4	12,5	19,6
545	3	57,4	24,5	18,1	31,0	5,2	47,7	16,1
545	2	75,0	25,0	–	65,0	35,0	–	–
545	1	65,1	22,0	12,9	20,2	33,0	36,7	10,1

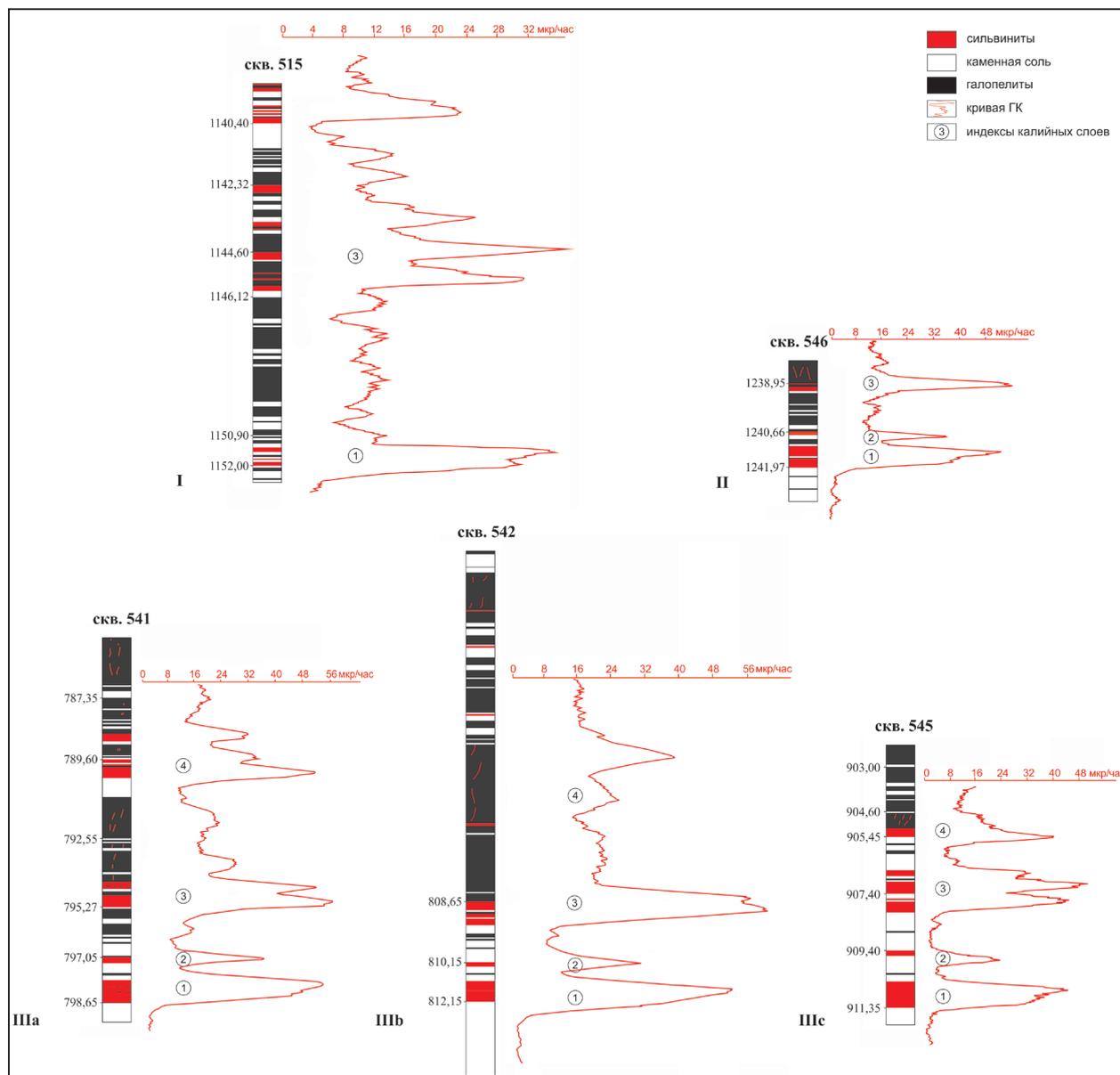


Рисунок 4 – Типы строения калийного горизонта VI-п в пределах Копаткевичского участка

но сокращение мощности слоя за счет замещения сильвинитов каменной солью в его нижней части и неполного развития верхней. На локальных поднятиях мощность горизонта сокращается в основном за счет неполного развития верхней части.

Сильвинитовый *слой 1* распространен к северу от Южно-Копаткевичского вала (скв. 334, Копаткевичская 7р, 529, 294). Мощность его колеблется от 0,40 до 0,95 м, причем наибольшие значения (0,80–0,95 м) отмечаются в осевых частях Предчервонослободской и на западе Копаткевичской синклиналильных зон. На локальных поднятиях и вблизи южной границы выклинивания мощность слоя уменьшается до 0,40–0,57 м.

Строение разреза слоя хорошо выдерживается по латерали за исключением самой южной части

Копаткевичского участка, где значительно сокращается мощность и происходит выклинивание сильвинитовых прослоев. В большинстве разрезов мощность галопелитовых прослоев не превышает 1,0–1,5 см. В Предчервонослободской синклиналильной зоне мощность прослоев галопелитов увеличивается до 4 и даже 20 см в краевых разрезах на севере участка.

Сильвинитовые прослои окрашены в красный цвет различных оттенков (от оранжевого до вишнево-красного), реже встречаются молочно-белые разности. С нижней и верхней чистыми частями связаны наиболее мощные (8–12 см) и светлоокрашенные прослои сильвинита. В средней части слоя, где сосредоточена основная масса галопелитового материала, преобладают более темноокрашенные –

оранжево-красные, темно-красные – разности сильвинитов с мелко-микрозернистой и смешанной (средне-микро-мелкозернистой) структурами, светлоокрашенные – мелкозернистой или мелко-среднезернистой, а прослои и полосы молочно-белого сильвинита обнаруживают как мелкозернистую, так нередко и средне-крупнозернистую структуру (рис. 5). Оценка структурных разностей сильвинитов в ряде скважин показала, что в слое преобладают мелко-среднезернистые и смешанные структуры (28,4–37,6% и 29,9–33,0% соответственно). Микро-мелкозернистые структуры составляют 20,2–32,5%, средне-крупнозернистые – 10,1–17,7% (см. табл.).

Слой 1 характеризуется высоким содержанием KCl – от 23,30 до 50,25% (как правило, более 40%); достаточно высокое и ровное содержание отмечено в восточной части Копаткевичской синклинали зоны, в пределах Копаткевичского вала и на южном склоне Предчервонослободской синклинали зоны. Количество MgCl₂ колеблется от 0,04 до 1,60%, обычно составляя 0,04–0,12%. Увеличение содержания происходит в южном направлении вблизи седиментационной границы выклинивания слоя. Повышенное содержание MgCl₂ (0,39–1,60%) отмечается на западе Копаткевичской синклинали зоны.

Наиболее высокие значения содержания CaCl₂ (0,81–1,04) отмечаются в осевой части Предчервонослободской синклинали вблизи Червонослободского разлома и связаны с ростом нерастворимого в воде остатка (более 25%). Содержание его варьирует в значительных пределах – от 1,54 до 25,79%, в целом возрастая с юга на север [2]. Содержание CaSO₄ колеблется от 0,86 до 4,75% и зависит от количества нерастворимого в воде остатка.

Слой 2 располагается в разрезе на 0,41–1,00 м выше слоя 1. Мощность слоя меняется от 0,10 до 0,26 м, незначительно уменьшаясь с юга на север и с запада на восток. Наиболее чистый разрез отмечается в юго-западной части Копаткевичской синклинали зоны. Сильвиниты здесь имеют оранжево-красную, темно-красную окраску, мелко-микрозернистую структуру и нередко обнаруживают примесь карналлита. Подсчет основных структурных разностей по разрезу слоя в ряде скважин показал, что в центральной части участка в равной степени представлены сильвиниты смешанной, микро-мелкозернистой и средне-крупнозернистой структуры (35,5, 32,3 и 32,2% соответственно). На юге значимо преобладают сильвиниты микро-мелкозернистой структуры (65%) (см. табл.).

В сильвинитовых прослоях появляется полосчатость, обусловленная изменением окраски от темно-красной и оранжево-красной вверху до светло-оранжевой, бледно-розовой и молочно-белой внизу. В нижней части прослоев развиваются полосы галита бесцветного или голубой окраски, средне- и крупнозернистого, а вверху – оранжево-желтого микрозернистого (см. рис. 5).

Содержание KCl в слое меняется от 27,9 до 55,09%, максимальные значения (более 47%) отмечаются на северо-западе. Количество MgCl₂ колеблется от 0,03 до 0,47% и лишь на юге вблизи границы выклинивания составляет 3,83%. Содержание CaCl₂ не превышает 0,42%. Количество нерастворимого в воде остатка в основном низкое (0,32–3,03%) и лишь изредка 5,0–7,5%.

Слой 3 горизонта VI-п в пределах Копаткевичского участка развит шире нижележащих, занимая окраины Петриковского месторождения. Слой приурочен к части разреза горизонта, обогащенной галопелитами. Его мощность определяется полнотой строения разреза и изменяется от 0,25 до 1,75 м. Наиболее полный разрез слоя отмечается в осевых частях Копаткевичской и Предчервонослободской синклинали зон, а также вдоль западной границы Копаткевичского участка. В наиболее полном разрезе слоя выделяется до трех подслоев, отделенных друг от друга интервалами каменной соли, а на севере площади – галопелитами. Глинистость слоя возрастает в северном и восточном направлениях. Увеличение мощности на севере происходит за счет многочисленных мощных прослоев несоляных пород. При выпадении из разреза верхнего подслоя мощность слоя сокращается до 0,63–0,95 м.

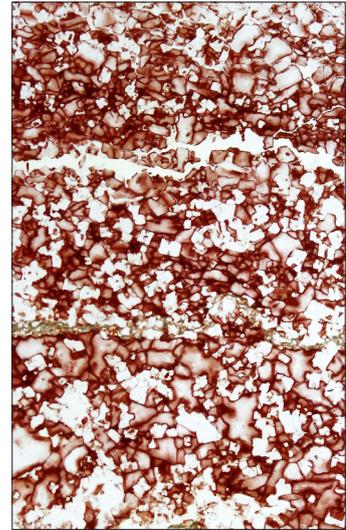
Сильвиниты слоя в основном имеют красную окраску различных оттенков – от оранжевой до вишнево-красной (см. рис. 5). Молочно-белые разности развиты преимущественно в нижних частях подслоев. Снизу по разрезу подслоев и с юга на север увеличивается темноцветность окраски – появляются темно-красные и сургучно-красные разности. К югу сильвиниты светлеют, появляется синий галит. Оранжево-красные, темно-красные разности имеют преимущественно мелко-микрозернистую и смешанную (средне-микро-мелкозернистую) структуры, оранжевые, бледно-оранжевые – мелкозернистую и мелко-среднезернистую, молочно-белые – от мелкозернистой до средне-крупнозернистой. Оценка основных структурных разностей сильвинитов по разрезу слоя в ряде скважин показала, что содержание микро-мелкозернистых структур сильвинитов изменяется в пре-



Скв. 545, к. г. VI-п, слой 1



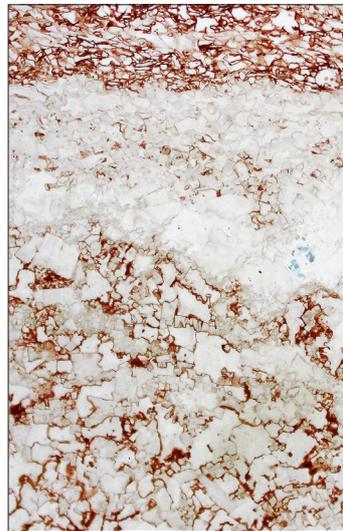
Скв. 541, к. г. VI-п, слой 1



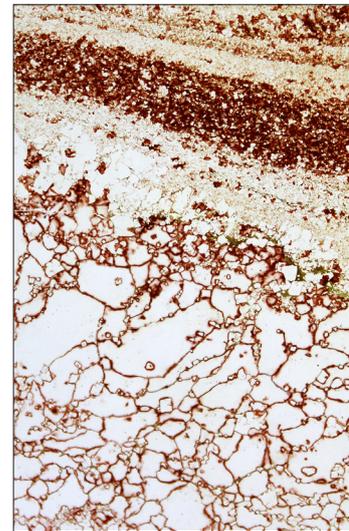
Скв. 536, к. г. VI-п, слой 2



Скв. 541, к. г. VI-п, слой 3



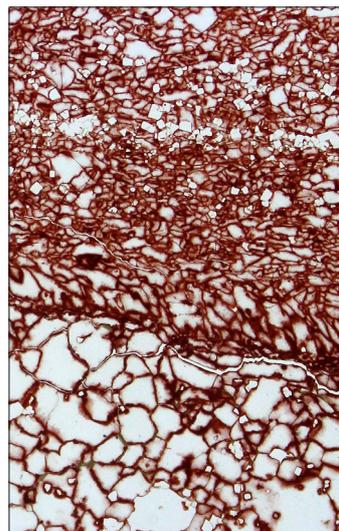
Скв. 545, к. г. VI-п, слой 3



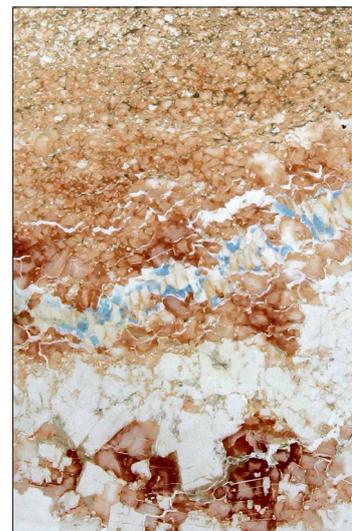
Скв. 536, к. г. VI-п, слой 3



Скв. 520, к. г. VI-п, слой 4



Скв. 541, к. г. VI-п, слой 4



Скв. 248, к. г. VI-п, слой 4

Рисунок 5 – Микропетроструктурная характеристика прослоев сильвинита горизонта VI-п на Копаткевичском участке

делах 12,9–58,3%, смешанных – 5,2–35,0%, мелко-среднезернистых – 6,7–34,7%, а средне-крупнозернистых – 16,1–20,9% (см. табл.).

В слое 3 содержание KCl варьирует от 24,92 до 65,85%; MgCl₂ – от 0,05 до 0,20–0,55%, лишь в единичных скважинах на юге достигая 0,94–2,51%; CaCl₂ – от 0,08 до 1,05%, в большинстве скважин составляя 0,12–0,25%; нерастворимого в воде остатка – от 0,53 до 34,67%. Отмечается установленная ранее для других слоев закономерность: содержание нерастворимого в воде остатка более 10% наблюдается на площади севернее линии скважин 540–518–539–541. На преобладающей части территории, в пределах Копаткевичской и Северо-Копаткевичской синклиналиных зон, а также Южно-Копаткевичского вала, его количество, как правило, не превышает 5%.

Слой 4 имеет сравнительно небольшое распространение в связи с замещением галопелитами в северном и восточном направлениях. Мощность его изменяется от 0,3–0,6 м до 1,2–2,29 м. Наибольшая полнота разреза отмечается в Копаткевичской синклиналиной зоне вдоль западной границы залежи. На большей площади своего развития слой располагается среди мощных прослоев галопелитов. Относительно чистый разрез наблюдается лишь в самых южных районах распространения слоя. В центральной и восточной частях Копаткевичского участка слой 4 замещен несолевыми породами, трещины в которых выполнены сургучно-красным волокнистым сильвином с гнездами крупно- и гигантокристаллического молочно-белого сильвинита.

В разрезе слоя 4 выделяются два относительно обогащенных сильвинитами подслоя – 0,65–0,98 м и 0,15–0,42 м (нижний и верхний соответственно). Окраска сильвинитов и их структурно-текстурные особенности в основном такие же, как и в нижележащем слое 3. Оценка основных структурных разностей сильвинитов по разрезу слоя в ряде скважин показала, что содержание микро-мелкозернистых структур сильвинитов изменяется в пределах 23,9–46,4%, смешанных – 18,7–39,3%, мелко-среднезернистых – 12,5–51,4%, а средне-крупнозернистых составляет около 19% (см. табл.).

Содержание хлористого калия изменяется от 14,30 до 32,11% (обычно 25–29%). Для слоя характерно наиболее высокое содержание нерастворимого остатка – от 2,96 до 44,57%, количество которого несколько снижается (до < 10%) лишь в краевой зоне на западе Копаткевичской и Конковичской синклиналиных зон. Количество MgCl₂ (пределы колебаний 0,10–0,78%), CaCl₂ (0,30–1,68%) и CaSO₄ (0,40–5,27%) в основном определя-

ется концентрацией нерастворимого остатка.

В отдельных разрезах, главным образом на севере и юге Копаткевичского участка и в районе Петриковского месторождения, в верхней части горизонта выделяется сильвинитовый слой 5. Он расположен в глинистой части пачки и в значительной степени обогащен несолевыми прослоями. При полном замещении галопелитами выделяется по наличию гнезд и вкрапленности сильвина.

В целом, руды горизонта VI-п по качеству близки к калийным солям залежей Старобинского месторождения, отличаясь несколько повышенным содержанием нерастворимого в воде остатка. Запасы сильвинитовых руд калийного горизонта VI-п в пределах Копаткевичского участка достаточны для работы рудника. Здесь же сосредоточены значительные прогнозные ресурсы горизонтов II-п, IV-п, VII-1п.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Систематизированы материалы геологоразведочных работ на калийные соли и авторских научных исследований по строению и калиенности Копаткевичского участка, расположенного в Центральном структурном ареале Припятского прогиба к северу от Петриковского месторождения калийных солей.

2. Территория участка представляет чередование синклиналей и осесимметричных валлообразных поднятий, свидетельствующих о широком развитии на фоне конседиментационного режима вторичных явлений вплоть до инверсионных движений. При этом значительную роль играют процессы галокинеза и активного развития сдвиговых дислокаций.

3. На основании результатов геолого-геофизических работ, расчленения и корреляции разрезов уточнены особенности строения и состава калиенной субформации, а также высокоперспективного калийного горизонта VI-п с оценкой микрофациальных особенностей сильвинитовых руд.

4. Выделены типы строения калийного горизонта VI-п, показано их распределение по площади Копаткевичского участка. В качестве основного принципа типизации использована полнота строения горизонта. В основе выбора типовых разрезов применительно к различным геолого-структурным ситуациям положен принцип подобия объектов различных иерархических уровней.

5. Оценка параметров внутренних неоднородностей, то есть элементов, формирующих типовые разрезы продуктивных пластов, свидетельствует о

том, что только в Предчервонослободской синклинальной зоне наблюдается закономерная структура изменчивости строения. На остальной площади развития горизонта VI-п отмечается анизотропный характер изменчивости строения и состава, связанный с резко дифференцированным рельефом Копаткевичского участка, особенно его южной части, примыкающей к Северному участку Петриковского месторождения, разрабатываемому с 2019 г.

6. Анизотропия изменчивости отражает сложную природную структуру горизонта VI-п, возникшую в результате совместного действия седиментационных ранне- и позднедиагенетических процессов с участием эпигенетических изменений залежей, разрывных нарушений и др. Об этом свидетельствуют и структурно-текстурные особенности сильвинитовых руд продуктивных пластов и слоев.

7. Горизонт VI-п представляет интерес для промышленности. В 1974 г. на основании проведенных поисково-оценочных работ подсчитаны и утверждены запасы по категории C_2 на площади в южной части Копаткевичского участка, примыкающей непосредственно к Петриковскому месторождению. Однако, как показали дальнейшие геолого-разведочные работы на калийные соли, горизонт имеет лучшие оценочные параметры (мощность, качество) севернее выделенного блока запасов категории C_2 .

8. Качественные параметры и масштаб запасов горизонта VI-п позволяют прогнозировать постановку и проведение предварительной разведки Копаткевичского участка. Предполагается возможность совмещения разработки горизонта VI-п и горизонта IV-п при освоении Петриковского месторождения. При проведении предварительной разведки следует обратить внимание на решение жестко связанных друг с другом трех основных вопросов: 1) *группы сложности месторождения*; 2) *выяснение условий отнесения запасов минерального сырья к известным категориям изученности*; 3) *выбор оптимальной системы разведки, базирующейся на рациональной плотности сети*. Естественно, что такое решение может быть найдено только на основе оценки степени изменчивости параметров, характеризующих месторождение.

9. Запасы калийных солей в пределах Копаткевичского участка могут рассматриваться как резервная база для Петриковского месторождения. Однако следует заметить, что руды высокоперспективного горизонта VI-п относятся к красноцветной гиперсоляной ассоциации, тогда как руды залежи IV-п – к пестроцветной. Вполне вероятно, что при одновременной добыче и переработке этих руд следует предусматривать либо режим шихтования руды, либо включение в технологическую цепь дополнительных звеньев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Айзберг, Р. Е.** Синрифтовая геодинамика Припятского прогиба / Р. Е. Айзберг, Т. А. Старчик. – Минск : Белорусская наука, 2013. – 146 с.
2. **Геологическая** характеристика калийного горизонта VI-п и перспективы его промышленного освоения / Н. С. Петрова [и др.] // Геология твердых полезных ископаемых БССР. – Минск : БелНИГРИ, 1979. – С. 125–138.
3. **Девонские** соленосные формации Припятского прогиба / Р. Г. Гарецкий [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1982. – 208 с.
4. **Калийные соли** Припятского прогиба / Р. Г. Гарецкий [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1984. – 182 с.
5. **Литогеодинамика** и минерагения осадочных бассейнов / Е. А. Басков [и др.] ; под ред. А. Д. Щеглова. – Санкт-Петербург : ВСЕГЕИ, 1998. – 480 с.

Статья поступила в редакцию 29.03.2022

Рецензент В.И. Пашкевич

**ПЕРСПЕКТИВЫ АСВАЕННЯ ЗАЛЕЖАЎ КАЛІЙНЫХ СОЛЯЎ
У МЕЖАХ КАПАТКЕВІЦКАГА ўЧАСТКА
ў ЦЭНТРАЛЬНЫМ СТРУКТУРНЫМ АРЭАЛЕ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ**

Н.С. Пятрова^{1,2}, Н.Ю. Дзянісава²

¹Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт
пр. Незалежнасці, 4, 220050, Мінск, Беларусь

²Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
Філіял «Інстытут геалогіі»
вул. Купрэвіча, 7, 220141, Мінск, Беларусь
E-mail: nspetrova1945@gmail.com, denisova@geologia.by

Разгледжаны геалагічная будова і каліяноснасць адкладаў перспектыўнага на калійныя солі Капаткевіцкага ўчастка. Прыведзены вынікі аналізу геолога-геафізічнага матэрыялу, атрыманага падчас геолога-разведачных работ. Асаблівая ўвага нададзена характарыстыцы калійнага гарызонту VI-п, які валодае найбольшымі перспектывамі прамысловага асваення. Дадзены рэкамендацыі па правядзенні далейшых работ у межах Капаткевіцкага ўчастка. Адзначана, што руды распаўсюджаных тут калійных гарызонтаў адносяцца да чырвонакаляровай гіперсальнай асацыяцыі, а запасы калійных соляў у яго межах могуць разглядацца як рэзервовая база для Петрыкаўскага радовішча.

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF POTASSIUM SALT DEPOSITS
WITHIN THE KOPATKEVICH I SECTION
IN THE CENTRAL STRUCTURAL AREA OF THE PRIPYAT TROUGH**

N. Petrova^{1,2}, N. Denisova²

¹Belarusian State University
4, Nezavisimosti Avenue, 220050, Minsk, Belarus

²State Enterprise "Research and Production Centre of Geology"
Branch "Institute of Geology"
7, Kuprevicha str., 220141, Minsk, Belarus
E-mail: nspetrova1945@gmail.com, denisova@geologia.by

The article considers the geological structure and potassium content of the deposits of the Kopatkevichi area, which is promising for potassium salts. The results of the analysis of geological and geophysical material obtained in the course of exploration work are presented. Particular attention is paid to the characteristics of the VI-p potash horizon, which has the greatest prospects for industrial development. Recommendations are given for further work within the Kopatkevichi area. It is noted that the ores of the potassium horizons common here belong to the red-colored hypersaline association, and the reserves of potassium salts within it can be considered as a reserve base for the Petrikov deposit.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА СЕТИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ КАНАЛОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОПЫТНО-ПРОМЫСЛОВЫХ РАБОТ ПО РАССОЛЕНИЮ ПРОДУКТИВНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА СКВАЖИНАХ БЕРЕЗИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ В ПРИПЯТСКОМ ПРОГИБЕ

В.Д. Порошин, С.Л. Порошина

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого
пр. Октября, 48, 246746, Гомель, Беларусь
E-mail: poroshin-52@mail.ru

Впервые с использованием гидрохимических данных количественно оценены изменения объема сети фильтрационных каналов при проведении опытно-промысловых работ по рассолению продуктивных пород-коллекторов и повышению нефтеотдачи на скважинах 3, 7, 17 и 21 Березинского нефтяного месторождения. Проведенные по разработанным авторами методикам расчеты показывают, что суммарное увеличение объема сети фильтрационных каналов за счет растворения вторичного галита разными скважинами колеблется в пределах от 1369,0 м³ по скважине 17 до 776,6 м³ по скважине 7. Учитывая высокую степень засоления межсоловых пород Березинского месторождения, можно утверждать, что рассолению подверглась лишь небольшая часть продуктивных коллекторов преимущественно в призабойных зонах скважин. Несмотря на это в пределах зоны влияния рассматриваемых скважин произошло заметное изменение фильтрационных свойств пород, что подтверждается результатами гидродинамических исследований в скважинах, повышением их приемистости с каждым последующим циклом опытно-промысловых работ, ростом дебитов скважин по нефти и по жидкости.

ВВЕДЕНИЕ

Низкие емкостные и фильтрационные свойства засоленных пород ряда нефтяных залежей Беларуси заметно снижают эффективность их разработки. Улучшить коллекторские свойства продуктивных пластов в пределах таких залежей, как показывают результаты проведенных лабораторных и гидрохимических исследований, можно путем закачки пресной или слабоминерализованной воды в засоленный нефтенасыщенный коллектор и последующего отбора обводненной продукции из пласта [4; 6; 8; 9; 12; 13; 14; 16; 19; 20; 21]. Используя это положение, сотрудники БелНИПИнефть предложили и запатентовали технологию освоения глубоких скважин и регулирования разработки залежей нефти с засоленными коллекторами. Суть предложенной технологии заключается в том, что скважина, вскрывшая засоленный низкопроницаемый нефтенасыщенный

коллектор, переводится на циклический режим работы. Каждый цикл включает этапы закачки в пласт пресной или слабоминерализованной воды, закрытия (остановки) скважины на время растворения галита, содержащегося в пласте, и последующего отбора жидкости из пласта через эту же скважину [5; 17]. Внедрение данной технологии началось на скважинах Березинского нефтяного месторождения.

Березинское месторождение открыто в 1975 г. скв. 3, вскрывшей межсоловую залежь нефти второго блока. В апреле 1977 г. оно введено в пробную эксплуатацию, а в мае 1981 г. – в промышленную разработку. По кровле межсоловых карбонатных отложений Березинская структура представляет собой пликативную структуру, разбитую тектоническими нарушениями на ряд блоков, в I, II, III и IV которых открыты залежи нефти. Залежи массивные, сводовые, тектонически ограниченные. Высокая

четвертой стадии разработки, характеризующейся постепенным снижением добычи нефти при продолжающемся увеличении обводненности продукции. Основные запасы нефти (более 80%) связаны с залежью третьего блока, в восточной части которой расположена скв. 7. Залежи нефти первого и четвертого блоков, где расположены соответственно скв. 17 и 21, разрабатываются на природном упруго водонапорном режиме. Пластовое давление в залежах второго и третьего блоков поддерживается посредством закачки в продуктивные пласты пресных вод.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТНО-ПРОМЫСЛОВЫХ РАБОТ ПО РАССОЛЕНИЮ КОЛЛЕКТОРОВ

Для выполнения ОПР в качестве пилотного объекта была выбрана скв. 17 Березинского месторождения, продуктивные породы-коллекторы которой характеризуются низкой проницаемостью (0,046–1,1 мД по керну) и высокими значениями коэффициента засоления. Отношение объема вторичного галита к общему объему пустотного пространства исследованных образцов породы до их засоления здесь достигает 90–95% [18].

Разрез межсоловых отложений в скважине представлен преимущественно трещиноватыми и

кавернозными доломитами с многочисленными признаками нефти. При этом к интервалам разреза с повышенной степенью кавернозности и галитизации тяготеют наиболее интенсивные нефтепроявления. При опробовании межсоловых отложений испытателем пластов в процессе бурения притока жидкости не получено. Для растворения соли, содержащейся в перспективных пластах, в течение трех часов при устьевом давлении 18–20 МПа в пласт было закачено 140 м³ пресной воды. При разрядке скважины получен приток рассола плотностью 1,10–1,11 г/см³ и 14 м³ нефти. В апреле 1981 г. скважина введена в разработку с дебитом по нефти 4,5 м³/сут, однако уже к 1985 г. дебит снизился до 0,4–0,5 м³/сут. С декабря 2010 г. до начала ОПР скважина эксплуатировалась в периодическом режиме с дебитом 0,25–1,50 м³/сут при обводненности продукции до 20–30%. К 2015 г. дебит по нефти снизился до 0,1 м³/сут. Низкий дебит скв. 17 и его последующее уменьшение обусловлены, в первую очередь, высокой степенью засоления продуктивных отложений, с чем связано весьма затрудненная связь залежи первого блока с законтурной зоной.

В ходе первого этапа ОПР в нефтяную залежь в течение двух недель (май 2015 г.) было закачено 800 м³ пресной воды (рис. 2). Затем произведена остановка скважины на две недели для растворе-

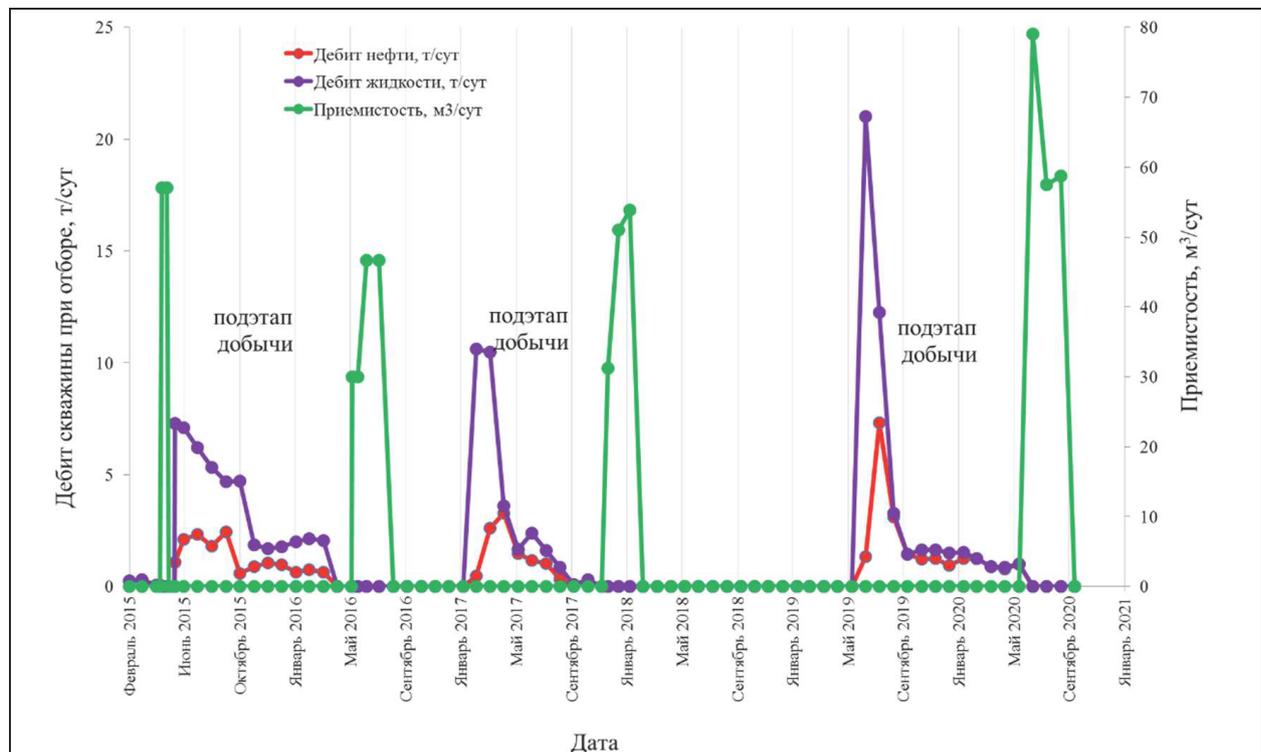


Рисунок 2 – Основные технологические показатели эксплуатации скважины 17 Березинская в процессе проведения опытно-промысловых работ [12]

ния вторичных галитовых включений и распределения давления в околоскважинной зоне воздействия. С середины мая 2015 г. из скважины велась добыча нефти с постоянным отбором устьевых проб жидкости. По состоянию на начало 2016 г. дополнительная добыча нефти за счет внедрения первого этапа ОПР по скв. 17 Березинского месторождения составила свыше 300 т, а средний дебит по нефти увеличился в 13 раз [7].

Перед проведением второго цикла опытных работ были выполнены гидродинамические исследования (ГДИ) в скважине. По результатам интерпретации ГДИ отмечается увеличение коэффициента продуктивности и радиуса промытой зоны, что свидетельствует о происходящем процессе растворения галита в засоленном пласте-коллекторе. Закачка пресной воды в ходе второго цикла ОПР осуществлялась с июня по август 2016 г. Всего было закачано 2000 м³ пресной воды. После этапа перераспределения давления в зоне дренирования скважина была запущена в эксплуатацию в марте 2017 г., причем дебит жидкости достигал 10,5 т/сут [10; 11]. На третьем цикле ОПР этот показатель вырос практически в два раза (см. рис. 2).

Всего на скважине 17 Березинская было проведено четыре этапа опытно-промысловых работ. Начиная с первого, каждый последующий этап отличался увеличением объема закачиваемой воды и приемистости скважины, дебита по нефти и по жидкости. Всего было закачано 8999 м³ пресной воды, суммарная дополнительная добыча нефти составила 1,2 тыс. т [1]. Работы на скважине продолжаются.

Дальнейшее внедрение технологии продолжено на скв. 3, 7 и 21 рассматриваемого месторождения нефти, в межсолевых карбонатных отложениях которого ранее проведенными массовыми лабораторными исследованиями установлена высокая степень засоления продуктивных коллекторов [18]. В результате внедрения данной технологии и на этих скважинах получен значительный экономический эффект в виде дополнительной добычи нефти [1; 7; 10; 11].

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА СЕТИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ КАНАЛОВ

С начала проведения ОПР на вышеназванных скважинах Березинского месторождения регулярно ведется отбор проб попутно добываемых с нефтью вод и определение их плотности, реже изучается их химический состав. К настоящему времени в банке данных БелНИПИнефть имеется около

2 тыс. данных о плотностях попутно добываемых вод и более 50 результатов их химического анализа. Однако они детально не анализировались и не использовались для оценки особенностей рассоления коллекторов в процессе проведения анализируемых работ. Это было связано преимущественно с тем, что до настоящего времени не существовало методических подходов для проведения такой оценки при сложившихся условиях эксплуатации скважин. Последнее объясняется использованием при проведении ОПР на скв. 17 и 21 одних и тех же пресных вод из водозабора Якимова Слобода не только для закачки в продуктивные пласты для рассоления коллекторов, но и для предупреждения солеотложений (подливы) в процессе добычи нефти. В попутно добываемых водах из скв. 3 и 7 кроме того присутствуют пресные воды, закачанные в нагнетательные скважины для поддержания пластового давления в залежах нефти II и III блоков месторождения. В результате чего отбираемые в процессе добычи нефти пробы попутных вод имеют разный состав и общую минерализацию (от пресных до высокоминерализованных рассолов), характеризуются разным соотношением обводняющих скважину и подливаемых вод и естественно резко различающихся по плотности. Определенных закономерностей в изменении данного показателя исследователями не отмечалось. Это не позволяло провести оценку долевого участия в них пластовых и закачанных в скважину вод (X), а также избыточных концентраций хлорида натрия (NaCl_{изб.}) по ранее предложенным гидрохимическим методам и компьютерным программам.

Проведенные авторами исследования, направленные на изучение особенностей изменения состава попутно добываемых вод из скв. 3, 7, 17 и 21 после проведения в них технологических обработок (подливов пресных вод), позволили впервые показать, что при проведении технологических обработок скважин обычно из скважин вначале отбираются пресные и слабоминерализованные воды. С течением времени плотность их закономерно растет и до проведения новых подливов может достигать значений 1,20–1,23 г/см³ (рис. 3–6). Подобный характер поведения плотности попутных вод отмечался нами ранее при выходе скважин на нормальный режим работы после проведения в них различного вида работ с использованием пресных вод. К ним прежде всего следует отнести технологические обработки, проводимые во многих добывающих скважинах путем подлива пресных холодных и горячих вод для предупреждения и борьбы с солеотложениями и асфальто-смоло-

парафиновыми образованиями [4; 14]. Для расчета необходимых для решения поставленной задачи гидрохимических показателей в таких случаях одним из авторов статьи была предложена методика Галит-1т [15]. Этот методический прием можно использовать и для оценки объемов выносимого с попутными водами галита при проведении ОПР. Однако при анализе гидрохимических данных по скв. 3, 7, 17 и 21 Березинского месторождения было установлено значительное несоответствие между плотностью попутных вод и их минерализацией. Безусловно, наиболее представительной гидрохимической характеристикой здесь является

общая минерализация вод, которая представляет собой сумму растворенных в них компонентов, определенных лабораторным путем. Поэтому для выяснения состава вод, поступающих из продуктивных пластов к забою скважины, в способ Галит-1Т были внесены коррективы, суть которых заключается в том, что для решения поставленной задачи использовалась прямолинейная зависимость содержащихся в них компонентов от их минерализации, а не от плотности. Для обоснования величины предельной минерализации, на которую пересчитывались концентрации необходимых для дальнейших исследований компонентов, исполь-

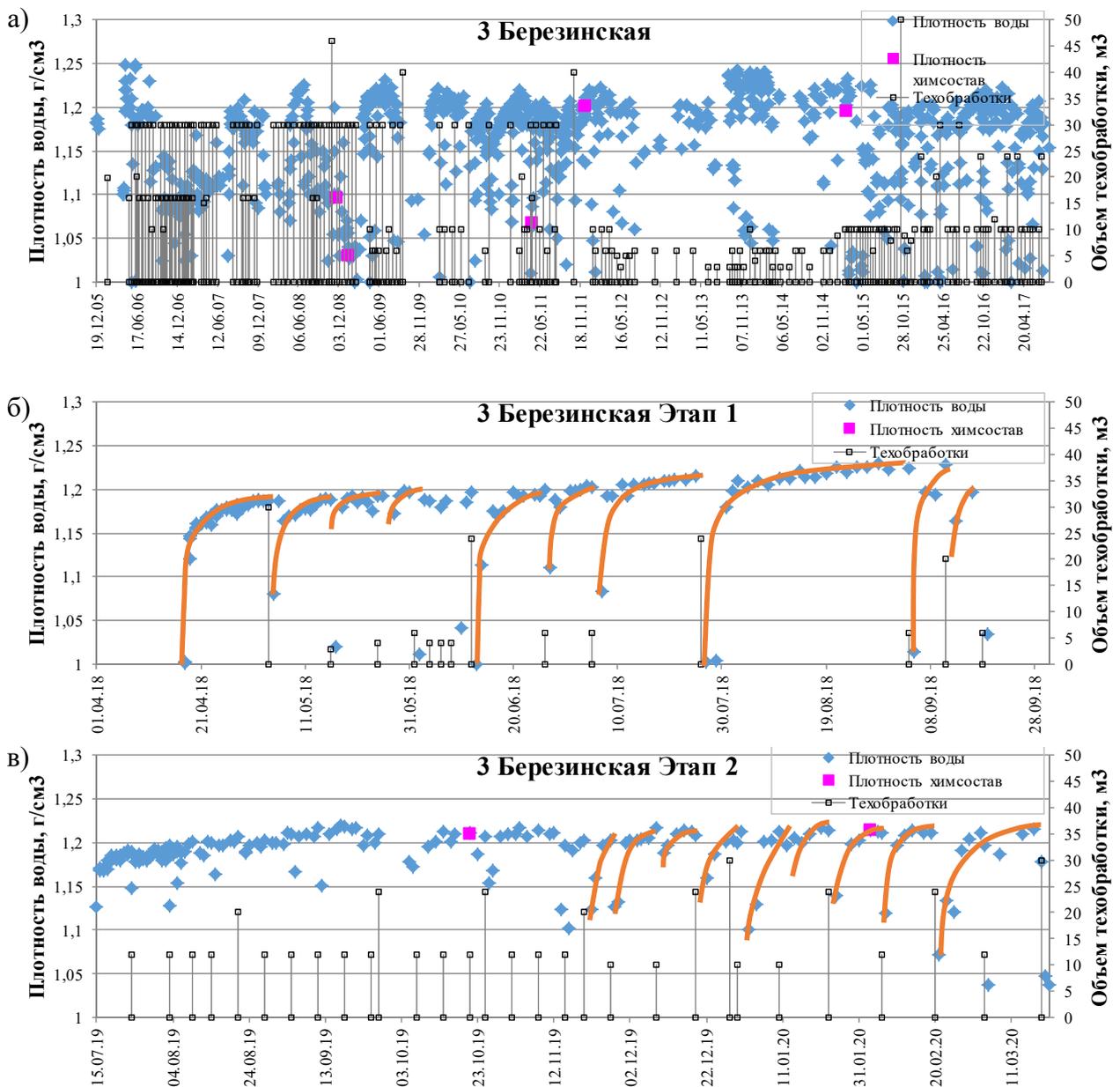


Рисунок 3 – Изменение плотности попутных вод в процессе эксплуатации скважины 3 Березинского месторождения до проведения ОПР (а) и на различных этапах ОПР (б, в)

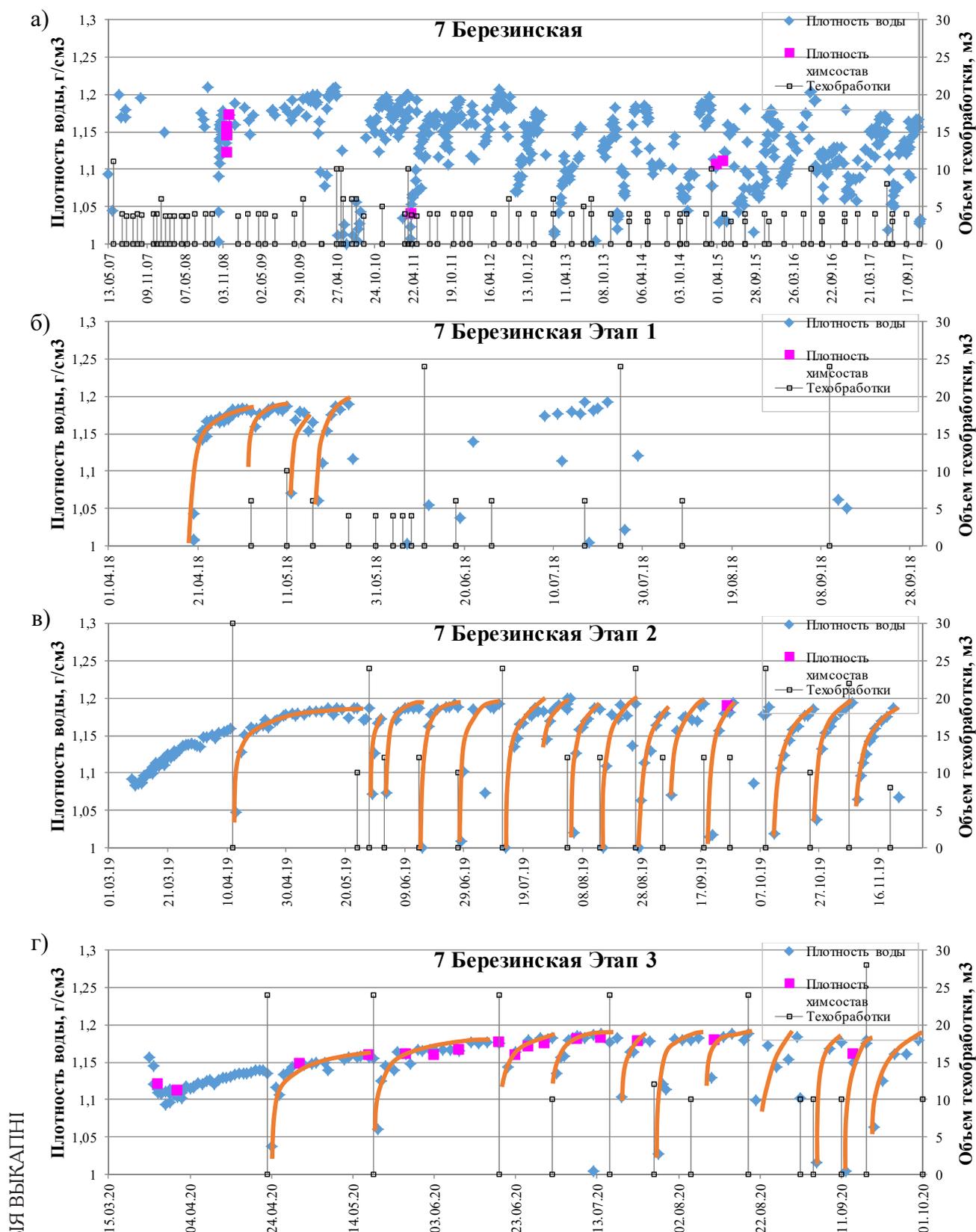


Рисунок 4 – Изменение плотности попутных вод в процессе эксплуатации скважины 7 Березинского месторождения до проведения ОПР (а) и на различных этапах ОПР (б, в, г)

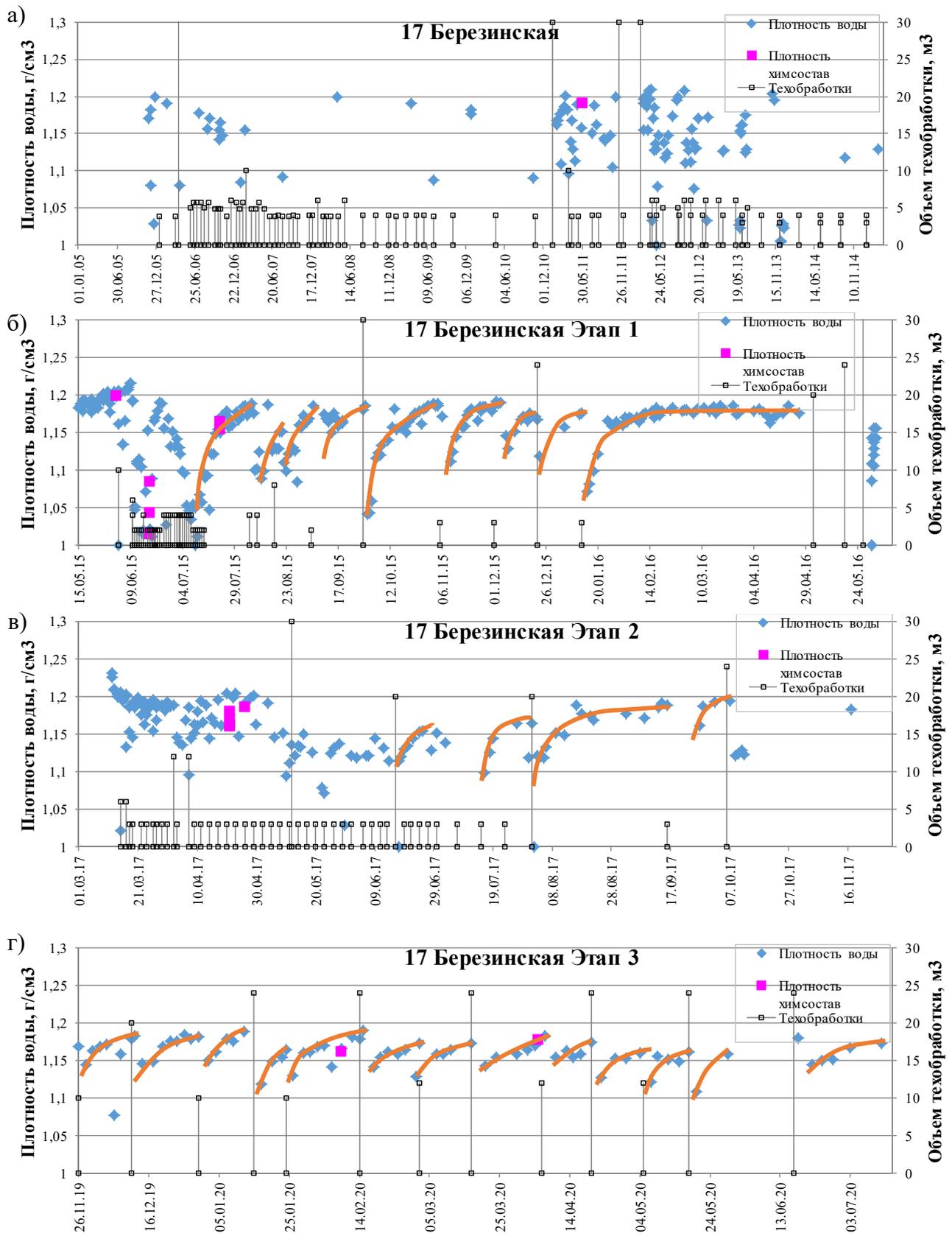


Рисунок 5 – Изменение плотности попутных вод в процессе эксплуатации скважины 17 Березинского месторождения до проведения ОПР (а) и на различных этапах ОПР (б, в, г)

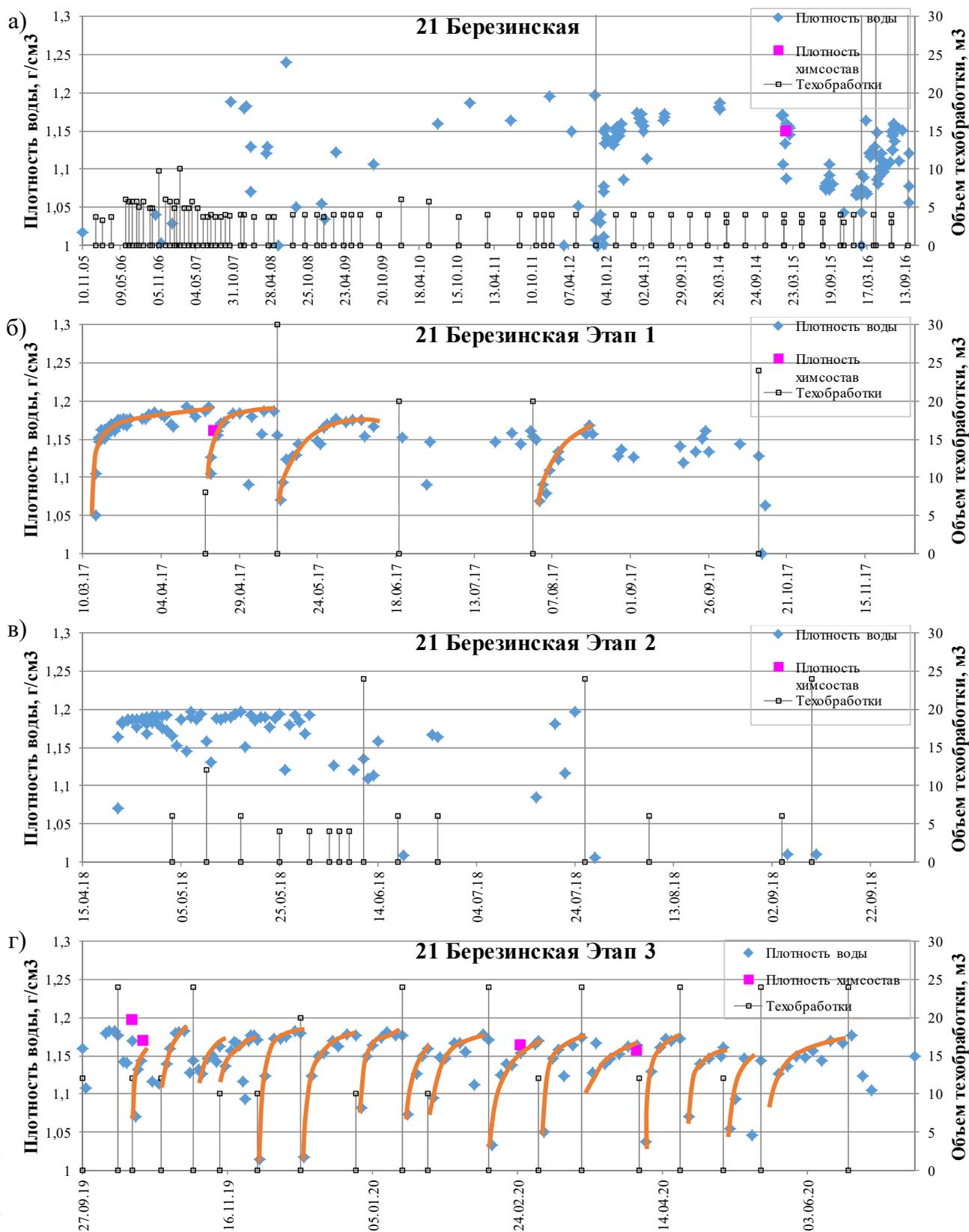


Рисунок 6 – Изменение плотности попутных вод в процессе эксплуатации скважины 21 Березинского месторождения до проведения ОПР (а) и на различных этапах ОПР (б, в, г)

КАРЯСНЯ ВЪКАПІНІ

зовались графики изменения плотности попутных вод в процессе эксплуатации рассматриваемых скважин (см. рис. 3–6). Максимальные значения данного параметра по всем проанализированным скважинам достигали 1,22–1,23 г/см³, что соответствует примерно минерализации 330 г/л. Однако имеющиеся результаты проведенных химических анализов попутных вод характеризуются, как правило, более низкой минерализацией. Это говорит о том, что закачанные в нагнетательные скважины и в скважины, на которых проводятся ОПР воды, смешивались с пластовыми рассолами и, находясь продолжительное время в контакте со вторичным галитом продуктивных пластов, предельно насыщались хлоридами натрия. Наблюдаемое же в конкретных пробах снижение плотности, минерализации и степени насыщенности попутно добываемых с нефтью вод по галиту связано с их разбавлением подливаемыми в скважину водами водозабора Якимова Слобода. Все это позволяет использовать для расчета величин X и $\text{NaCl}_{\text{изб}}$ для скв. 17 и 21 методический подход Галит-1т (с учетом отмеченных изменений), а для скв. 3 и 7 модификацию этого подхода, названную Галит-1э. Последний отличается тем, что в расчетную формулу для определения величины X вместо данных по составу пластовых рассолов вносятся сведения по катионному составу попутно добываемых вод из этих скважин, полученных до начала проведения на них ОПР. Применение различных подходов для расчета названных гидрохимических показателей связано с тем, что залежи нефти I и IV блоков, в пределах которых расположены соответственно скв. 17 и 21, разрабатывались на естественном упруговодонапорном режиме, а залежи II и III блоков (со скв. 3 и 7 соответственно) на искусственно водонапорном режиме с поддержанием пластового давления путем закачки в продуктивные пласты пресных вод. Таким образом, к скв. 3 и 7 вместе с нефтью поступает смесь пластовых и закачанных для ППД вод, обогащенная хлоридами натрия за счет рассоления продуктивных пород в удаленной зоне, которая при приближении к забоям скважин, на которых проводятся ОПР, разбавлялась закачиваемыми в эти же скважины пресными водами в начале каждого из циклов проведения этих работ и затем донасыщалась хлоридами натрия в пластовых условиях.

Проведенные авторами гидрохимические исследования позволяют говорить о том, что основополагающими при расчете объемов вынесенного с попутными водами галита за конкретные этапы эксплуатации добывающих скважин во вре-

мя проведения в них ОПР являются следующие положения:

1) подливаемые в скважины пресные воды в процессе проведения в них технологических обработок приводят к разбавлению рассолов, поступающих совместно с нефтью из залежи к их забоям, но не участвуют в рассолении продуктивных пород-коллекторов;

2) учитывая предельную насыщенность пластовых вод по галиту в связи с их постоянным контактом с засоленными породами, растворение галитовых выполнений трещин, пор и каверн продуктивных пород может быть связано лишь с водами, закачиваемыми в продуктивные пласты как для ППД, так и для рассоления коллекторов при проведении ОПР на скв. 3, 7;

3) растворение галита при проведении ОПР на скв. 17 и 21 происходит пресными водами, нагнетаемыми в данные скважины в начале каждого из циклов проведения ОПР;

4) формирующиеся в пластовых условиях смеси, закачанных в продуктивные пласты и пластовых вод, поступают к забоям добывающих скважин с предельным их насыщением по галиту за счет рассоления коллекторов, что приводит к необходимости проводить технологические обработки скважин пресной водой для предупреждения солеотложений.

Для проведения расчета объемов, растворенного в продуктивных пластах и вынесенных с попутными водами вторичного галита в процессе проведения ОПР на скважинах Березинского месторождения, необходимо знать избыточное содержание хлорида натрия в водах, обводняющих эти скважины, а также объемы этих вод, извлеченных на поверхность совместно с нефтью по отдельным этапам эксплуатации скважин в качестве добывающих. Расчет значений первого из этих показателей проводился с использованием сведений о составе пластовых, закачиваемых и попутно добываемых вод по способу Галит-1т в связи с тем, что все пробы попутных вод, по которым выполнен их химический анализ, оказались в той или иной степени разбавлены подливаемыми водами. Последнее достаточно четко видно из графиков изменения плотностей попутных вод в процессе добычи нефти с выделенными на них данными результатов химических анализов этих вод (см. рис. 3–6).

Результаты проведенных расчетов представлены в табл. 1, а средние значения по циклам (этапам работы скважин в качестве добывающих) проводимых работ и в целом по скв. 17 и 21 – в табл. 2.

Таблица 1 – Результаты расчета коэффициента долевого участия закачанных вод в попутно добываемых рассолах (X) и избыточных концентраций в них хлорида натрия (NaCl_{изб.}) на различных этапах проведения ОПР в скважинах Березинского месторождения

Скважина	Дата отбора пробы	Минерализация, г/л	Галит-1		Галит-1г		Галит-1э		Этапы
			X	NaCl _{изб.} , мг/л	X	NaCl _{изб.} , мг/л	X	NaCl _{изб.} , мг/л	
17	02.06.2011	282,6	0,54	116860					
	12.05.2015	244,29	0,88		0,83	267129			1
	02.06.2015	278,6	0,79		0,75	238610			1
	18.06.2015	21,62	0,98		0,74	229702			1
	18.06.2015	20,68	0,99		0,76	243189			1
	18.06.2015	64,18	0,95		0,72	226848			1
	18.06.2015	122,2	0,91		0,76	240512			1
	22.07.2015	219,8	0,81		0,72	225454			1
	22.07.2015	249,3	0,79		0,72	227232			1
	21.04.2017	237,4	0,83		0,76	238870			2
	21.04.2017	243	0,82		0,75	235157			2
	21.04.2017	267,1	0,82		0,78	248016			2
	21.04.2017	239,8	0,93		0,9	289584			2
	26.04.2017	267,1	0,81		0,77	243662			2
	25.09.2019	257	0,85		0,81	257949			3
09.02.2020	232,4	0,83		0,76	240227			3	
05.04.2020	260,9	0,81		0,76	240775			3	
21	23.02.2015	215,5	0,9	175675					
	21.04.2017	239,8	0,93		0,9	289584			1
	14.10.2019	282,8	0,61		0,54	164401			3
	18.10.2019	244,7	0,89		0,85	275898			3
	25.02.2020	232,9	0,9		0,86	277460			3
	05.04.2020	226,6	0,88		0,83	266343			3
3	15.10.1992	279,48	0,38		0,27	59909			
	27.11.2008	143,83	0,71		0,33	88559			
	14.01.2009	44,19	0,89		0,16	16025			
	18.04.2011	96,37	0,79		0,28	68571			
	13.12.2011	311,15	0,26		0,21	46697			
	18.02.2015	277,19	0,3		0,16	26332			
	21.10.2019	304,4	0,46	110308	0,42	119641	0,36	93330	2
	03.02.2020	308	0,24	33407	0,18	35841	0,08	9310	2
7	15.04.2011	48,75	0,9	12028	0,33	85263			
	03.04.2015	153,2	0,7	41360	0,35	99588			
	04.05.2015	153,9	0,68	36945	0,31	79983			
	26.09.2019	264,5	0,66		0,58	174942	0,51	100835	2
	27.03.2020	174,2	0,81		0,64	200109	0,73	83586	3
	01.04.2020	165,1	0,92		0,84	269877	0,89	125717	3
	01.05.2020	216,9	0,89		0,83	266707	0,84	162426	3
	18.05.2020	233,2	0,86		0,8	255763	0,8	164539	3
	27.05.2020	280	0,86		0,84	267999	0,8	211287	3
	03.06.2020	303,2	0,84		0,83	265405	0,77	225713	3
	09.06.2020	303,5	0,85		0,83	267391	0,78	228265	3
	09.06.2020	303,5	0,85		0,83	267391	0,78	228265	3
	19.06.2020	308,7	0,81		0,8	254120	0,73	215917	3
	23.06.2020	244,21	0,78		0,7	225469	0,68	141355	3
	26.06.2020	332,6	0,82		0,82	263066	0,74	244354	3
	30.06.2020	332,2	0,81		0,81	258314	0,72	237655	3
	08.07.2020	285,6	0,88		0,86	273808	0,82	222614	3
	14.07.2020	267,9	0,8		0,76	240649	0,72	172538	3
	23.07.2020	250,6	0,81		0,75	235153	0,72	156028	3
	11.08.2020	266	0,76		0,7	219107	0,65	148660	3
14.09.2020	232,2	0,77		0,68	210673	0,67	121667	3	

Таблица 2 – Средние значения X и $NaCl_{изб.}$ попутных вод на различных этапах проведения ОПР в скважинах Березинского месторождения

Скважина	Этапы	Галит-1		Галит-1т		Галит-1э	
		X	$NaCl_{изб.}$, мг/л	X	$NaCl_{изб.}$, мг/л	X	$NaCl_{изб.}$, мг/л
17	1	0,89		0,75	237334		
	2	0,84		0,79	251058		
	3	0,83		0,77	246317		
17 Итого		0,86		0,77	243307		
21	1	0,93		0,9	289584		
	3	0,82		0,77	246026		
21 Итого		0,84		0,8	254737		
3	2	0,35	71858	0,3	77741	0,22	51320
3 Итого		0,35	71858	0,3	77741	0,22	51320
7	2	0,66		0,58	174942	0,51	100835
	3	0,83		0,78	249471	0,76	181799
7 Итого		0,82		0,77	245330	0,74	177301
Общий итог		0,82	71858	0,75	237513	0,69	164703

Как видно из данных таблиц, величина $NaCl_{изб.}$ на разных циклах (этапах) эксплуатации рассматриваемых скважин изменялась в относительно небольших пределах и составляла около 250 г/л. Это связано преимущественно с близкими значениями коэффициента долевого участия закачанной в скважину вод в рассолах, поступающих к забою этих скважин в процессе добычи нефти. В среднем они составили 0,77 и 0,80 для скв. 17 и 21 соответственно. Иначе говоря, поступающие к забоям скважин воды содержали лишь 20–23% пластовых рассолов. Определить значения величин X и $NaCl_{изб.}$ по скв. 3 и 7 оказалось несколько сложнее. Для этого нами были проведены расчеты величины X в попутных водах скв. 121, 122, 126 и 149, расположенных вблизи скв. 3 и 7, которые свидетельствуют о достаточно высокой доле в их составе вод, закачиваемых в залежи II и III блоков для поддержания пластового давления ($X = 0,22–0,80$). Результаты расчетов данного показателя в попутных водах скв. 3 и 7 до начала проведения в них ОПР (см. табл. 1) указывают на существенно более слабое влияние на них нагнетательных скважин ($X = 0,16–0,35$) и, соответственно, о большей изолированности участков, где расположены данные скважины от основных частей нефтяных залежей. Последнее, безусловно, связано с более низкой проницаемостью продуктивных пород в районах действия этих скважин, увеличить которую и предполагалось за счет рассоления коллекторов в результате проведения ОПР.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что закачанная в скв. 3 и 7 в процессе проведения ОПР воды смешиваются не с пластовыми рассолами, а с их смесью с водами, используемыми

ми в системе ППД обогащенными в определенной степени (16–100 г/л) хлоридами натрия. Поэтому для расчета величин X и $NaCl_{изб.}$ по попутным водам рассматриваемых скважин использовался способ Галит-1э. Для проведения расчетов по этому способу вместо данных по пластовым водам (как это принято по способу Галит-1т) использовались значения концентраций отдельных элементов в попутных водах, полученных до проведения ОПР на этих скважинах.

Результаты расчетов свидетельствуют о том, что величины X и $NaCl_{изб.}$ по скв. 7 весьма близки к таковым по скв. 17 и 21, а по скв. 3 заметно отличаются от последних. Избыточные концентрации хлоридов натрия в попутных водах этой скважины относительно невелики и оцениваются в 78 г/л. Связано это с высокой долей пластовых рассолов в попутных водах скв. 3 (см. табл. 1). Следует отметить, что такой вывод основан на результатах обработки лишь двух имеющихся в наличии химических анализов попутных вод, полученных за время проведения второго цикла ОПР на скв. 3. Отсутствие химических анализов попутных вод по ряду этапов на этой (этапы 1, 3) и другим скважинам (скв. 21, этап 2, 4; скв. 7, этап 1) вынуждает нас при проведении расчетов в таких случаях использовать осредненные значения X и $NaCl_{изб.}$ в целом по скважинам.

Вторая задача, которую предстояло решить для оценки объема, растворенного в продуктивных пластах и вынесенного попутными водами галита при проведении ОПР, связана с определением объема вод, которые участвовали в этом процессе. В целях решения данной задачи использовались сведения об объемах попутно добываемых вод за

различные циклы проведения ОПР, объемах подливов в скважины пресных вод за это же время, а также рассчитанные по этапам величины долевого участия закачанных в эти скважины вод в рассолах, поступающих к забоям скважин. В связи с тем, что технологические воды, как показали результаты наших исследований, не участвуют в рассолениях коллекторов, выносятся из пластов растворенный галит мог только в водах, поступающих из продуктивных пластов к забоям скважин. Объем этих вод определялся как разница между объемами попутно добытых вод и объемами технологических обработок. В таком случае произведение объемов вод, растворявших в продуктивных пластах галит, и средних величин избыточных концентраций в них хлоридов натрия отражают массу растворенного минерала, а частное от деления этих цифр на его плотность галита ($2,15 \text{ г/см}^3$) искомую величину объема вынесенного данного минерала. Результаты проведенных таким образом расчетов (табл. 3) свидетельствуют об относительно небольших значениях данного показателя. Минимальные объемы растворенного в продуктивных пластах галита вынесены скв. 3 (около 28 м^3), а максимальные – скв. 7 (около 124 м^3).

Относительно низкие значения рассматриваемого параметра по скв. 17 и 21 связаны преимущественно с небольшими объемами поступивших к их забоям попутных вод, а по скв. 7 и, особенно по скв. 3, также с относительно небольшим содер-

жанием в этих водах избыточных концентраций хлоридов натрия.

Следует отметить, что приводимые в табл. 3 цифры не могут в полной мере характеризовать дополнительные объемы сформировавшихся фильтрационных каналов за счет растворения галита продуктивных пластов в районах влияния скважин, где проводятся ОПР. Очевидно, что более значительное изменение пористости пород, связанное с процессом рассоления коллекторов, может быть вызвано влиянием закачанных в рассматриваемые скважины пресных вод, которые не были извлечены на поверхность и сохранились в продуктивных пластах. Последнее объясняется как большими объемами этих вод, так и меньшей степенью их насыщенности по галиту и, соответственно, большей агрессивностью по отношению к данному минералу.

В целях оценки массы растворенного галита в водах, закачанных на различных циклах в рассматриваемые скважины и оставшихся в продуктивных пластах, вначале из объемов закачанных вод вычитались объемы этих вод, поступивших за это же время в скважины из продуктивных пластов совместно с нефтью. Для этого нужно было от объемов попутных вод вычесть объемы подливаемых технологических вод и перемножить полученную разницу на коэффициент X . Таким образом мы получим объемы добытых рассолов выщелачивания (без учета извлеченных пластовых рассолов). Что-

Таблица 3 – Оценка объемов растворенного в продуктивных пластах и вынесенного с попутными водами галита в процессе проведения ОПР на скважинах Березинского месторождения нефти

Скважина	Этап	$Q_{\text{зак}}, \text{ м}^3$	$Q_{\text{тех.обр.}}, \text{ м}^3$	$Q_{\text{поп.}}, \text{ м}^3$	$Q_{\text{поп.}} - Q_{\text{тех.обр.}}, \text{ м}^3$	$\text{NaCl}_{\text{изб.}}, \text{ т/м}^3$	$m\text{NaCl}_{\text{извл.}}, \text{ т}$	$V \text{NaCl}_{\text{изб.}}, \text{ м}^3$
17	I	800	293	781	488	0,237	115,7	53,8
	II	2000	253	441	188	0,251	47,2	21,9
	III	3059	544	396		0,246		
	IV	2624				0,243		
17 Итого		8483	1090	1618	676			75,7
21	I	1020	102	193	91	0,29	26,4	12,3
	II	2101	140	235	95	0,255	24,2	11,3
	III	3069	434	496	62	0,246	15,3	7,1
	IV	3008				0,255		
21 Итого		9198	676	924	248			30,7
3	I	1090	147	599	452	0,051	23,1	10,7
	II	2042	492	1218	726	0,051	37	17,2
	III	2485						
3 Итого		5617	639	1817	1178			27,9
7	I	1001	138	194	56	0,177	9,9	4,6
	II	2049	270	965	695	0,101	70,2	32,6
	III	2510	220	1250	1030	0,182	187,5	87,2
7 Итого		5560	628	2409	1781			124,4

бы определить объем закачанных вод, оставшихся в продуктивных пластах, полученные объемы добытых вод следует вычесть из общих объемов закачки за каждый этап. Производство объемов оставшихся в залежи вод и величины растворимости в них данного минерала позволяет оценить массу, а с учетом плотности галита и объем растворившихся в них галитовых включений. Учитывая, что закачанные пресные воды из водозабора Якимова Слобода длительное время находились в контакте с вторичным галитом продуктивных пластов и перемещались по засоленному коллектору, можно с уверенностью полагать, что они к настоящему времени должны оказаться близкими к насыщению по данному минералу. Последнее подтверждается тем, что на всех этих скважинах проводятся технологические обработки путем подлива значительных объемов пресных вод для предупреждения солеотложений. Учитывая максимальные плотности попутно добываемых вод в рассматриваемых скважинах (1,20–1,23 г/см³), за величину избыточной концентрации хлорида натрия в этих водах можно принять величину предельной растворимости NaCl в пресных водах.

Проведенные таким образом расчеты показывают, что за время ведения ОПР в зоне действия рассматриваемых скважин в оставшихся в продуктивных пластах пресных водах могло раствориться от 1338,3 м³ (скв. 17) до 652,2 м³ (скв. 7) галитовых включений трещин, пор и каверн продуктивных

отложений (табл. 4). Суммарное же увеличение объема сети фильтрационных каналов за счет растворения вторичного галита разными скважинами оценивается в пределах от 1369,0 до 776,6 м³. Учитывая названные объемы и высокую степень засоления межсоловых пород Березинского месторождения [18] можно утверждать, что рассоление поверглась лишь небольшая часть продуктивных коллекторов в районах проведения ОПР, при этом наиболее активно этот процесс проявился в призабойных зонах рассматриваемых скважин, а удаленные участки остаются практически не отмытыми от галитовых включений.

Результаты проведенного ранее моделирования по скв. 17 Березинского месторождения показывали, что увеличение проницаемости продуктивных отложений в зоне обводнения и размеров этой зоны в плане будет сопровождаться значительным ростом дебита по нефти и суммарного объема добытой нефти. Предполагалось, что технологический и экономический эффекты будут достигнуты за счет быстрого восстановления энергии пласта и увеличения его проницаемости, вызванного растворением катагенетического галита и выносом продуктов его растворения с продукцией скважины [2]. Однако результаты проводимых ОПР на скв. 17 и приводимые в статье результаты гидрохимических исследований показали, что скорости и объемы рассоления коллекторов вблизи этой скважины оказались более низкими, восстановления

Таблица 4 – Оценка объемов растворенного галита водами, закачанными в скважины 3, 7, 17, 21 Березинского месторождения нефти, оставшимися в продуктивных пластах

Скважина	Этап	Q _{зак.} , М ³	Q _{тех.обр.} , М ³	Q _{поп.} , М ³	Q _{поп.} -Q _{тех.обр.} , М ³	X	Q _{поп.зак.} , М ³	Q _{зак.ост.} , М ³	m NaCl _{раств.} , Т	V NaCl _{раств.} , М ³
17	I	800	293	781	488	0,75	366	434	138,9	64,6
	II	2000	253	441	188	0,79	149	1851	592,3	275,5
	III	3059	544	396		0,77		3059	752,5	349,9
	IV	2624						2624	637,6	296,6
17 Итого		8483	1090	1618	676		515			986,6
21	I	1020	102	193	91	0,9	82	938	300,2	139,6
	II	2101	140	235	95	0,8	76	2025	648	301,4
	III	3069	434	496	62	0,77	48	3021	743,2	345,7
	IV	3008						3008		
21 Итого		9198	676	924	248		206			786,7
3	I	1090	147	599	452	0,22	99	991	317,1	147,5
	II	2042	492	1218	726	0,22	160	1882	602,2	280,1
	III	2485						2485	795,2	369,9
3 Итого		5617	639	1817	1178		259			797,5
7	I	1001	138	194	56	0,74	41	960	307,2	142,9
	II	2049	270	965	695	0,51	354	1695	542,4	252,3
	III	2510	220	1250	1030	0,76	783	1727	552,6	257
7 Итого		5560	628	2409	1781		1178			652,2

активной гидродинамической связи с законтурной областью еще не прослеживается. Это свидетельствует о необходимости корректировки существующих моделей с учетом приводимых материалов.

Несмотря на выше сказанное следует отметить, что в процессе проведения ОПР по рассолению продуктивных коллекторов на скв. 17, 21, 3 и 7 Березинского месторождения в пределах зоны их влияния произошло заметное изменение фильтрационно-емкостных свойств пород, что подтверждается результатами гидродинамических исследований в скважинах, повышением приемистости скважин с каждым последующим этапом ОПР, ростом дебита скважин по нефти и по жидкости [1; 7; 10; 11]. В настоящее время технология ОПР по рассолению коллекторов начала внедряться на скв. 42 Северо-Березинского месторождения нефти, планируется дальнейшее тиражирование полученного положительного опыта на скважинах других месторождений Беларуси. Используя предложенные в данной статье методические подходы обработки гидрохимических данных можно вести оперативный контроль изменения объема сети фильтрационных каналов, а результаты его проведения необходимо учитывать при усовершенствовании применяемой технологии проводимых ОПР с целью улучшения основных показателей разработки отдельных участков Березинского и других месторождений, характеризующихся высокой степенью засоленности продуктивных резервуаров.

Авторы полагают, что при накоплении первичных материалов, сопоставление результатов расчета произошедших объемных изменений системы фильтрационных каналов в нефтенасыщенных пластах за время между проводимыми гидродинамическими исследованиями в скважинах с полученными по результатам ГДИС значениями гидропроводности и проницаемости пластов может привести к установлению достаточно четкой зависимости между данными параметрами. Это позволит более основательно изучить влияние рассоления коллекторов на их фильтрационные свойства и использовать полученные зависимости для моделирования особенностей изменения ФЭС в процессе эксплуатации обводненных скважин и залежей нефти с засоленными коллекторами, разрабатываемыми с применением для ППД и вытеснения нефти вод пониженной минерализации (не насыщенных по хлоридам натрия). При использовании, для гидродинамических расчетов, результатов, проведенных российскими и белорусскими нефтяниками подобных исследований в лабораторных условиях на засоленных кернах

из нефтегазовых месторождений Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции и Припятской нефтегазоносной области не учитывается влияния масштабных эффектов, которые при переходе к продуктивным пластам могут оказаться весьма значительными [3]. Поэтому результаты впервые проводящихся на скважинах Березинского месторождения ОПР по рассолению коллекторов имеют не только технологическое значение для развития данного направления интенсификации добычи нефти и повышения коэффициента нефтеизвлечения в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», но и представляют значительный теоретический и прикладной интерес для всех нефтедобывающих регионов, залежи нефти в которых связаны с засоленными коллекторами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время на четырех скважинах Березинского месторождения проводятся ОПР по внедрению технологии рассоления коллекторов с целью интенсификации работы этих скважин и повышения нефтеотдачи пластов. Суть технологии заключается в том, что скважина, вскрывшая засоленный нефтенасыщенный коллектор, переводится на циклический режим работы. Каждый цикл включает этапы закачки в пласт пресной или слабоминерализованной воды, закрытия скважины на время растворения галита, содержащегося в пласте, и последующего отбора жидкости из пласта через эту же скважину. Практическое внедрение этой технологии предполагает ведение контроля за объемами растворившихся вторичных галитовых включений и расширением системы фильтрационных каналов. С этой целью на объектах ОПР проводится гидрохимический мониторинг, позволивший накопить большое количество данных по плотностям и химическому составу попутно добываемых с нефтью вод. Однако полученные гидрохимические данные детально не анализировались и не использовались для оценки особенностей рассоления коллекторов в процессе проведения анализируемых работ, так как это было сложно выполнить по существующим методическим разработкам. Последнее связано со сложившейся технологией проведения работ и прежде всего использованием при проведении ОПР на скв. 17 и 21 одних и тех же пресных вод из водозабора Якимова Слобода не только для закачки в продуктивные пласты для рассоления коллекторов, но и для предупреждения солеотложений (подливы в скважины). В попутно добываемых водах из скв. 3

и 7 кроме того присутствуют еще и пресные воды, закачанные в нагнетательные скважины для поддержания пластового давления в залежах нефти II и III блоков месторождения.

В результате проведенных исследований впервые установлена характерная особенность изменения плотности попутных вод в процессе проведения ОПР, связанная с периодическими подливами пресных вод в скважины с целью предупреждения отложения хлоридных солей. Показано, что после проведения технологических обработок скважин отмечается резкий рост плотности попутных вод с последующей стабилизацией на значениях 1,20–1,23 г/см³. Такое поведение рассматриваемого параметра связано с постоянно снижающейся долей подливаемой пресной воды в попутно добываемых водах, которая затем начинает снижаться более медленно, а затем попутно с нефтью из продуктивных пластов начинают поступать насыщенные по галиту рассолы выщелачивания с небольшой долей пластовых вод. Установленный механизм формирования состава вод, добываемых совместно с нефтью при проведении опытно-промысловых работ, включающих технологические обработки скважин, позволил авторам обосновать особенности использования компьютерной программы Галит-1т для решения поставленной задачи.

Результаты проведенных расчетов свидетельствуют о небольших объемах вынесенного с попутными водами хлорида натрия. Минимальные объемы растворенного в продуктивных пластах галита вынесены скв. 3 (около 28 м³), а максимальные – скв. 7 (около 124 м³). Следует отметить, что приводимые цифры не могут в полной мере характеризовать дополнительные объемы сформировавшихся фильтрационных каналов за счет растворения галита продуктивных пластов в

районах влияния скважин, где проводятся опытно-промысловые работы, так как попутно с нефтью из скважин отобрана относительно небольшая доля закачанной в скважины воды. Существенно большие объемы этих вод остались в продуктивных пластах. В таком случае становится очевидным, что более значительное изменение пористости пород, связанное с процессом рассоления коллекторов, может быть вызвано влиянием закачанных в рассматриваемые скважины пресных вод, которые не были извлечены на поверхность и сохранились в продуктивных пластах. Последнее объясняется как большими объемами этих вод, так и меньшей степенью их насыщенности по галиту и соответственно большей агрессивностью по отношению к данному минералу. Проведенные расчеты показывают, что за время ведения ОПР в зоне действия рассматриваемых скважин в этих водах могло раствориться от 1338,3 м³ (скв. 17) до 652,2 м³ (скв. 7) галитовых включений трещин, пор и каверн продуктивных отложений. Суммарное же увеличение объема сети фильтрационных каналов за счет растворения вторичного галита разными скважинами оценивается в пределах от 1369,0 до 776,6 м³.

Учитывая вышеназванные объемы и высокую степень засоления межсоловых пород Березинского месторождения можно утверждать, что рассолению подверглась лишь небольшая часть продуктивных коллекторов в районах проведения ОПР. Несмотря на это в пределах зоны влияния скважин на которых проводятся эти работы произошло заметное изменение фильтрационных свойств пород, что подтверждается результатами гидродинамических исследований в скважинах, повышением приемистости скважин с каждым последующим этапом ОПР, ростом дебита скважин по нефти и по жидкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будник, Н. И. Результаты внедрения технологии увеличения нефтеотдачи засоленных пород-коллекторов на Березинском нефтяном месторождении (Припятский прогиб) / Н. И. Будник. – Минск : Труды БГТУ, 2020. – С. 54–58.
2. Влияние галитовой минерализации на разработку Березинского месторождения нефти в Припятском прогибе / В. Г. Жогло [и др.] // Природные ресурсы. – 2015. – № 1. – С. 1–15.
3. Галкин, М. В. Изучение коллекторских свойств порово-каверновых карбонатных коллекторов Восточной Сибири разномасштабными методами (керна, ГИС, ГДИС) / М. В. Галкин, Т. Ф. Соколова, П. С. Куляпин // XXI Губкинские чтения : тезисы докладов. Секция 3. – Москва : РГУНГ им. И. М. Губкина, 2016. – С. 28–33.
4. Гидрохимические методы анализа и контроля разработки нефтяных и газовых месторождений / В. В. Муляк [и др.]. – Москва : ГЕОС, 2007. – 245 с.
5. Жогло, В. Г. Геологическое обоснование технологии разработки залежей нефти в засоленных низкопроницаемых коллекторах / В. Г. Жогло // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 1. – С. 14–21.

6. **Исследование** процессов рассоления галита в породах-коллекторах Ново-Березинского нефтяного месторождения Республики Беларусь / А. А. Тишков [и др.] // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2018. – № 2. – С. 78–85.
7. **К проблеме** разработки залежей нефти в засоленных коллекторах (на примере нефтяных месторождений Припятского прогиба и Сибирской платформы / П. П. Повжик [и др.] // Литасфера. – 2018. – № 1 (48). – С. 3–14.
8. **Мухитдинов, Ш. В.** Методические особенности петрофизического изучения засоленных терригенных пород нефтегазовых месторождений Чонской группы / Ш. В. Мухитдинов, В. С. Воробьев // ПРОнефть. – 2017. – № 1. – С. 32–37.
9. **Особенности** фильтрационного течения через нестационарные дисперсные среды, представленные засоленными терригенными породами-коллекторами / Б. А. Григорьев [и др.] // Вести газовой науки. – 2014. – № 2. – С. 90–97.
10. **Повжик, П. П.** Влияние процесса рассоления пород на выработку остаточных запасов нефти из засоленных пород-коллекторов Припятского прогиба / П. П. Повжик, Н. И. Будник // Поиски и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь : сб. науч. тр. БелНИПИнефть. – Минск : Экоперспектива, 2017. – Вып. 9. – С. 110–117.
11. **Повжик, П. П.** Внедрение методики по применению адресных технологий разработки трудноизвлекаемых запасов – путь к увеличению ресурсной базы РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» / П. П. Повжик, А. Н. Цыбранков, А. П. Стельмашок // Нефтяник Полесья. – 2018. – № 2 (34). – С. 76–85.
12. **Порошин, В. Д.** Гидрогеохимическая оценка масштабов катагенетического галитообразования в отложениях соленосных осадочно-породных бассейнов и ее практическое значение / В. Д. Порошин // ДАН Беларуси. – 1996. – Т. 40, № 6. – С. 100–104.
13. **Порошин, В. Д.** Изменение емкостных и фильтрационных свойств пород коллекторов в процессе разработки нефтяных месторождений Беларуси / В. Д. Порошин // Геология нефти и газа. – 1996. – № 9. – С. 43–48.
14. **Порошин, В. Д.** Методы обработки и интерпретации гидрохимических данных при контроле разработки нефтяных месторождений / В. Д. Порошин, В. В. Муляк – Москва : Недра, 2004. – 220 с.
15. **Порошина, С. Л.** К вопросу представительности данных о химическом составе попутных вод нефтяных месторождений Беларуси и методических приемах их обработки (интерпретации) / С. Л. Порошина // Литасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 58–70.
16. **Решение** научных проблем при подсчете запасов углеводородов Чайядинского нефтегазоконденсатного месторождения / Е. Е. Поляков [и др.] // Вести газовой науки. – 2017. – № 3 (31). – С. 172–186.
17. **Способ** повышения проницаемости засоленного низкопроницаемого нефтяного пласта : пат. 2538549 Российская Федерация МПК E21B 43/00, E 21B 43/22 / В. Г. Жогло [и др.]. – Оpubл. 10.01.2015. – 9 с.
18. **Тюменцев, В. Л.** Особенности засоления межсолевых отложений Березинской площади / В. Л. Тюменцев, А. И. Каротаев // Докл. АН БССР. – 1980. – Т. XXIV, № 9. – С. 480–483.
19. **Численные** исследования процессов рассоления при заводнении засоленных коллекторов пресной водой / В. А. Гринченко [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 8. – С. 85–89.
20. **Grimus, S. I.** Comprehensive Studies of the Salinized Reservoir Rocks to Expand the Resource Base of the Hydrocarbons in Pripyat Trough / S. I. Grimus, E. A. Kalejchik, A. V. Soshenko // Society of Petroleum Engineers. SPE-201913-MS. – 2020.
21. **Poroshin, V. D.** Hydrochemical control of oil pool development (illustrated with Belarusian oil fields). Part III / V. D. Poroshin, V. V. Mulyak, V. P. Khainak // Indian journal of petroleum geology. – 2003. – Vol. 12, № 2 (December). – P. 1–6.

Статья поступила в редакцию 24.03.2022

Рецензент В.Г. Жогло

**АЦЭНКА ЗМЯНЕННЯ АБ'ЁМУ СЕТКІ ФІЛЬТРАЦЫЙНЫХ КАНАЛАЎ
ПРЫ ПРАВЯДЗЕННІ ДОСВЕДНА-ПРАМЫСЛОВЫХ ПРАЦ ПА РАСАЛЕННІ
ПРАДУКТЫЎНЫХ КАЛЕКТАРАЎ НА СВДРАВІНАХ БЯРЭЗІНСКАГА РАДОВІШЧА
НАФТЫ Ў ПРЫПЯЦКІМ ПРАГІНЕ**

В.Д. Парошын, С.Л. Парошына

Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт імя П.В. Сухого
пр. Кастрычніка, 48, 246746, Гомель, Беларусь
E-mail: poroshin-52@mail.ru

Упершыню з выкарыстаннем гідрахімічных даных колькасца ацэнена змяненне аб'ёму сеткі фільтрацыйных каналаў пры правядзенні доследна-прамысловых работ па расаленні прадуктыўных пародкалектараў і павышэнні нафтааддачы на свідравінах 3, 7, 17 і 21 Бярэзінскага нафтавага радовішча. Праведзеныя па распрацаваных аўтарамі метадыках разлікі паказваюць, што сумарнае павелічэнне аб'ёму сеткі фільтрацыйных каналаў за кошт растварэння другаснага галіта рознымі свідравінамі вагаецца ў межах ад 1369,0 м³ па свідравіне 17 да 776,6 м³ па свідравіне 7. Улічваючы высокую ступень засланення межсолевых, што расаленню зрынулася толькі невялікая частка прадуктыўных калектараў пераважна ў прызабойных зонах свідравін. Нягледзячы на гэта ў межах зоны ўплыву разгляданых свідравін адбылася прыкметная змена фільтрацыйных уласцівасцей парод, што пацвярджаецца вынікамі гідрадынамічных даследаванняў у свідравінах, падвышэннем іх прыёмістасці з кожным наступным цыклам доследна-прамысловых прац, ростам дэбітаў свідравін па нафце і па вадкасці.

**EVALUATION OF CHANGE IN THE VOLUME OF THE FLOW MATRIX VOLUME
DURING PILOT WORK ON THE DESALINIZATION OF PRODUCTIVE RESERVOIRS
AT THE WELLS OF THE BEREZINSKOE OIL FIELD IN THE PRIPYAT TROUGH**

V.D. Poroshin, S.L. Poroshina

Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi
48, Oktyabrya Avenue, 246746, Gomel, Belarus
E-mail: poroshin-52@mail.ru

For the first time, using hydrochemical data, a quantitative assessment of the change in flow matrix volume was carried out during experimental fieldwork on desalinization of productive reservoir rocks and enhanced oil recovery at wells 3, 7, 17 and 21 of the Berezinsky oil field. The calculations carried out according to the author's methods show that the total increase in the flow matrix volume due to the dissolution of secondary halite in different wells ranges from 1369.0 m³ (well 17) to 776.6 m³ (well 7). Taking into account the large scale of salinisation of inter-salt rocks of the Berezinsky field, it can be argued that only a small part of the productive reservoir rocks, mainly in the bottomhole zones of wells, was subjected to desalinization. Despite this, there was a noticeable change in the poroperm properties of rocks within the zone of influence of the considerate wells, which is confirmed by the results of hydrodynamic well survey, by increase in their injectivity with each subsequent cycle of field trial and by production enhancement of oil and liquid.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ГАЛИТОВОЙ ПОДТОЛЩИ ВЕРХЕСОЛЕННЫХ ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ МАРМОВИЧСКО-ДАВЫДОВСКОГО УЧАСТКА В СЕВЕРНОЙ ЗОНЕ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

А.В. Кондратенко

РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»»
НГДУ «Речицанефть»
ул. Ленина, 43, 247483, Речица, Беларусь
E-mail: a.kondratenko2@beloil.by

Несоляные породы верхнесоленосной толщи являются весьма важным нефтеносным и нефтеперспективным объектом: в пределах толщи открыт целый ряд месторождений нефти. Породы несолевых пачек галитовой подтолщи на ряде площадей Припятской нефтегазоносной области обладают достаточными фильтрационно-емкостными свойствами для содержания скоплений углеводородов, отмечаются множественные прямые признаки нефтеносности в керне. В то же время из-за сложности геологического строения внутрисолевых объектов отмечается, что степень изученности перспективных объектов недостаточная для надежного прогнозирования как развития пород-коллекторов и их нефтенасыщенности, так и зон развития ловушек в пределах толщи, их прослеживание по площади и разрезу [3].

В тектоническом отношении Мармовичско-Давыдовский участок расположен на гребне Речицко-Вишанской ступени в пределах Речицко-Вишанской региональной зоны локальных поднятий в центральной части Речицко-Вишанской тектонической ступени Северной структурной зоны Припятского прогиба (рис. 1).

Верхнесоленосные образования состоят из двух подтолщ: галитовой и глинисто-галитовой и объединяют отложения лебедянского, оressкого, стрешинского и нижнеполесского горизонтов.

Галитовая подтолща сложена в основном каменной солью преимущественно белого цвета, крупнокристаллической, плотной, с редкими маломощными прослоями сульфатно-карбонатных пород: ангидритов, глин, мергелей, доломитов, известняков. Глинисто-галитовая подтолща представлена чередованием пластов каменной соли с глинисто-карбонатными породами: мергелями, глинами, реже доломитами и ангидритами. Общая толщина галитовых и глинисто-галитовых отложений находится в пределах от 1587 м (скв. 122п Мармовичская) до 2506 м (скв. 9100г Мармовичская).

Глинисто-галитовая подтолща (калиеносная субформация) на данном этапе изученности, по всем имеющимся данным, имеет весьма низкие перспективы обнаружения в ее пределах скоплений углеводородов. Это подтверждается и фактическими материалами по Мармовичско-Давыдовскому участку, где при довольно высокой степени разбуренности не было обнаружено в пределах подтолщи сколь-нибудь значимых признаков нефтегазопроявлений (НГП) в керне и др. Поэтому в данной статье эта подтолща не рассматривается.

Интерес при поисках залежей углеводородов в **галитовой подтолще** представляют пачки несоляных пород, среди которых выделяются: сульфатные, карбонатные, глинистые, а также многочисленные переходные литологические разности. Характерна значительная изменчивость литологического состава отложений не только в плане, но и в разрезе, отражающая изменение условий осадконакопления во времени. Фаменская галитовая подтолща (субформация) распространена повсеместно в пределах исследуемого участка. Нижняя граница субформации с подстилающими

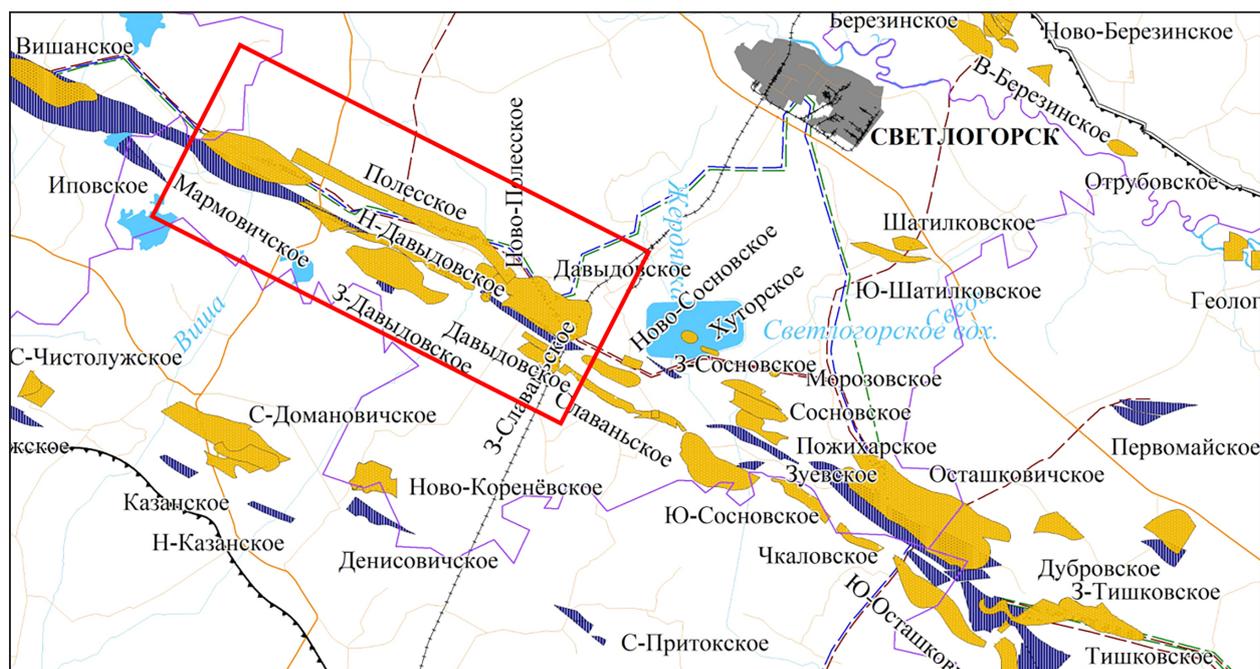


Рисунок 1 – Схема расположения Мармовичско-Давыдовского участка

петриковскими отложениями является границей верхнесоленосной формации. За верхнюю границу между галитовой и глинисто-галитовой субформациями, согласно стратиграфическим схемам докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси, принимается подошва репера «тройной», который достаточно четко прослеживается по данным ГИС на большей части территории прогиба (рис. 2), а также в целом уверенно выделяется по данным сейсмоки (ОГ II) [1; 4].

В разрезе галитовой субформации Припятского прогиба в целом выделяются следующие реперы (пачки несоляных пород): «боричевская» пачка, или репер «ступенчатый» (А9), «глубокий» (А8), «корневский» (А6 – А7), «мелкий» (А5), «высокий» (А4), «широкий» (А3), «правый» (А2), «левый» (А1) с сопутствующим «предлевым», «шатилковский» (А). Для данных пачек характерны различия в распространении по площади, прослеживаемости, наличие или их отсутствие в разрезе тех или иных зон (выклинивание, выпадение из разреза), изменчивость параметров в пределах территории прогиба. Могут наблюдаться изменчивость литологического состава, фильтрационно-емкостных свойств пачек, существенно меняться толщины как в пределах зон, так и отдельных локальных участков, структур; отмечалось и смещение стратиграфической привязки реперных пачек.

Для изучения распространения внутрисолевых сульфатно-карбонатных прослоев в пределах тер-

ритории Мармовичско-Давыдовского участка автором использовалось программное обеспечение Petrel, с помощью которого была построена геологическая модель распространения несолевых разностей во внутрисолевых отложениях территории Мармовичского, Ново-Давыдовского, Давыдовского и Полесского месторождений нефти.

РЕПЕР «ТРОЙНОЙ»

Граница галитовой и глинисто-галитовой подтощ прослеживается практически повсеместно по исследуемому участку, что зафиксировано в 380 скважинах (рис. 3).

Максимальные глубины распространения границы репера прослеживаются в южной и юго-восточной частях изучаемого района, которые приурочены к структурному подножью Речицко-Вишанской зоны локальных поднятий. Здесь глубина границы изменяется от 3124 м (скв. 14 Давыдовская) до 2843 м (скв. 27 Давыдовская). Также прослеживается проседание границы в центральной части исследуемой территории в районе скв. 9 Мармовичская (2463 м), 35 (2473 м) и 36 (2431 м) Ю-Полесские.

Следует отметить две области с самыми минимальными глубинами залегания границы тройного репера, вероятнее всего связанных с соляными куполами. Они располагаются в центральной части исследуемой территории. Глубины западного купола изменяются в пределах от 1190 м (скв. 108г Мар-

мовичская) в сводовой части купола до 1664 м (скв. 74 Мармовичская) у его подножья. Глубины восточного купола изменяются от 1463 м (скв. 101 Ю-Давыдовская) до 1987 м (скв. 109 Ю-Давыдовская).

В процессе бурения скв. 20 Давыдовская был отобран керн из интервала 2943–2944 м, приуроченного к реперу «тройной». В верхней части интервала керн представлен глиной серой, участками темно-серой, известковистой, плотной, наблюдаются единичные трещины, пустоты до 0,2 мм.

В нижней части отмечается соль каменная, крупнокристаллическая, белая, полупрозрачная.

Максимальные глубины распространения границы репера прослеживаются в южной и юго-восточной частях изучаемого района, которые приурочены к структурному подножью Речицко-Вишанской зоны локальных поднятий. Здесь глубина границы изменяется от 3124 м (скв. 14 Давыдовская) до 2843 м (скв. 27 Давыдовская). Также прослеживается проседание границы в централь-

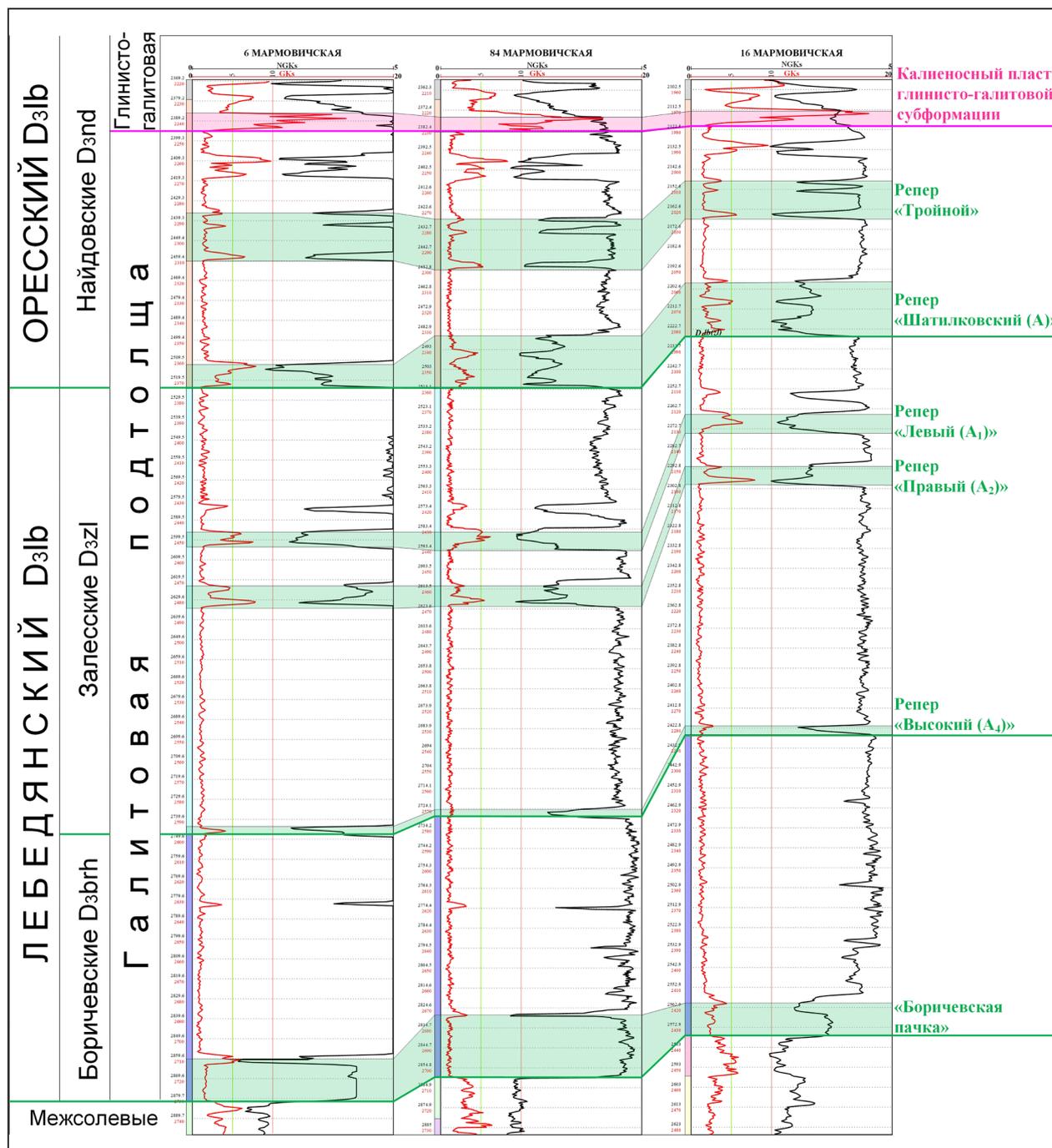


Рисунок 2 – Выделение реперов галитовой субформации на Мармовичском месторождении

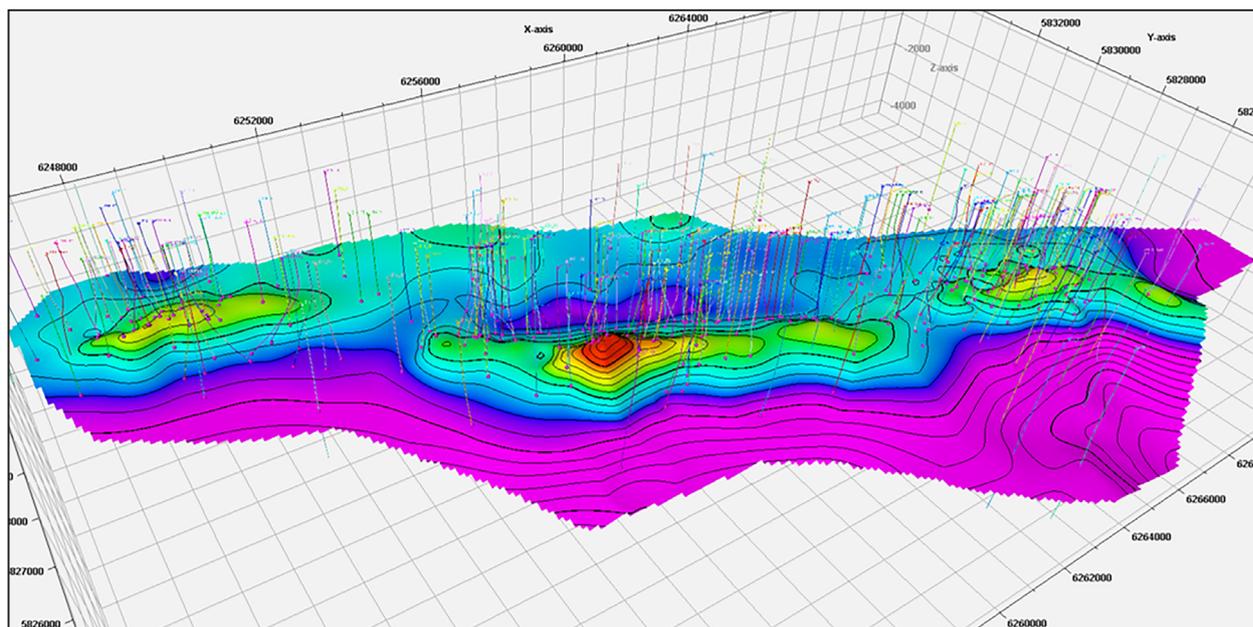


Рисунок 3 – Поверхность репера «тройной» в пределах Мармовичско-Давыдовского участка

ной части исследуемой территории в районе скв. 9 Мармовичская (2463 м), 35 (2473 м) и 36 (2431 м) Ю-Полесские.

РЕПЕР «ШАТИЛКОВСКИЙ» (А)

Шатилковский репер прослеживается на исследуемой территории практически повсеместно. Отложения репера А вскрыты 310 скважинами (рис. 4).

Поверхность границы репера А практически схожа с поверхностью залегания вышележащей границы репера «тройной». Минимальные глубины границы «шатилковского» репера отмечаются в центральной зоне изучаемой территории в скв. 106г Мармовичская (1333 м), где отмечается наличие соляного купола, отмеченного выше. Максимальные глубины отмечаются в скв. 14 Давыдовская (3170 м), 106 Ю-Давыдовская (3056 м), 2 Людвиновская (3033 м), расположенные в юго-восточной части у подножья Речицко-Вишанской зоны локальных поднятий. Также следует отметить проседание границы в центральной части исследуемой территории, в районе скв. 35 Ю-Полесская (2517 м), 36 Ю-Полесская (2472 м) и 9029 Н-Давыдовская (2442 м).

Мощность репера А изменяется от 2,06 м в скв. 9086 Мармовичская, расположенной в западной части Мармовичского месторождения, до 105,96 м в скв. 61 Давыдовская, которая располагается в восточной части исследуемого района. Максимальные значения толщины прослеживаются в

западной и восточной частях исследуемой территории (рис. 5). Средняя мощность репера 17,5 м. Следует отметить, что толщины пересчитаны в истинные вертикальные.

В процессе бурения скв. 1 Заболотыинская, 1, 6, и 7 Давыдовские из «шатилковского» репера был отобран керн.

Скв. 1 Заболотыинская (2263–2267 м): ангидрит темно-коричнево-белый, пятнистый за счет включений разнообразной формы и размера известняка светло-коричневатого. В конце долбления встречен прослой (40 см) известняка светло-коричневого, скрытокристаллического с пятнами и выклинивающимися линзами ангидрита коричневатого-белого. Слоистость в известняке под углом 25–30°. При раскалывании известняка на свежем сколе **ощущался слабый запах углеводородов**.

Скв. 1 Давыдовская (2201–2201,1 м): известняки светло-серые, плотные, очень крепкие, тонкозернистые, доломитизированные, с прослоями ангидрита голубовато-серого. Породы сильно перемятые. Признаков НГП не наблюдалось.

Скв. 6 Давыдовская (2282,1–2283,1 м): глина темно-серая, известковистая, слабоплитчатая, тонкозернистая, песчаная, плотная. В нижней части интервала отмечается соль каменная, кристаллическая, оранжевая, с включениями и прожилками глины темно-серой. Признаков НГП не наблюдалось.

Скв. 7 Давыдовская: в верхней части в интервале 2411,3–2411,9 м керн представлен ангидритом

светло-серым, голубовато-серым, зернистым, массивным, в конце интервала слоистым (слоистость под углом 3–7°, обусловлена присутствием глинистого материала), очень крепким, с многочисленными включениями кристаллов соли каменной,

прозрачной (размером 1–5 мм). В нижней части репера «шатилковский» (2428,3–2428,95 м) керн представлен мергелем светло-серым, темно-серым, пелитоморфным, слоистым (слоистость под углом 20–27°, обусловлена различным цветом мергеля),

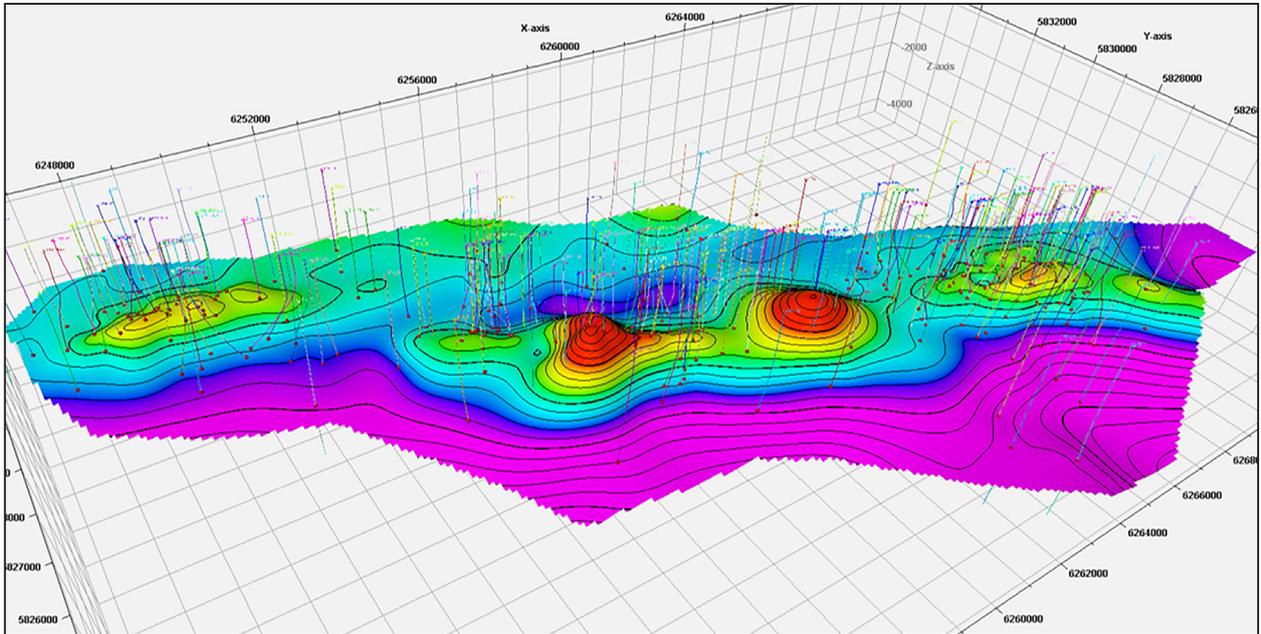


Рисунок 4 – Поверхность репера А в пределах Мармовичско-Давыдовского участка

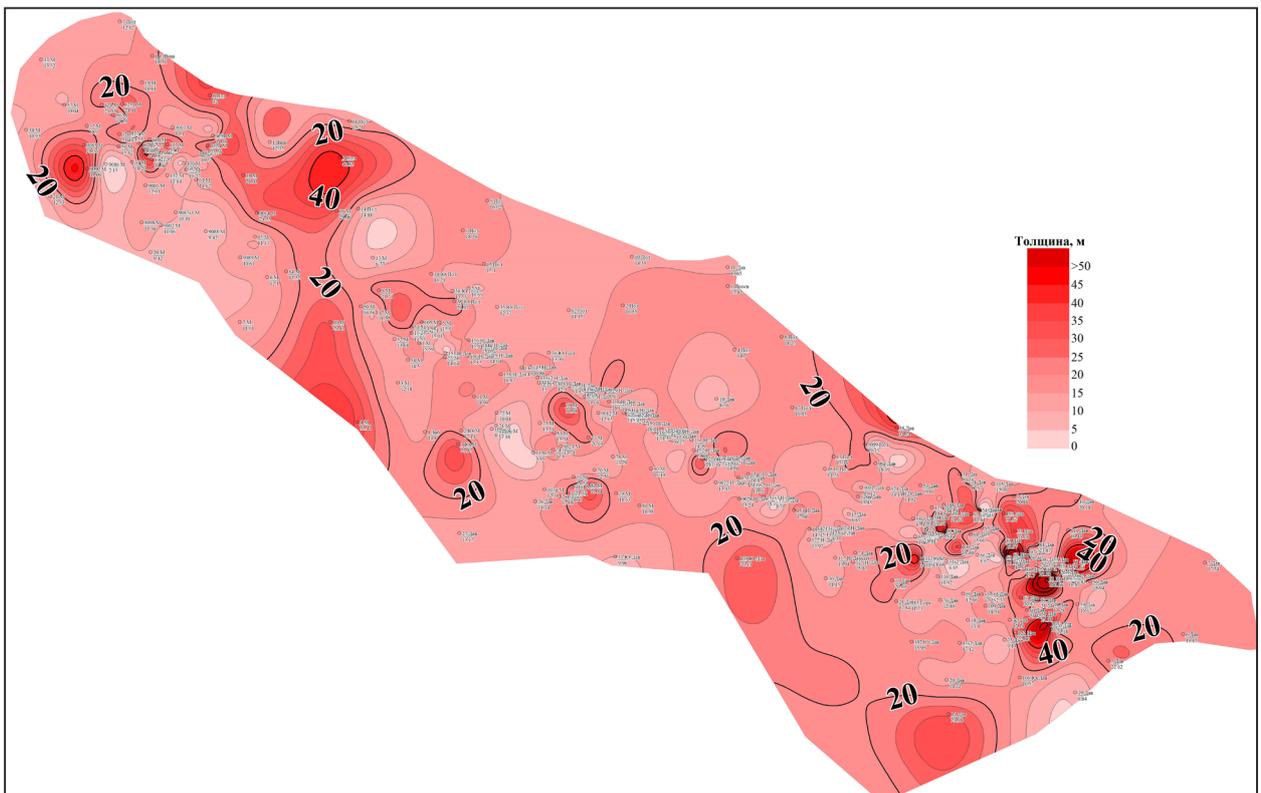


Рисунок 5 – Карта толщин репера А в пределах Мармовичско-Давыдовской площади

плотным, местами сильно насыщенным солью каменной, прозрачной. По всему интервалу наблюдаются включения обуглившихся органических остатков.

РЕПЕР «ЛЕВЫЙ» (А₁)

Отложения «левого» репера вскрыты 284 скважинами (рис. 6).

Минимальные глубины границы репера А₁ отмечаются в центральной части изучаемой территории в скв. 106г Мармовичская (1379 м), где находится соляной купол. Также можно отметить район скв. 90 и 88 Давыдовские, расположенные в восточной части изучаемой территории. Здесь, не учитывая район скв. 106 Мармовичская, отметки залегания репера «левый» располагаются выше относительно всей территории изучаемого района и равны 1994 м и 1901 м соответственно.

Максимальные глубины отмечаются в нескольких областях изучаемой территории. Первой можно отметить область, приуроченную к склону Речицко-Вишанского уступа. Здесь отметки изменяются от 2596 м в скв. 10 Мармовичская до 3250 м в скв. 14 Давыдовская. Вторая область отмечается между Ново-Давыдовским и Полесским месторождениями. Здесь глубину залегания репера можно проследить по скв. 9029 Ново-Давыдовская (2499 м) и 35 Ю-Полесская (2517 м). Третья область с пониженными глубинами прослеживается в северо-восточном направлении от второй области

и находится между Полесским и Давыдовским месторождениями. Здесь кровля репера А₁ отмечается на глубинах 2440 м в скв. 4 Полесская и 2472 м в скв. 8 Полесская.

Мощность репера А₁ изменяется от 0,48 м в скв. 1 Заболотыинская, расположенной в юго-западной части исследуемой территории, до 62,0 м в скв. 9028 Ново-Давыдовская. Средняя мощность – 11,3 м.

Литологический состав репера «левый» характеризуется керном, отобранном в процессе бурения из ряда скважин.

Так, в западной части исследуемой территории в скв. 1 Вишанская в интервале 2206,1–2208,1 м был отобран керн, приуроченный к реперу «левый». В верхней части интервала отмечается соль каменная, светло-серая, крупнокристаллическая. В нижней части – ангидрит серый с включениями соли в виде крупных кристаллов, кавернозный. Признаков НГП не наблюдалось.

Юго-восточнее IV блока Мармовичского месторождения в скв. 1 Заболотыинская в интервале 2390–2393,5 м керн представлен тонким переслаиванием известняка светло-серого, серого с коричневатым оттенком, от темно-серого до черного. Часто прослой известняка выклиниваются, переходя в линзы. При раскалывании керна на свежих плоскостях ощущается **слабый запах углеводородов**. С глубиной по интервалу увеличивается содержание глинистого материала. В нижней части керн представлен ангидритом темно-серым, пятнами молочно-белым и коричневым.

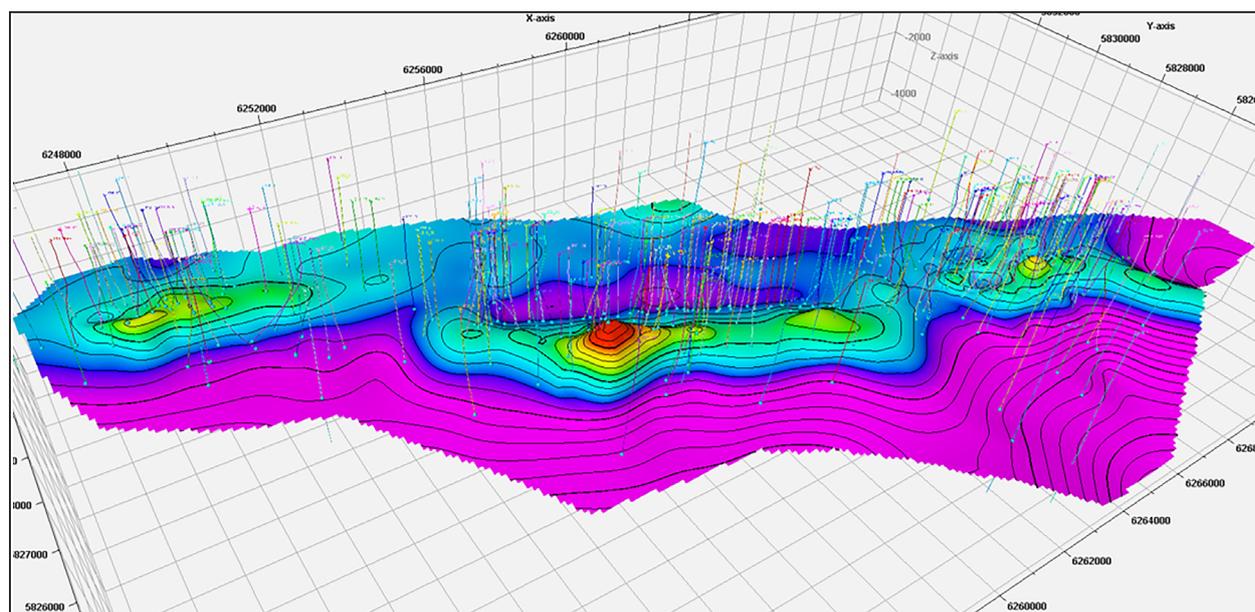


Рисунок 6 – Поверхность репера А₁ в пределах Мармовичско-Давыдовского участка

В юго-восточной части исследуемого района, на уступе Речицко-Вишанской ступени, в скв. 14 Давыдовская в интервале 3261,1–3265,9 м керн представлен ангидритом серым, голубовато-серым, крепким, слабокавернозным, каверны полые до 3 мм, встречаются отдельные трещины, ветвящиеся, раскрытостью от 2 до 12 мм, выполненные коричневатого-серым известняком, реже солью. По всему керну наблюдаются маломощные прослои серого известняка (до 4 мм). В конце интервала известняк тонкоплитчатый, косослоистый, слоистость обусловлена чередованием темных и светлых разностей, угол падения 4°. Признаков НГП не наблюдалось.

РЕПЕР «ПРАВЫЙ» (A₂)

Отложения репера «правый» вскрыты 267 скважинами (рис. 7).

Минимальная глубина кровли репера A₂, как и вышележащих несоляных прослоев, отмечается в центральной части изучаемой территории в скв. 106g Мармовичская (1339 м). Также можно отметить область более высокого залегания репера относительно всей территории на западе района исследования, приуроченную к V блоку Мармовичского месторождения. Здесь отметки залегания изменяются от 1940 м в скв. 9086 Мармовичская до 2143 м в скв. 122n Мармовичская. Вторая область высокозалегающей кровли – это район Давыдовского месторождения, где глубины изме-

няются от 1950 м (скв. 88 Давыдовская) до 2325 м (скв. 97 Мармовичская).

Максимальные глубины погружения отмечаются в нескольких областях, как и по вышележающему реперу A₁. Это область, приуроченная к склону Речицко-Вишанского уступа, где отметки изменяются от 2620 м (скв. 10 Мармовичская) до 3151 м (скв. 2 Людвиновская), и область между Ново-Давыдовским, Полесским и Давыдовским месторождениями: здесь кровля репера отмечается на глубинах от 2474 м (скв. 36 Ю-Полеская) до 2504 м (скв. 4 Полеская).

Мощность репера «правый» изменяется от 1,72 м в скважине 159 Ново-Давыдовская до 142,9 м в скв. 102 Южно-Мармовичская. Средняя мощность репера составляет 14 м.

Репер «правый» охарактеризован керном в двух зонах исследуемой площади: в центральной – из скв. 1 Полеская, 10 и 27 Давыдовские, в западной части – из 7 Давыдовская. Признаков НГП не наблюдалось.

Скв. 1 Полеская (2397,7–2412 м): соль каменная, крупнокристаллическая, белая и грязно-серая. В 1,3 м от начала интервала отмечается единственный (мощность 25 см) пропласток грязно-серого ангидрита.

Скв. 10 Давыдовская (2423–2423,9 м): ангидрит светло-серый с желтоватым оттенком, плотный, крепкий, массивный, наблюдаются редкие вкрапления размером до 8 мм известняка и глинистого материала. В нижней части интервала встречаются трещины раскрытостью

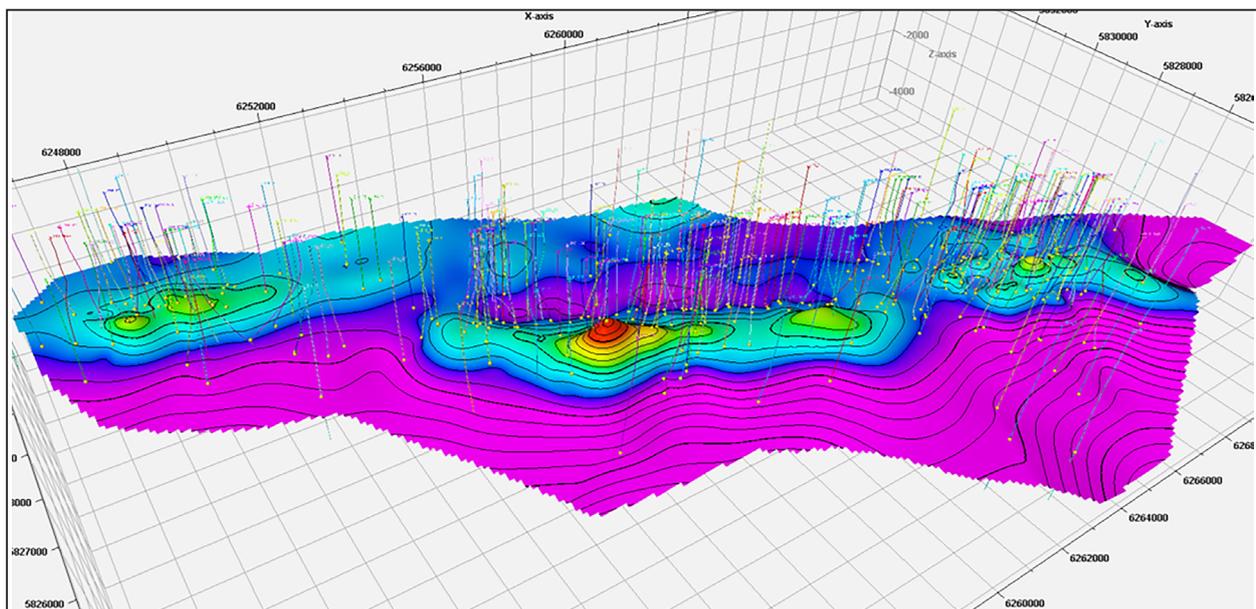


Рисунок 7 – Поверхность репера A₂ в пределах Мармовичско-Давыдовского участка

до 0,1 мм, заполненные известковым материалом.

Скв. 27 Давыдовская (3036,1–3043,1 м): соль белая, полупрозрачная, крупнокристаллическая.

Скв. 7 Давыдовская (2432,9–2509,2 м): ангидрит темно-серый, скрытокристаллический, массивный, в начале интервала слоистый (слоистость под углом 5–7°, обусловлена наличием 1–2,5 см прослоек ангидрита серого), очень крепкий, к концу интервала переходит в доломит палево-серый, ангидритосодержащий, массивный. В середине интервала прослой (13 см) ангидрита темно-серого, перекристаллизованного. В нижней части (2505,6–2509,2 м) керн представлен ангидритом серым, палево-серым, голубовато-серым, зернистым, массивным, очень крепким.

РЕПЕР «ВЫСОКИЙ» (A₄)

Отложения «высокого» репера вскрыты 182 скважинами (рис. 8).

Минимальная глубина залегания кровли репера A₄ отмечается в скв. 74 Мармовичская (2050 м), расположенная в центральной части района исследования. Максимальные погруженные глубины отмечаются в скв. 1 Людвиновская (3213 м) и 5 Людвиновская (3283 м). Скважины пробурены на склоне Речицко-Вишанского уступа.

Мощность репера A₄ незначительная по отношению к вышележащим реперам. В ряде скважин она не превышает и метра, максимальная же мощность отмечена в скв. 115г Мармовичская

и составляет 28,38 м. Средняя мощность по всему исследуемому участку репера составляет порядка 4,7 м.

Керном охарактеризованы восточная (скв. 95, 110 Давыдовские, 9008 Мармовичская) и центральная (11 Полесская) части исследуемого района.

Скв. 9008 Мармовичская (2317,1–2318,5 м): ангидрит светло-серый, кристаллический, массивный, трещиноватый (трещины разноориентированы, шириной 1–3 мм, выполнены глиной темно-серой). При хранении керна по трещинам появились **выпоты темно-коричневой нефти**.

Скв. 11 Полесская (2585,5–2591,6 м): в верхней части интервала ангидрит серый, крепкий, массивный, отмечаются включения известняка коричневого и мергеля серо-зеленого. В нижней части соль каменная, полупрозрачная, крупнокристаллическая, плотная. Признаков НГП не наблюдалось.

Скв. 95 Давыдовская (2489–2490 м): ангидриты серые с голубоватым оттенком, массивные, плотные, с частыми включениями в диаметре до 1 см известняков и доломитов темно-серых, почти черных. Признаков НГП не наблюдалось.

Скв. 110 Давыдовская (2496,3–2511,7 м): в верхней части интервала керн представлен ангидритами светло-серыми, голубовато-серыми, массивными, скрытокристаллическими, очень крепкими, **отмечаются выпоты нефти**. В средней части выделяются сульфатно-карбонатные породы, темно-серые, коричнево-серые, массивные. Состоят из неравномерно распределяющегося в ангидритовой массе частых включений известко-

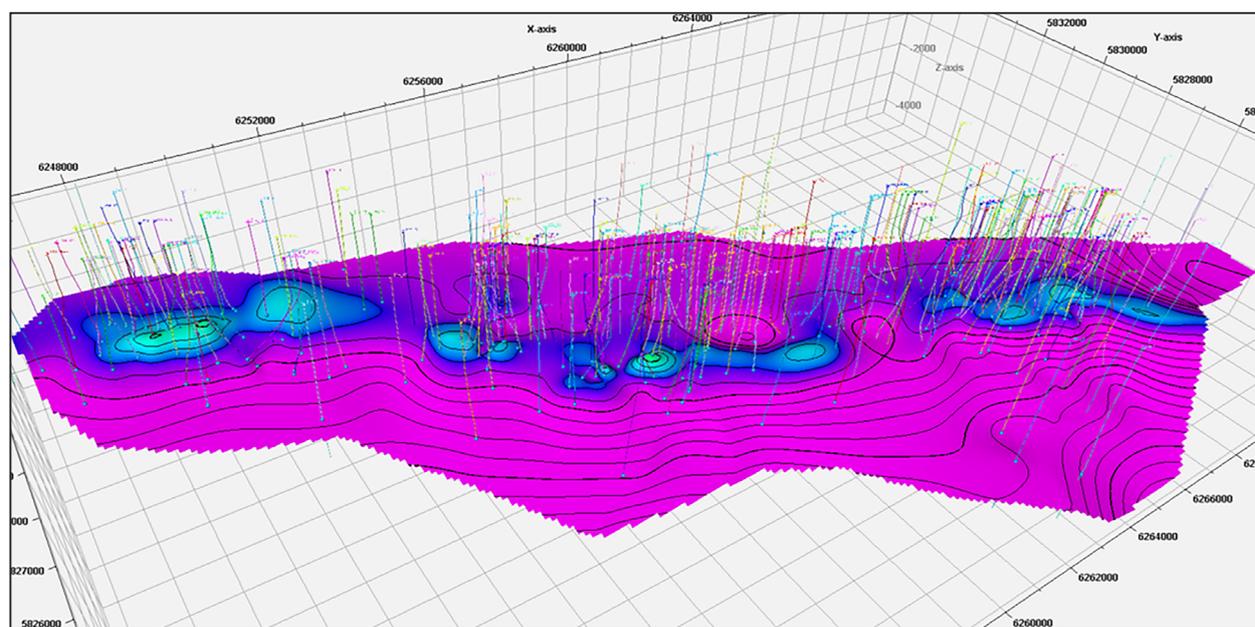


Рисунок 8 – Поверхность репера A₄ в пределах Мармовичско-Давыдовского участка

вой массы микрозернистой, участками отмечаются гнездовидные неправильной формы включения известняков пелитоморфно-микрозернистых, неравномерно глинистых. Ниже карбонатные породы переходят в соль каменную, от прозрачной до коричневато-серой, пятнистой.

«БОРИЧЕВСКАЯ» ПАЧКА

В пределах исследуемого участка «боричевская» пачка вскрыта 268 скважинами (рис. 9).

Глубина залегания кровли «боричевской» пачки на Мармовичско-Давыдовском участке изменяется в пределах от 2430 м (17 Давыдовская) до 3463 м (5 Людвиновская), имея более выдержанную глубину залегания по сравнению с вышележающими реперами. Максимально приподнятые области приурочены к V блоку Мармовичского месторождения (2473 м – 58 Мармовичская) в западной части территории исследования и район Давыдовского месторождения (2430 м – 17 Давыдовская) в восточной. Погруженные участки приурочены к склону Речицко-Вишанского уступа, где глубина изменяется от 2931 м (50 Мармовичская) до 3446 м (2 Людвиновская).

Мощность «боричевской» пачки в пределах исследуемого участка изменяется от самых минимальных значений 0,2–0,3 м в ряде скважин до 168,68 м в скв. 9008 Мармовичская. Средняя мощность репера невелика и составляет 17,1 м. Если не учитывать несоляные прослои «боричевской» пачки мощностью до 10 м, средняя ее мощность

составит порядка 35 м, что существенно меняет представление о самом перспективном репере галитовой субформации в пределах всей Речицко-Вишанской зоны. Некоторые исследователи Беларуси, геологи-нефтяники считают, что нефтеносными могут быть лишь те пачки, мощность которых близка к отметке в 100 м.

Вынос kernового материала из отложений «боричевской» пачки внутрисолевых отложений в пределах изучаемого района имеет наибольший метраж.

В западной части керн отобран в 7 скважинах: 33 Мармовичская, 1 Вишанская, 1 С-Вишанская, 3, 6, 7, 11 Полесские. Представлен ангидритами светло-серыми, серыми, голубовато-серыми массивными, крепкими, доломитизированными, слаботрещиноватыми, кавернозными. Каверны заполнены желтовато-серыми и серыми глинами известковистыми, в некоторых случаях глинисто-органическим веществом. За счет карбонатно-сульфатизированных включений имеют пятнистую текстуру. Отмечаются тонкие пленки пирита. В скважинах встречаются прослои известняка от светло-серого до черного, мелкокристаллического, слабокавернозно-пористого. Каверны как полые, так и выполнены солью каменной, иногда углистым веществом, по отдельным наблюдаются **капельки коричневой нефти**. В скв. 7 Полеская в низах «боричевской пачки» отмечается брекчиевидное переслаивание мергеля зеленовато-серого, плотного, участками с зеркалами скольжения. **Выпоты и выделения нефти** от-

КАРЫСНЫЯ ВЫКАПНІ

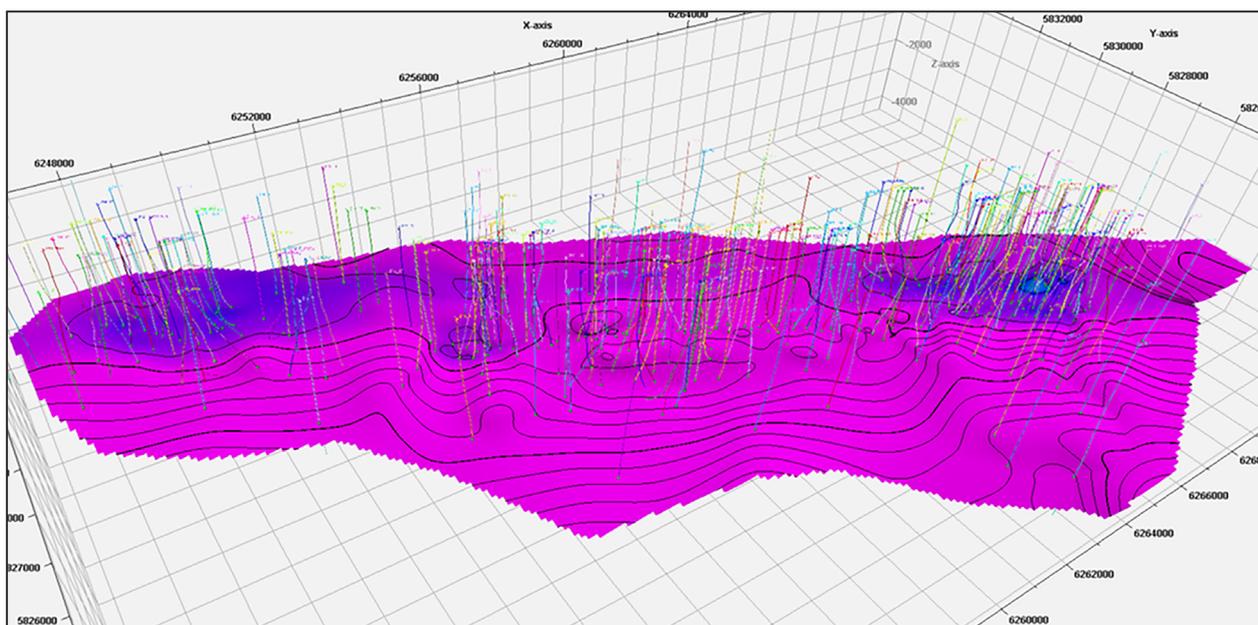


Рисунок 9 – Поверхность «боричевской» пачки в пределах Мармовичско-Давыдовского участка

мечаются в скв. 33 Мармовичская, 1 С-Вишанская, 3, 7 и 11 Полесские.

В центральной части исследуемого района керн отобран в 18 скважинах: 16, 17, 83, 9012 Мармовичские, 1 Просветская, 34 Ю-Полесская, 119 Н-Давыдовская, 1, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 12, 15 Полесские, 10, 11 Давыдовские. Керн представлен ангидритами белыми, светло-серыми, голубовато-серыми, массивными, плотными, от микрокристаллических до кристаллических, отмечаются включения линз и гнезд известняков и глинистых пород. Известняки от светло- до темно-серых, серо-коричневые, массивные, плотные, кавернозные, каверны выполнены в основном солью светло-серого, оранжевого цветов, трещиноватые, трещины – разноориентированные открытого и закрытого типа. Отмечаются включения пирита. Соль каменная светло- и темно-серая, желтая, кристаллическая, полупрозрачная, плотная. В скв. 16, 17, 83, 9012 Мармовичские, 119 Н-Давыдовская, 1, 2, 4, 5, 8 Полесские, 11 Давыдовская отмечаются **выпоты и выделения углеводородов (нефть, битум)**.

В восточной части керн отобран в 22 скважинах: 116, 117 Н-Давыдовские, 13 Полесская, 1, 3, 16, 17, 31, 33, 38, 43, 53, 55, 66, 81, 85, 95, 110, 121, 125, 134g_1, 9001 Давыдовские. Керн «боричевского» репера в восточной части характеризуется ангидритами палево-серыми, от светло- до темно-серых, крепкими, массивными, скрытокристаллическими, местами пятнистыми, за счет прожилок и включений известняков серых. Известняки светло-серые, голубовато-серые, микрозернистые, скрытокристаллические, иногда брекчеевидные, доломитистые, трещиноватые, слабоглинистые и глинистые, участками пористые, отмечаются прожилки белого гипса, остатки фауны. Иногда наблюдается пиритизация породы. Соль каменная, полупрозрачная, светло-серая до белой, крупнокристаллическая встречается практически во всех интервалах отобранного керна. В скв. 13 Полесская, 17, 31, 33, 43, 66, 85, 110, 121, 134g_1 и 9001 Давыдовские отмечаются **налеты и примазки битума и жидкой нефти**.

Нефтеносность «боричевской» пачки исследуемого участка установлена на Полесском и Давыдовском месторождениях.

В пределах Полесского месторождения максимальный приток нефти из «боричевской» пачки дебитом 153,6 м³/сут. был получен в интервале 2647–2664 в скв. 8 Полесская. Коллекторами являются ангидриты с прослоями известняков, различной степени пористые, кавернозные, трещиноватые. Тип коллектора – каверново-порово-трещинный.

Средний коэффициент открытой пористости по данным ГИС составляет 5,2%.

Максимальный приток нефти из «боричевской» пачки в пределах Давыдовского месторождения был получен в скважине 105 Давыдовская, где в интервале 2620–2649 м получен приток нефти дебитом 621,6 м³/сут. Здесь коллекторами являются в основном известняки, в меньшей степени доломиты и ангидриты, породы пористые, встречаются трещины, каверны. Тип коллектора – порово-каверново-трещинный. Средний коэффициент открытой пористости по данным ГИС составляет 8,0%.

ВЫВОДЫ:

1. Втурические несоляные прослои (реперы «шатилковский» (А), «левый» (А₁), «правый» (А₂), «высокий» (А₄), «боричевская» пачка) на территории Мармовичско-Давыдовской площади имеют повсеместное распространение и хорошую прослеживаемость, что подтверждается как материалами ГИС, так и отобранными керновыми материалами в пробуренных скважинах.

2. В процессе интерпретации материалов ГИС по скважинам Мармовичско-Давыдовского участка реперы «широкий» (А₃), «мелкий» (А₅), «корневский» (А₆–А₇) и «глубокий» (А₈) на данной территории идентифицированы не были.

3. Унаследованность отложений несоляных пачек (НСП) хорошо подтверждается построенной автором геологической моделью и отражена на представленных рисунках. По планам поверхности реперов видно, что и «боричевская» пачка, и репер А₄ в целом повторяют конфигурацию поверхности межсолевой толщи, в то время как вышезалегающие НСП уже имеют несколько другие пространственные характеристики, контуры, в том числе существенно большие амплитуды глубин. Это может указывать на более активные процессы галокинеза в толще отложений залесских слоев, в частности 4-й и 5-й пачек галитовой подтолщи. Причиной данного явления, по-видимому, могут быть отличия свойств галитовых пород этой части разреза галитовой субформации, например, их повышенная текучесть и пластичность наряду с большими толщинами чисто соляных разрезов, что и приводит к более масштабным дислокациям соляных масс, а следовательно, и постседиментационным смещениям несоляных прослоев в залесских и найдовских слоях.

4. Приведенное в тексте описание керна показывает весьма сложный и неоднородный состав

НСП даже в пределах одного участка, что указывает на значительные изменения условий осадконакопления и в пределах небольшого участка, а также на необходимость их дальнейшего более детального изучения.

5. Прямые признаки НГН в пределах Мармовичско-Давыдовского участка в основном отмечены в отложениях «боричевской» пачки с уже доказанной нефтеносностью, но в то же время и в маломощных ангидридах репера A_4 встречаются выделения нефти, что говорит о возможных перспективах внутрисолевых прослоев.

6. Анализ развития и распространения свойств НСП позволяет оконтуривать участки с увеличенными мощностями и улучшенными коллекторскими свойствами, которые могут быть перспективными для открытия скоплений УВ. Еще недавно о нефтеносности отложений «боричевской» пачки лебедянского горизонта Речицкого месторождения говорить не приходилось, они были всего лишь перспективными для дальнейшего изучения. А сейчас это промышленные запасы углеводородов, которые активно осваиваются, что убеждает

автора статьи в правильности выбора объекта исследования.

7. Перспективность несоляных пачек галитовой субформации несомненна, учитывая уже установленную нефтеносность несоляных прослоев галитовой субформации на ряде площадей Припятской НГО. Поэтому прослеживание, идентификация НСП и оценка свойств пород разреза является весьма важной и актуальной частью работы для установления нефтеносности других менее изученных площадей и территорий, зная весьма сложный характер их распространения, изменчивость по площади и разрезу. Мармовичско-Давыдовский участок был выбран как полигон для рассмотрения поведения несоляных пачек по той причине, что он хорошо изучен глубоким бурением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геология** Беларуси / под ред. А. С. Махнач [и др.]. – Минск : ИГН НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
2. **Девонские** соленосные формации Припятского прогиба / Р. Г. Гарецкий [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1982. – 208 с.
3. **Кондратенко, А. В.** Анализ геологического строения и нефтеносности верхнесоленосных отложений Речицко-Вишанской зоны Припятского прогиба / А. В. Кондратенко // Нефтяник Полесья. – 2021. – № 2 (40). – С. 79–87.
4. **Стратиграфические** схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси / С. А. Кручек, А. В. Матвеев, Т. В. Якубовская [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 281 с.

Статья поступила в редакцию 29.03.2022

Рецензент Я.Г. Грибик

**АСАБЛІВАСЦІ БУДОВЫ І ПЕРСПЕКТЫВЫ НАФТАГАЗАНОСНАСЦІ ГАЛІТАВАЙ
ПАДТОЎШЧЫ ВЕРХНЕСАЛЯНОСНЫХ ДЭВОНСКІХ АДКЛАДАЎ МАРМОВІЦКА-
ДАВЫДАЎСКАГА УЧАСТКА У ПАЎНОЧНАЙ ЗОНЕ ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ**

А.У. Кандраценка

РУП «Вытворчае аб'яднанне “Беларуснафта”»
НГДК «Рэчыцанафта»
вул. Леніна, 43, 247483, Рэчыца, Беларусь
E-mail: a.kondratenko2@beloil.by

Несаляныя пароды верхнесаляноснай тоўшчы з'яўляюцца вельмі важным нафтаносным і нафтаперспектыўным аб'ектам: у межах тоўшчы адкрыты цэлы шэраг радовішчаў нафты. Пароды несалёных пачак галітавай падтоўшчы на шэрагу плошчаў Прыпяцкай нафтагазаноснай вобласці валодаюць дастатковымі фільтрацыйна-ёмістымі ўласцівасцямі для ўтрымання вуглевадародаў, адзначаюцца шматлікія прыкметы нафтаноснасці ў керне. У той жа час з-за складанасці геалагічнай будовы ўнутрысаляных аб'ектаў адзначаецца, што ступень вывучанасці перспектыўных аб'ектаў недастатковая для надзейнага прагназавання як развіцця парод-калектараў і іх нафтанысчанаасці, так і зон развіцця пастак у межах тоўшчы, іх прасочванне па плошчы і разрэзе [3].

**STRUCTURAL FEATURES AND PROSPECTS OF OIL AND GAS
OF THE HALITE SUBSECTION OF THE UPPER SALT-BEARING DEVONIAN DEPOSITS
OF THE MARMOVICHSKO-DAVYDOVSKI AREA IN THE NORTHERN ZONE
OF THE PRIPYAT TROUGH**

A. Kondratsenko

State Production Association Belorusneft
Oil and gas production department «Rechitsaneft»
43, Lenina str., 247483, Rechitsa, Belarus
E-mail: a.kondratenko2@beloil.by

Insidesalt rocks of the upper salt-bearing are very important oil-bearing and oil-promising object: there are discovered a series oil fields. These sediments have high capacity values for hydrocarbon accumulations in a series oil-bearing areas of Prypiat oil-and-gas bearing basin; there are multiple direct signs of oil content in the core. Insidesalt rocks of the upper salt-bearing have complicated geological structure, there is limited research for reliable forecasting of reservoir rocks, trap and their tracking by area and section [3].

АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ ЗАЛЕЖИ НЕФТИ В ВОРОНЕЖСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ (ВЕРХНИЙ ФРАН) ЗОЛОТУХИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ПРИПЯТСКОМ ПРОГИБЕ ПО ПРОМЫСЛОВЫМ ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

С.Л. Порошина

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого
пр. Октября, 48, 246746, Гомель, Беларусь
E-mail: svetaporosh@gmail.com

Рассмотрены результаты обработки гидрохимической информации по добывающим скважинам воронежской залежи нефти Золотухинского месторождения в связи с особенностями их эксплуатации, что позволило установить общие закономерности изменения гидрохимических и технологических параметров за весь период освоения рассматриваемой залежи. Результаты гидрохимических исследований свидетельствуют о принципиально разном характере ее разработки в пределах западной и восточной частей. Если западные участки залежи разрабатывались на смешанном упруговодонапорном и искусственно водонапорном режиме, то для восточной части залежи характерен активный искусственно водонапорный режим. Скорости перемещения пластовых флюидов в пределах залежи оценены в 0,56–15,83 м/сут. Рассчитанные объемы растворенных и вынесенных с попутными водами вторичных галитовых включений составили 4870 м³, что привело к существенному изменению ФЕС продуктивных отложений. Результаты проведенных исследований рекомендовано использовать при корректировке гидродинамической модели воронежской залежи Золотухинского месторождения и составлении нового проектного документа ее дальнейшей разработки.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ разработки нефтяных месторождений в Республике Беларусь осуществляется в рамках периодически проводимых авторских надзоров за реализацией действующих проектных документов, при корректировке этих документов, подготовке новых проектов или дополнений к ним, регламентирующих проведение дальнейших работ по освоению конкретных залежей [13]. При составлении таких документов гидрогеохимические сведения обычно используются весьма ограниченно [1; 3; 4; 8; 14]. Однако наличие массовых данных о химическом составе и плотностях пластовых, закачиваемых и попутных вод по основным месторождениям Республики Беларусь, обоснованные ранее и предложенные в последние годы методические приемы обработки и интерпретации этих фактических материалов свидетельствуют о возможности более широкого их использования при

решении ряда оперативных и ретроспективных нефтепромысловых задач.

Как показали проведенные исследования, разработанные и усовершенствованные в последние годы автором, гидрохимические методы анализа и контроля эксплуатации добывающих скважин и освоения нефтяных месторождений заметно отличаются от предложенных ранее, являются оперативными и более эффективными при их использовании на практике [9; 11; 12]. С помощью этих методов мы попытались уточнить существующие представления об истории разработки относительно небольшой по размерам, но достаточно хорошо изученной, воронежской залежи нефти Золотухинского месторождения, находящейся на последней стадии освоения.

По поверхности подсолевых отложений Золотухинская структура представлена моноклиналильным блоком, расположенным в западной части

Малодушинской зоны поднятий, погружающимся в северном направлении под углом 15–25°. Воронежская залежь занимает наиболее приподнятую часть структуры, которая ограничена с юга региональным Малодушинским разломом с амплитудой до 1000 м и более. Северная граница залежи проводится по внешнему водонефтяному контуру и линии зоны отсутствия коллекторов. Залежь разбита на три блока малоамплитудными опережающими разрывными нарушениями северо-восточного простирания, которые являются проницаемыми, но вместе с этим оказывают заметное влияние на ее разработку. Нефтеносность приурочена к карбонатным коллекторам каверново-порово-трещинного типа. По характеру резервуара, экрана и ограничений залежь является пластовой тектонически-экранированной.

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

При проведении анализа и контроля эксплуатации добывающих скважин и разработки рассматриваемой залежи по гидрохимическим данным использовались многочисленные сведения по плотностям закачиваемых и попутных вод, а также представительные результаты химического анализа пластовых, закачиваемых и попутных вод. К обработке и интерпретации гидрохимических данных привлекалась также необходимая геолого-промысловая информация (степень обводнения продукции, проводимые подливы пресных вод в скважины и др.).

Для характеристики состава пластовых рассолов воронежской залежи Золотухинского месторождения использовались результаты химического анализа вод, отобранных при испытании поисковых и разведочных скважин. При этом из всех имеющихся анализов по разработанным ранее критериям разбраковки [5; 7; 10; 11; 15] были выделены наиболее представительные, которые использовались для определения средних значений концентраций кальция, магния, натрия и калия в пластовых водах рассматриваемого месторождения.

В целях обоснования концентраций анализируемых компонентов в закачиваемых водах был построен график изменения плотности этих вод с нанесением на него сведений о плотностях вод блочной кустовой насосной станции (БКНС-3), частично разбавленные воды которой подаются к нагнетательным скважинам. Плотности закачиваемых вод и вод БКНС-3 оказались в боль-

шинстве случаев сопоставимыми, что послужило обоснованием при выборе наиболее представительных химических анализов и определении необходимых для проведения дальнейших расчетов содержаний кальция, магния, натрия и калия в закачиваемых водах.

Для оценки представительности результатов химических анализов попутных вод прежде всего были построены графики изменения плотностей попутных вод по всем добывающим скважинам за время их эксплуатации с нанесением на них сведений о плотностях, полученных при проведении химических анализов. С использованием этих графиков были созданы две выборки результатов химических анализов, которые характеризуют состав вод, обводняющих скважины, и вод, обводняющих продукцию. Проведенная обработка гидрохимических данных позволила определиться с методическими приемами проводимых расчетов. Для анализов, характеризующих состав вод, обводняющих скважину, при расчете величины долевого участия закачиваемых вод в попутно добываемых с нефтью водах и избыточного содержания в них хлоридов натрия использовалась программа Галит-1 [12]. Перед тем, как определить анализируемые показатели по сведениям о составе разбавленных вод, обводняющих продукцию, данные о суммарном содержании в их составе кальция и магния, натрия и калия корректировались с учетом степени их разбавления пресными водами (подход Галит-1т) [11].

Проведенная обработка гидрохимических данных позволила провести расчеты величин выше-названных показателей, а также объемов растворенного в продуктивных пластах и вынесенного с попутными водами галита по всем добывающим скважинам. Полученные результаты расчетов легли в основу построения соответствующих схематических карт и графиков.

Одной из наиболее важных задач при анализе, контроле и регулировании разработки нефтяных залежей является выяснение направлений и скоростей перемещения пластовых флюидов. Наиболее качественно она может быть решена гидродинамическими методами, однако результатов таких исследований обычно оказывается явно недостаточно – на 2–3 порядка меньше, чем данных по плотностям нефтепромысловых вод и их химическому составу. Поэтому мы попытались решить данную задачу с гидрохимических позиций. Для этого был выбран подход, заключающийся в сопоставлении графиков изменения плотностей попутных вод с графиками объемов закачки

воды в нагнетательные скважины, которые могут оказывать непосредственное влияние на процесс вытеснения нефти к конкретным добывающим скважинам.

Известно, что по мере продвижения закачиваемых вод к забоям добывающих скважин происходит не только их смешение с пластовыми растворами, но и интенсивное обогащение хлоридами натрия за счет рассоления продуктивного коллектора [8]. В связи с этим увеличение объемов закачки должно приводить к снижению плотности попутных вод, а снижение объемов закачки (увеличение продолжительности контакта закачиваемых вод с засоленными породами) или остановка нагнетательных скважин – к повышению. Кроме того, рост объемов закачиваемых вод приводит к увеличению скоростей их продвижения к забоям добывающих скважин и росту обводненности этими водами. Возможность решения рассматриваемой задачи с помощью изложенного подхода, в том числе на примере скважин Золотухинского и Северо-Домановичского месторождений, была продемонстрирована ранее [1; 9; 12].

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН ПО СВЕДЕНИЯМ О ПЛОТНОСТЯХ И ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ПЛАСТОВЫХ, ЗАКАЧИВАЕМЫХ И ПОПУТНЫХ ВОД

Ограниченный объем статьи не позволяет рассмотреть установленные нами особенности изменения основных показателей химического состава попутно добываемых вод, отражающих характер вытеснения нефти из продуктивных пластов по всем скважинам, эксплуатировавшим залежь воронежского горизонта. Поэтому ниже мы кратко остановимся на характерных примерах, наиболее наглядно демонстрирующих возможности гидрохимических методов при решении ряда промысловых задач в пределах восточного участка залежи, для поддержания пластового давления которого использовались пресные и маломинерализованные воды. Для изучения особенностей влияния нагнетательных скважин на состав добываемых с нефтью вод нами широко использовались такие показатели, как плотность попутных вод, коэффициент долевого участия закачиваемых вод в попутно добываемых водах (X) и величина избыточных концентраций в них хлоридов натрия ($\text{NaCl}_{\text{изб.}}$).

Разработка восточной части воронежской залежи нефти начата в 2000 г. вводом в эксплуатацию

скв. 64. Скважина вела добычу практически безводной продукции. Имеющиеся по ней сведения о плотностях попутных вод на безводном этапе эксплуатации отражают их техногенную природу. В сентябре 2003 г. скв. 64 переведена под закачку пресной и слабоминерализованной воды [2].

Скв. 56 введена в эксплуатацию воронежского горизонта в феврале 2002 г. в юго-восточной части залежи, но, проработав 7 месяцев, переведена в бездействие в связи со снижением динамического уровня. В 2006 г. скважина была введена из контрольного фонда. Анализ сведений об изменении плотности попутных вод в процессе дальнейшей эксплуатации скважины и сопоставление отмеченных изменений с объемами закачки пресной и слабоминерализованной воды в скв. 64 и 119 позволяют утверждать, что обводнение скважины связано с влиянием названных нагнетательных скважин (рис. 1).

На графике изменения плотностей попутных вод в процессе эксплуатации скважиной воронежского горизонта автором выделено 5 этапов. Снижение плотности попутных вод связано с ростом объемов закачки слабоминерализованных вод в скв. 64 (этап I), а стабилизация рассматриваемого показателя вызвана большими объемами закачки в скв. 64 и 119 (этап II). Увеличение плотности попутных вод объясняется снижением интенсивности закачки в названные скважины (этап III). Период циклической закачки вод в скв. 64 (этап IV) характеризуется плавным снижением плотности попутных вод, а прекращение закачки в эту скважину – ростом значений рассматриваемого показателя (этап V). Химический состав попутных вод этапа II по скважине охарактеризован тремя представительными результатами химического анализа, обработка которых по программе Галит-1 позволяет говорить об их однообразии. Так, рассчитанные величины коэффициента долевого участия закачиваемых вод в попутно добываемых водах колеблются в очень узких пределах ($X = 0,840-0,841$). Изменения в содержании избыточного количества хлорида натрия также невелики (58,7–78,8 г/л). В последние два года отмечено резкое повышение плотности попутных вод, вызванное увеличением в их составе доли пластовых рассолов ($X = 0,670$) и избыточных концентраций хлоридов натрия до 109,4 г/л (табл. 1). Все это может указывать на увеличение охвата продуктивных пластов вытеснением и подключение к работе непромытых от галита фильтрационных каналов.

Рассчитанные по характерным точкам изменения плотности попутных вод скв. 56 и объемов за-

качки в нагнетательную скв. 64 скорости движения флюидов оцениваются в 0,56–0,90 м/сут (табл. 2).

В 2002 г. переведена на воронежский горизонт скв. 110, обводнение которой очевидно произошло под влиянием закачки в скв. 64 пресных и слабоминерализованных вод. Характерная для этого времени плотность попутной воды данной скважины составляет 1,02–1,03 г/см³, что соответствует общей минерализации около 30–45 г/л. Сведения о химическом составе этих вод отсутствуют.

В июне 2004 г. в связи с обводнением с семи-лукского на воронежский горизонт переведена скв. 9005. В течение всего периода эксплуатации плотность попутно добываемых ею вод существенно менялась. Изменение плотности попутных вод данной скважины хорошо коррелируется с объемами закачки вод в нагнетательные скв. 64 и 119. Так, рост объемов закачиваемых вод в скв. 64 приводит к снижению плотности попутных вод скв. 9005 с 1,18 до 1,06 г/см³ (этап I на рис. 2). Последовавшая за этим стабилизация рассматри-

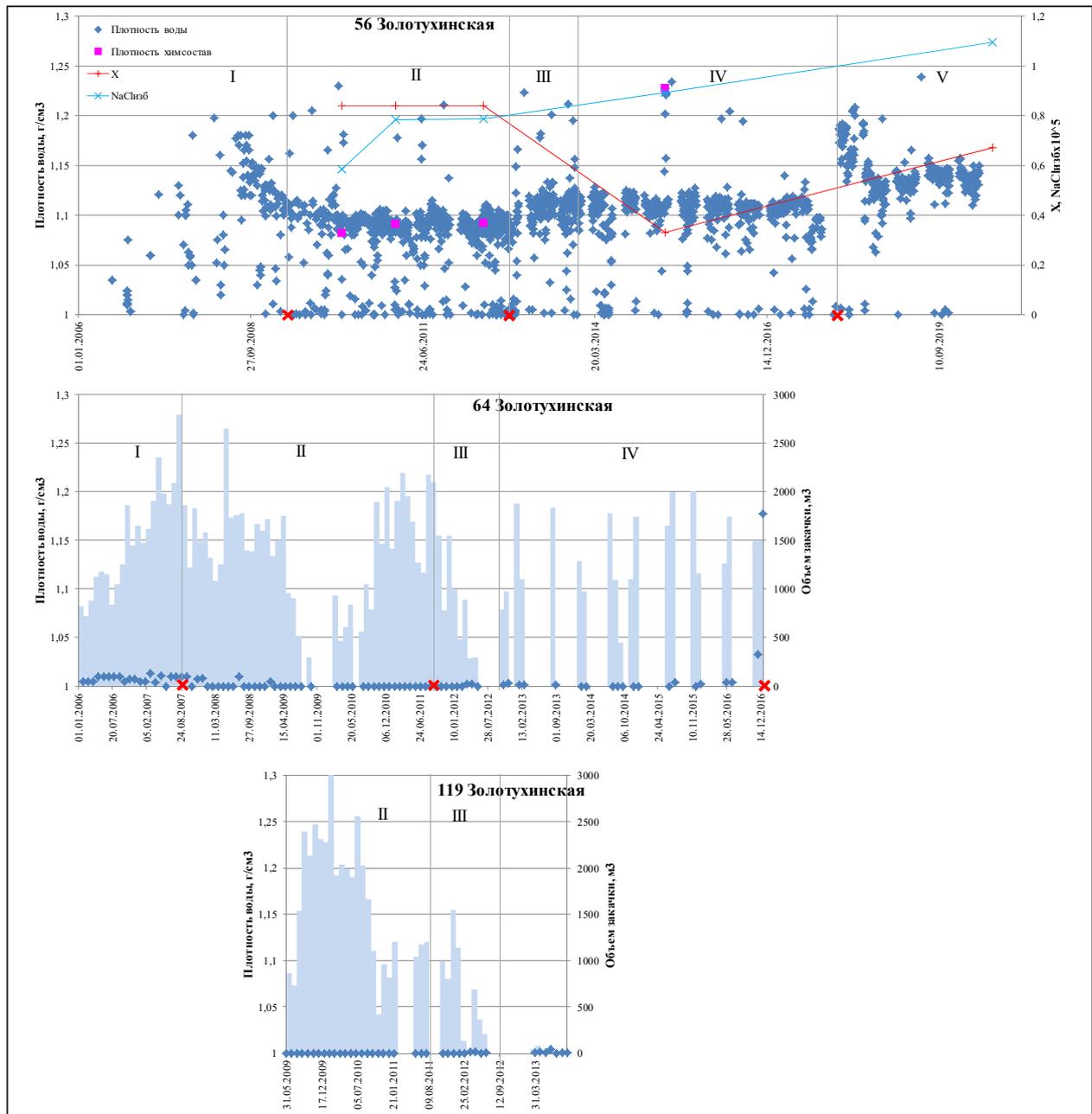


Рисунок 1 – Сопоставление плотностей попутных рассолов, долевого содержания в них закачиваемых вод и избыточных концентраций хлорида натрия скважины 56 с объемами закачки в скважины 64 и 119 Золотухинского месторождения

Таблица 1 – Результаты расчета гидрохимических показателей (Х, NaCl_{изб.}) для воронежской залежи нефти Золотухинского месторождения

Скважина	Дата отбора пробы	Галит-1	
		Х	NaCl _{изб.} , мг/л
26	03.10.1996	0,633	114009
	16.02.1998	0,36	53005
	02.03.1998	0,054	17199
26 Итого		0,349	61404
52	05.02.1987	0,397	64783
52 Итого		0,397	64783
56	11.03.2010	0,84	58662
	17.01.2011	0,84	78268
	12.06.2012	0,841	78796
	17.07.2020	0,67	109363
56 Итого		0,798	81272
58	12.01.2005	0,769	53884
	26.04.2006	0,551	19108
	23.01.2008	0,395	-11829
	18.06.2009	0,368	-17169
	26.03.2010	0,276	41566
	13.01.2011	0,475	40295
	11.05.2012	0,358	46536
	30.10.2012	0,543	57332
	30.04.2015	0,532	45774
	11.04.2018	0,6	75857
	25.05.2018	0,54	36189
	08.05.2020	0,392	43737
	15.07.2020	0,295	44678
58 Итого		0,469	36612
73	20.01.2008	0,932	16204
	11.03.2010	0,993	6575
	12.07.2010	0,897	34413
	23.09.2010	0,876	24747
	11.01.2011	0,935	38732
	16.11.2012	0,928	40641
	18.05.2015	0,826	59262
73 Итого		0,912	31511
74	24.04.2006	0,948	30232
	02.11.2006	0,96	14409
	30.01.2007	0,957	31007
74 Итого		0,955	25216
76	22.05.2006	0,606	39965
	23.05.2006	0,606	47559
	15.11.2006	0,782	63930
	15.01.2007	0,713	54572
	23.01.2008	0,809	30670
	04.01.2010	0,792	92611
	17.11.2010	0,884	74726
76 Итого		0,742	57719
80	14.01.1997	0,638	73010
	02.12.1998	0,135	17719

Скважина	Дата отбора пробы	Галит-1	
		Х	NaCl _{изб.} , мг/л
	19.11.2002	0,574	-2889
80 Итого		0,496	40212
81	24.02.2004	0,762	53786
81 Итого		0,762	53786
83	25.02.2002	0,85	117013
	26.02.2002	1,165	52323
83 Итого		1,008	84668
84	21.01.2002	0,817	50755
	26.02.2002	0,98	20029
84 Итого		0,898	35392
91	10.11.1998	0,595	46428
	10.05.1999	0,757	28122
	25.02.2002	0,603	70827
91 Итого		0,652	48459
111	23.09.2010	0,887	95784
	13.02.2012	0,877	107602
	01.05.2015	0,855	120584
111 Итого		0,876	104938
115	08.07.2007	0,959	8557
	20.01.2008	0,947	9681
	11.07.2012	1,077	12570
	25.05.2015	0,538	45104
115 Итого		0,88	18978
116	07.05.2009	0,969	12449
	10.08.2010	0,955	7329
	07.09.2011	0,881	87480
	16.08.2013	0,858	106275
	11.05.2015	0,758	103620
	15.10.2018	0,751	164437
116 Итого		0,862	80265
9005	22.01.2008	0,867	40347
	06.08.2008	0,925	61944
	05.09.2008	0,893	48137
	08.10.2009	0,956	48223
	17.01.2011	0,942	21270
	16.05.2012	0,837	59048
	31.07.2013	0,865	70262
	12.05.2015	0,766	64818
	20.07.2020	0,476	78783
9005 Итого		0,836	54759
20s2	05.09.2017	0,389	49612
20s2 Итого		0,389	49612
74s2	26.07.2010	0,855	147951
	05.10.2010	0,87	113617
	11.01.2011	0,875	85872
74s2 Итого		0,867	115813

Таблица 2 – Результаты оценки скоростей фильтрационных потоков от нагнетательных скважин к добывающим для воронежской залежи Золотухинского месторождения

Скважина добывающая	Этап	Скважина нагнетательная	Время продвижения воды, сут	Расстояние между скважинами, м	Скорость продвижения воды, м/сут
54	2	77	58	700	12,07
	3	77	50	700	14
	4	77	46	700	15,22
56	2	64	592	333	0,56
	3	64	369	333	0,9
	5	64	420	333	0,79
58	1	52	102	1330	13,04
	2	52	84	1330	15,83
	3	52	117	1330	11,37
73	2	64	185	710	3,84
	3	64	145	710	4,9
	5	64	613	710	1,16
74n2	2	64	81	348	4,3
83	1	77	125	490	3,92
	2	77	66	490	7,42
111	2	119	362	870	2,4
	3	119	312	870	2,79
	4	119	307	870	2,83
	5	64	186	551	2,96
116	2	119	207	1043	5,04
	3	119	182	1043	5,73
	4	64	384	401	1,04
9005	2	64	178	1028	5,78
	3	119	155	395	2,55
	4	119	101	395	3,91
	7	64	492	1028	2,09

ваемого показателя на последнем значении связана с относительно постоянными и достаточно высокими объемами закачки воды в ту же скв. 64 (этап II). Ввод под нагнетание скв. 119 с большими объемами закачки пресных вод приводит к еще более заметному (до 1,01–1,03 г/см³) снижению плотности попутных вод (этап III), а снижение интенсивности нагнетания в эту скважину – к росту данного показателя до значений около 1,09 г/см³ (этап IV). Дальнейшая стабилизация плотности попутных вод, очевидно, связана с возросшими объемами закачки воды в скв. 64 (этап V). С переходом на технологию периодической эксплуатации нагнетательных и добывающих скважин плотность попутных вод начинает возрастать (этап VI) и достигает в апреле 2020 г. 1,16–1,18 г/см³ (этап VII), что связывается с прекращением нагнетания в скв. 64.

Рассчитанные нами по результатам имеющихся гидрохимических сведений значения коэффициента долевого участия закачиваемых вод в попутно добываемых (X) хорошо коррелируются с характером изменения их плотности (рис. 2). При этом установлено, что в моменты наиболее интенсивной закачки воды в скв. 64 и 119 величина рассматриваемого коэффициента увеличивается, а сокращение объемов закачки ведет к снижению данного показателя. С переходом на периодическую эксплуатацию скважин отмечается постоянное повышение плотности попутных вод, существенно возрастает влияние пластовых рассолов, а величина коэффициента X соответственно снижается до 0,766 в 2015 г. и до 0,476 в июле 2020 г. (см. табл. 1).

Количество избыточных концентраций хлорида натрия в попутных водах колеблется в пределах 21,3–78,7 г/л. Рассматриваемая величина в значительной мере зависит от значений коэффициента долевого участия закачиваемых вод (см. рис. 2), так как увеличение доли закачиваемой воды обычно указывает на ее прорыв к забоям добывающей скважины по хорошо промытым каналам. Усиление влияния пластовых вод свидетельствует об увеличении охвата пластов вытеснением.

Рассчитанные скорости фильтрационных потоков к скв. 9005 от скв. 64 на разных этапах составляют 2,09–5,78 м/сут, а от скв. 119 – 2,55–3,91 м/сут (см. табл. 2).

В 2006 г. с семилукского горизонта на воронежский переведены скв. 73, 76 и 115. Особенности изменения плотности попутных вод в скв. 73 также свидетельствуют о преобладающем влиянии на их состав пресных и слабоминерализованных вод, закачиваемых в различные периоды в нагнетательные скв. 64 и 119.

Характер изменения плотности попутных вод скв. 73 имеет значительное сходство с рассмотренной выше скв. 9005. При интерпретации этих данных автором также выделено несколько этапов с характерными особенностями их поведения, что объясняется усилением или снижением влияния названных выше нагнетательных скважин. При этом периоды существенного снижения плотности попутных вод по результатам обработки гидрохимических данных отличаются увеличением доли закачиваемой воды в попутно добываемой (X = 0,928–0,932). Снижение степени влияния нагнетательных скважин приводит к росту доли пластовых рассолов в попутных водах до 10–17% (рис. 3). Величина концентрации избыточного хлорида натрия в попутных водах, как правило, растет

(от 16,2 до 59,3 г/см³) с увеличением их плотности. Очевидно, что плотность попутных вод повышается не только (и даже не столько) за счет увеличения в них доли пластовых рассолов, сколько за счет растворения находящегося в продуктивных пластах галита. Рост концентраций NaCl_{изб.} в попутных водах в таком случае свидетельствует о подключении к работе каналов с более низкими ФЕС, которые в меньшей степени промыты от включений данного минерала. Оцененные по гидрохимическим материалам скорости фильтрационных потоков от скв. 64 на различных этапах эксплуатации скв. 73 составляют 1,16–4,90 м/сут (см. табл. 2).

Продукция переведенной с семилукского на воронежский горизонт скв. 76 характеризуется наличием вод различной плотности (1,00–1,24 г/см³). Хаотическое расположение точек на графике изменения данного показателя в процессе эксплуатации скважины указывает на значительную долю в них техногенной составляющей (преимущественно за счет технологических обработок пресной и горячей водой).

Однако интерпретация имеющихся по скважине гидрохимических данных (7 анализов) позволяет констатировать, что скважина обводняется высокоминерализованными рассолами, представ-

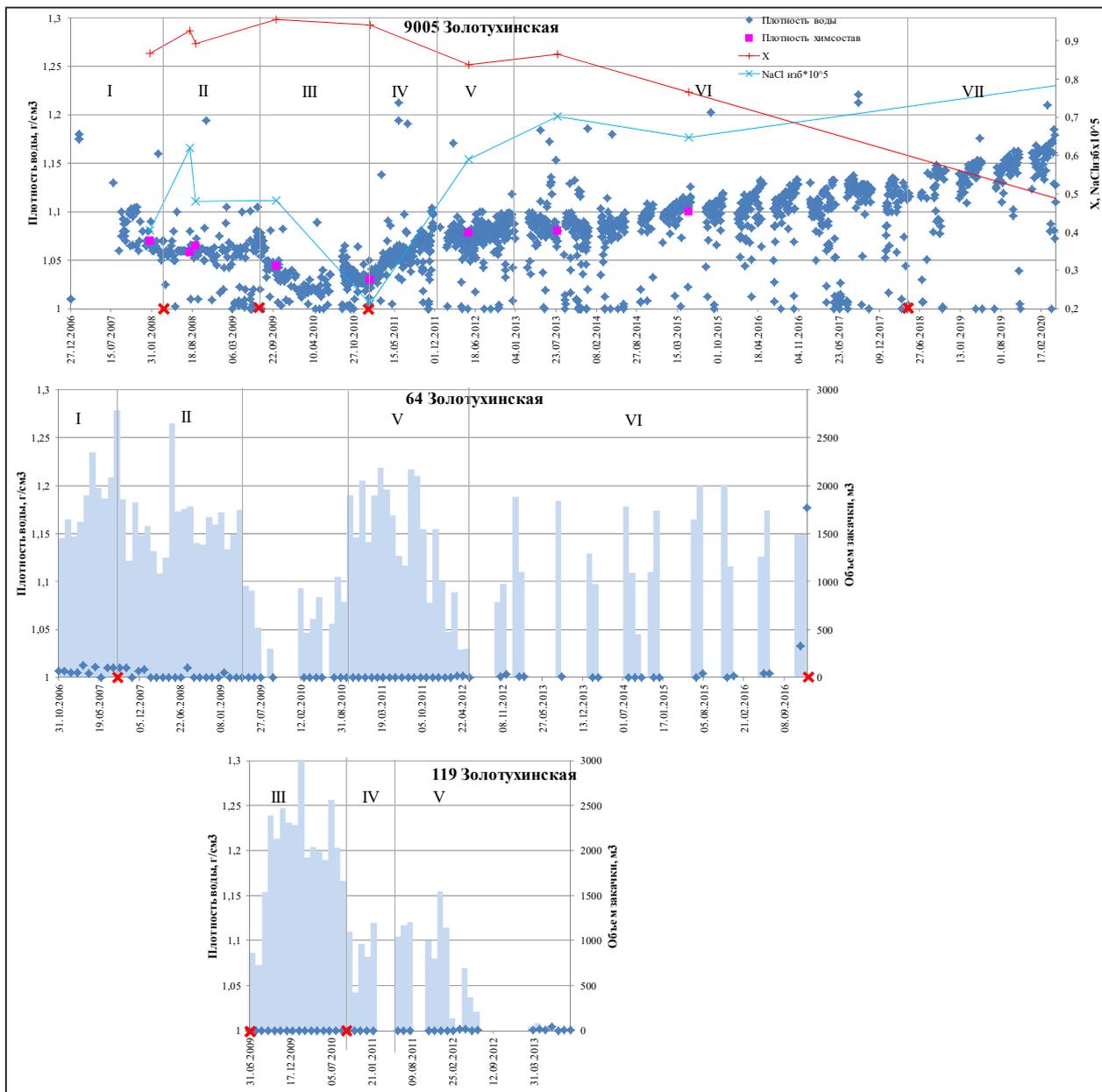


Рисунок 2 – Сопоставление плотностей попутных рассолов, долевого содержания в них закачиваемых вод и избыточных концентраций хлорида натрия скважины 9005 с объемами закачки в скважины 64 и 119 Золотухинского месторождения

ляющими собой смесь пластовых и закачиваемых вод ($X = 0,343-0,502$), обогащенную большим количеством растворенного галита ($95,1-135,2$ г/л). По своим характеристикам эти воды схожи с попутными водами, обводняющими скважины западного и центрального участка воронежской залежи (см. табл. 1).

Введенная в том же 2006 г. в эксплуатацию добывающая скв. 115 обводнилась водами небольшой минерализации ($30-60$ г/л). Они практически полностью представляют собой закачиваемые в скв. 64 ($X = 0,947-0,959$) воды, обогащенные небольшим количеством ($8,6-9,7$ г/л) хлорида натрия

(см. табл. 1). Последнее говорит о продвижении к скважине флюидов по промытым фильтрационным каналам. В результате полного обводнения скважина была переведена на вышележащий интервал. После этого она почти до середины 2012 г. добывала безводную нефть. Обводнение верхнего интервала происходит рассолами достаточно высокой плотности ($1,18-1,22$ г/см³), которые резко отличаются по составу от ранее обводнявших эту скважину маломинерализованных вод. Ограниченные данные по химическому анализу этих рассолов в предыдущие годы и их полное отсутствие за последние 5 лет не дают уверенного пред-

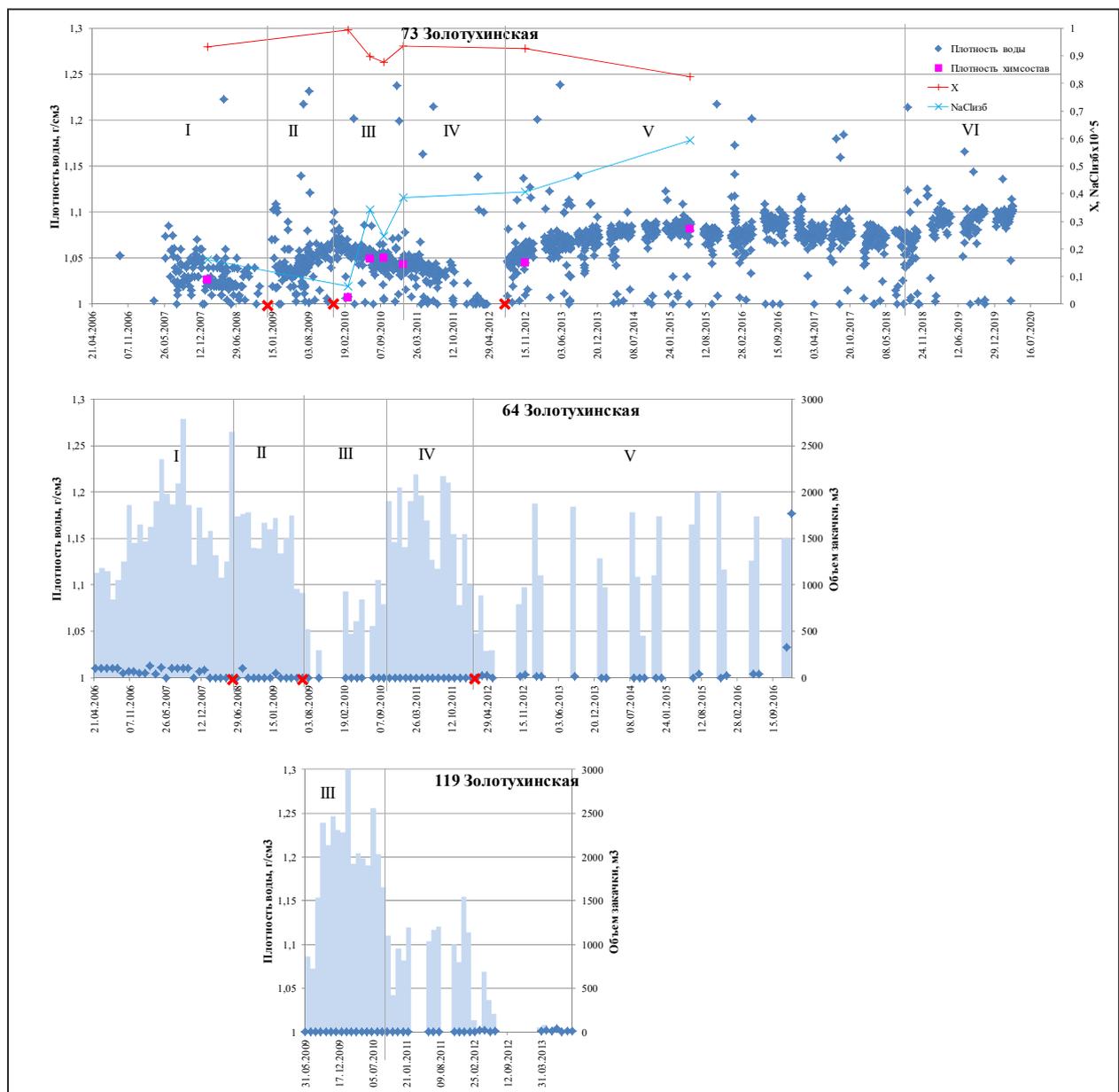


Рисунок 3 – Сопоставление плотностей попутных рассолов, долевого содержания в них закачиваемых вод и избыточных концентраций хлорида натрия скважины 73 с объемами закачки в скважины 64 и 119 Золотухинского месторождения

ставления об источниках их поступления к забю скважины. Проведенные гидрохимические расчеты по наиболее представительному из двух имеющихся анализов воды, свидетельствуют, что доля закачиваемых вод в них относительно невелика ($X = 0,305$). По менее представительному анализу в этих водах, возможно, преобладают закачиваемые воды в скв. 76 ($X = 0,611$). Величина избыточной концентрации хлорида натрия в водах этих проб оценивается в 94,2 г/л. Таким образом, по имеющимся материалам невозможно однозначно установить откуда появляется пластовая вода в скв. 115 – со стороны ВНК либо от нагнетательной скв. 76, в которую закачивается ранее добытая попутная вода, содержащая в своем составе существенную долю пластовых рассолов.

В 2009 г. переведены с семилукской залежи на воронежскую скв. 111 и 116, а в мае этого же года, как уже отмечалось, введена под закачку пресной воды на воронежский и семилукский горизонты скв. 119.

В процессе эксплуатации названные скважины, как и выше рассмотренные скв. 56, 73, 110, 115 и 9005, обводнялись преимущественно водой, закачиваемой в скв. 64 и 119. Характер изменения плотности попутных вод во время эксплуатации воронежского горизонта скв. 111 в большей степени напоминает таковой по скв. 73, а скв. 116 в значительной мере коррелируется с таковым по скв. 9005.

Начало обводнения скв. 111 характеризуется плотностью попутных вод 1,11–1,13 г/см³, после чего прослеживается снижение данного показателя до значений 1,08–1,09 г/см³. Отмеченная особенность связывается с резким ростом объемов закачки пресной воды в скв. 119. Последовавший за этим рост плотности попутных вод, как нам представляется, связан со снижением объемов закачки воды в эту нагнетательную скважину. Результаты обработки имеющихся сведений указывают на то, что скважина обводняется преимущественно закачиваемыми водами ($X = 0,86–0,89$), растворившими достаточно большое (95,9–120,6 г/л) количество галита (см. табл. 1). Рассчитанные по характерным точкам скорости фильтрационных потоков к скв. 111 от скв. 64 составляют 2,96 м/сут, а от скв. 119 – 2,40–2,83 м/сут (см. табл. 2).

В процессе эксплуатации скв. 116 обводнялась попутной водой различной плотности. При этом можно четко выделить различные этапы ее характерного поведения. На этапе I плотность попутной воды сначала составляла 1,02–1,04 г/см³ (влияние закачки в скв. 64), а потом снизилась до 1,01 г/см³

(влияние скв. 119). Этот этап характеризуется поступлением к скважине практически чисто закачиваемой воды ($X = 0,955–0,969$) с небольшой концентрацией избыточного NaCl (7,3–12,4 г/л), что указывает на прорыв этих вод по хорошо промытым фильтрационным каналам. Этап II характеризуется резким ростом плотности попутных вод, что связано со снижением объемов закачки пресных вод в скв. 119 (рис. 4). На этом этапе эксплуатации скважины доля закачиваемой воды в попутно добываемых водах снижается до 88%, а количество избыточного хлорида натрия возрастает до 87,5 г/л.

Снижение плотности попутных вод (этап III) очевидно связано в основном с ростом объемов закачки воды в скв. 64, а некоторая стабилизация плотности вод (этап IV) – с сокращением этих объемов и переходом скважины на периодический режим работы. При этом доля пластовых рассолов в попутно добываемых водах возрастает незначительно (12%), а отмечаемый рост плотности связан преимущественно с активизацией процесса растворения находящегося в продуктивных пластах катагенетического галита ($\text{NaCl}_{\text{изб.}} = 87,5$ г/л). Переходный период между этапами IV и V, отличающийся резким ростом плотности попутных вод, характеризуется заметным увеличением доли пластового рассола в попутной воде до 24% и такими же высокими концентрациями избыточного хлорида натрия (см. табл. 1). Этап V отличается от предыдущих поступлением попутных вод повышенной плотности. При этом доля пластовых рассолов остается примерно такой же, как и на переходном периоде, а плотность попутных вод растет в основном за счет растворения ими большого количества галитовых включений ($\text{NaCl}_{\text{изб.}} = 164,4$ г/л). Отмеченные особенности, по нашему мнению, могут указывать на подсоединение к работе новых, еще недостаточно промытых от галита фильтрационных каналов, обладающих более низкими фильтрационно-емкостными свойствами. По гидрохимическим данным, скорость фильтрационных потоков от скв. 64 к скв. 116 оценивается в 1,04 м/сут, а от скв. 119 – 5,04–5,73 м/сут (см. табл. 2).

В августе 2010 г. введена в добычу скв. 74s2, обводненность которой составила 97%. Плотность воды в процессе ее эксплуатации снижалась с 1,14 до 1,08 г/см³, а с середины 2011 г. стала медленно повышаться. Эти данные указывают на то, что скважина обводнялась в основном водой, закачиваемой в нагнетательную скв. 64. Скорость фильтрационных потоков при этом оценена в 4,3 м/сут. С июля 2011 г. скв. 74s2 не эксплуатируется.

В 2017 г. введена в эксплуатацию воронежского горизонта скв. 20s2 с дебитом жидкости в районе 13–14 м³/сут. В августе 2017 г. дебит жидкости составил 13,1 т/сут, обводненность 69% (плотность воды 1,159 г/см³). Однако после проведения технических работ в скважине, выполненных в сентябре 2017 г., среднемесячная обводненность по скважине составила 96% [2]. Плотность попутно добываемых рассолов составила 1,15–1,18 г/см³ и увеличилась во второй половине 2018 г. до

1,18–1,20 г/см³. Согласно химическому анализу, вода, отобранная из скважины 05.09.2017 г. по минерализации и содержанию основных компонентов химического состава, представляет собой смесь пластовых рассолов и закачанной ранее в скв. 64 и 119 воды (X = 0,388), обогащенную значительным количеством (49,6 г/л) хлорида натрия. В связи с высокой обводненностью добываемой продукции с ноября 2018 г. скважина не эксплуатируется.

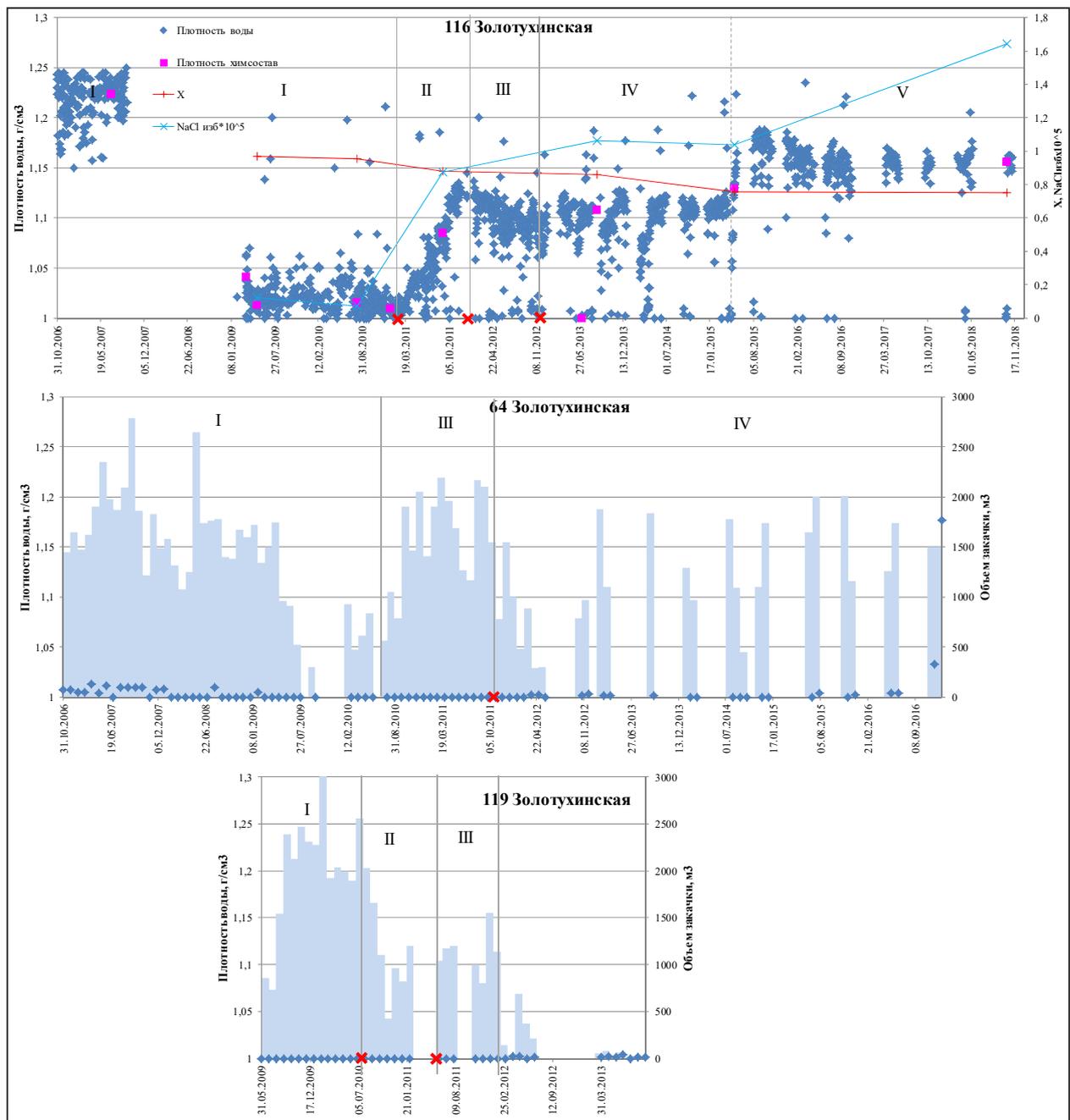


Рисунок 4 – Сопоставление плотностей попутных вод, долевого содержания в них закачиваемых вод и избыточных концентраций хлорида натрия скважины 116 с объемами закачки в скважины 64 и 119 Золотухинского месторождения

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ РАЗРАБОТКИ ЗАЛЕЖИ ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Выше мы рассмотрели особенности изменения основных гидрохимических показателей в процессе эксплуатации добывающих скважин, характерные для восточной части воронежской залежи нефти Золотухинского месторождения, представляющие несомненный интерес для проведения полноценного анализа флюидодинамических процессов, происходивших в районе действия этих скважин. Для изучения особенностей влияния нагнетательных скважин на состав добываемых с нефтью вод всех добывающих скважин данной залежи автором широко использовались такие показатели, как плотность попутных вод, коэффициент долевого участия закачиваемых вод в попутно добываемых водах (X) и величина избыточных концентраций в них хлоридов натрия ($NaCl_{изб.}$). В целях установления общих закономерностей изменения гидрохимических параметров, отражающих историю разработки воронежской зале-

жи нефти, на основании проведенных расчетов (см. табл. 1, 3) были построены схематические карты усредненных значений этих показателей в целом за весь период разработки рассматриваемого объекта (рис. 5).

Приводимые карты, характеризующие особенности изменения осредненных величин рассматриваемых показателей по площади залежи, позволили установить, что в большинстве случаев попутные воды в скважинах, эксплуатировавших западную часть и юго-западный примыкающий к экранирующему разлому участок центральной части воронежского объекта разработки, представлены смесью пластовых и закачиваемых вод. Эти воды характеризуются высокой плотностью, сформированной преимущественно в результате смешения закачиваемых вод с пластовыми рассолами и, в меньшей степени, в результате обогащения хлоридом натрия за счет растворения катагенетического галита продуктивных пластов (см. рис. 5–7). Совершенно иная картина характерна для восточной части рассматриваемой залежи.

Таблица 3 – Результаты расчета объемов растворенного в продуктивных пластах и вынесенных попутными водами галита для воронежской залежи нефти Золотухинского месторождения

Скважина	Этап	Интервал времени, месяц, год	$Q_{поп.в.}$, тыс.м ³	$Q_{тех.обр.}$, тыс.м ³	$Q_{поп.в.}-Q_{тех.обр.}$, тыс.м ³	$NaCl_{изб.}$, мг/л	mNaCl, т	VNaCl, м ³
56		02.02–н. в.	19,163	2,809	16,354	81272	1329	618
58		07.01–н. в.	33,555	5,754	27,801	36612	1018	473
73		09.06–н. в.	22,416	2,198	20,218	31511	637	296
74		01.03–01.10	3,259	0,160	3,099	25216	78	36
76		04.06–12.11	4,991	4,063	0,928	57719	54	25
80		06.94–07.03	7,737		7,737	40212	311	145
83		07.97–03.02	10,338		10,338	84668	875	407
84		03.96–07.01	9,013		9,013	35392	319	148
91		04.93–06.03	35,071		35,071	48459	1700	790
111		01.09–н. в.	17,404	1,331	16,073	104938	1687	784
115	Этап 1	07.06–02.09	3,777	0,529	3,247	9119	30	14
115	Этап 2	03.09–н. в.	7,511	1,960	5,551	28837	160	74
115 Итого			11,288	2,489	8,798	22	190	88
116	Этап 1	03.09–06.11	5,212	0,810	4,401	9889	44	20
116	Этап 2	07.11–06.15	4,617	0,850	3,767	99125	373	174
116	Этап 3	07.15–05.18	2,592	0,192	2,400	164437	395	184
116 Итого			12,421	1,853	10,568	77	812	377
9005	Этап 1	03.09–02.11	5,650	0,673	4,977	43984	219	102
9005	Этап 2	03.11–н. в.	15,253	1,490	13,763	68228	939	437
9005 Итого			20,903	2,163	18,740	62	1158	539
74s2		07.10–02.12	2,795	0,165	2,631	115813	305	142
Итого			210,355	22,986	187,370	56	10471	4870

Примечания: $Q_{поп.в.}$ – объем попутно добытых вод; $Q_{тех.обр.}$ – объем подливаемых в скважину пресных технологических вод; $NaCl_{изб.}$ – избыточное количество хлорида натрия в попутных водах, появившееся в процессе рассоления пород; mNaCl и VNaCl – соответственно масса и объем вынесенного с попутными водами хлорида натрия.

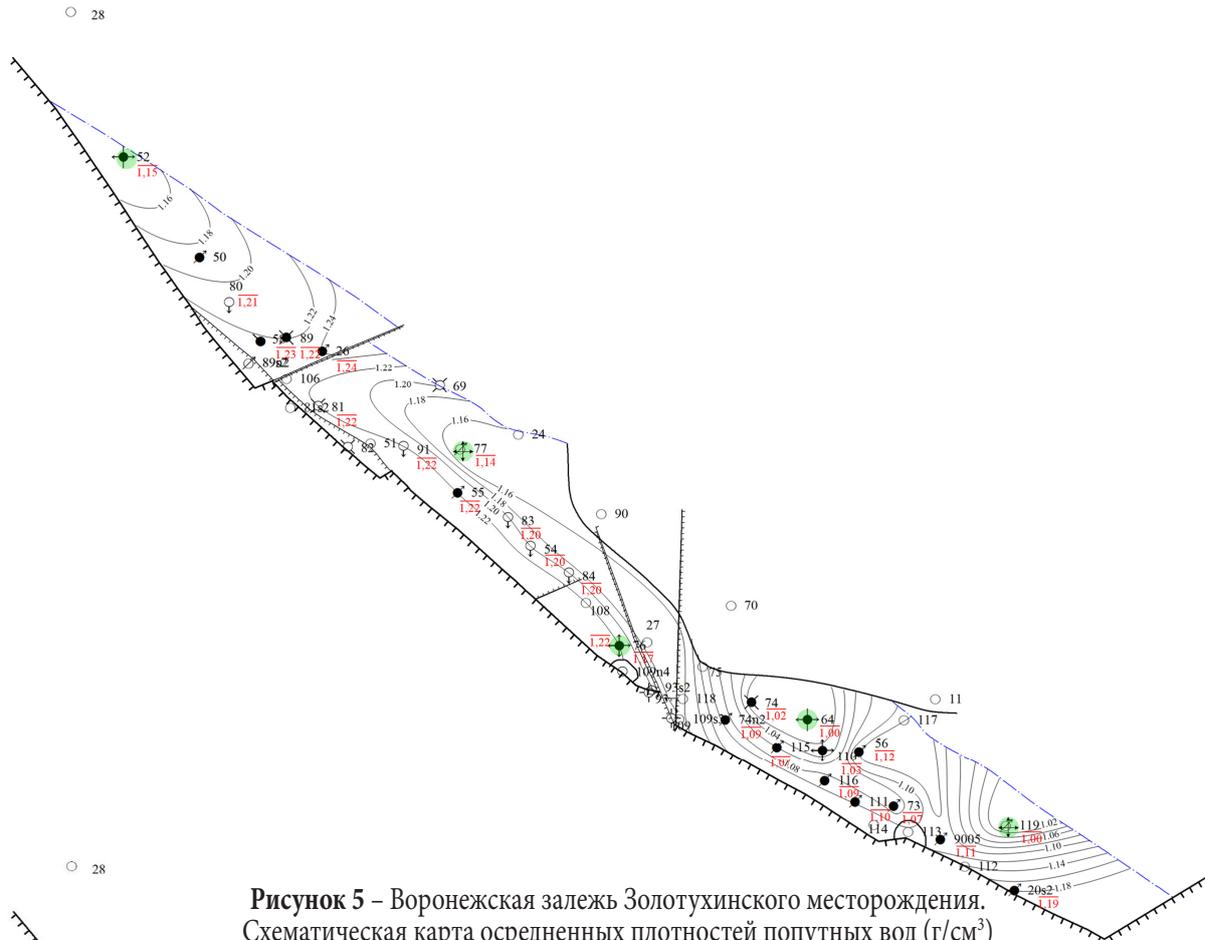


Рисунок 5 – Воронежская залежь Золотухинского месторождения. Схематическая карта осредненных плотностей попутных вод (г/см^3)

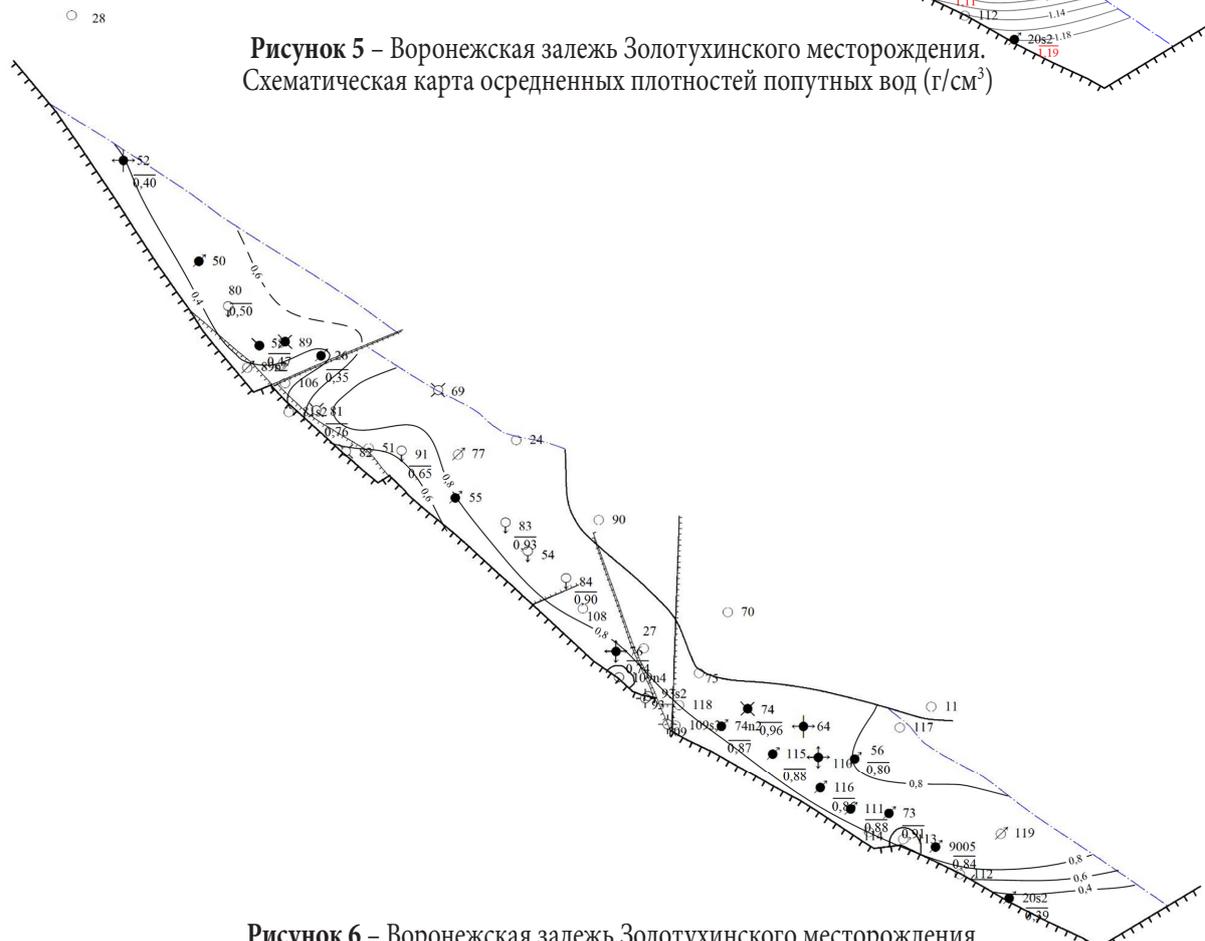


Рисунок 6 – Воронежская залежь Золотухинского месторождения. Схематическая карта долевого участия пластовых рассолов в попутно добываемых водах

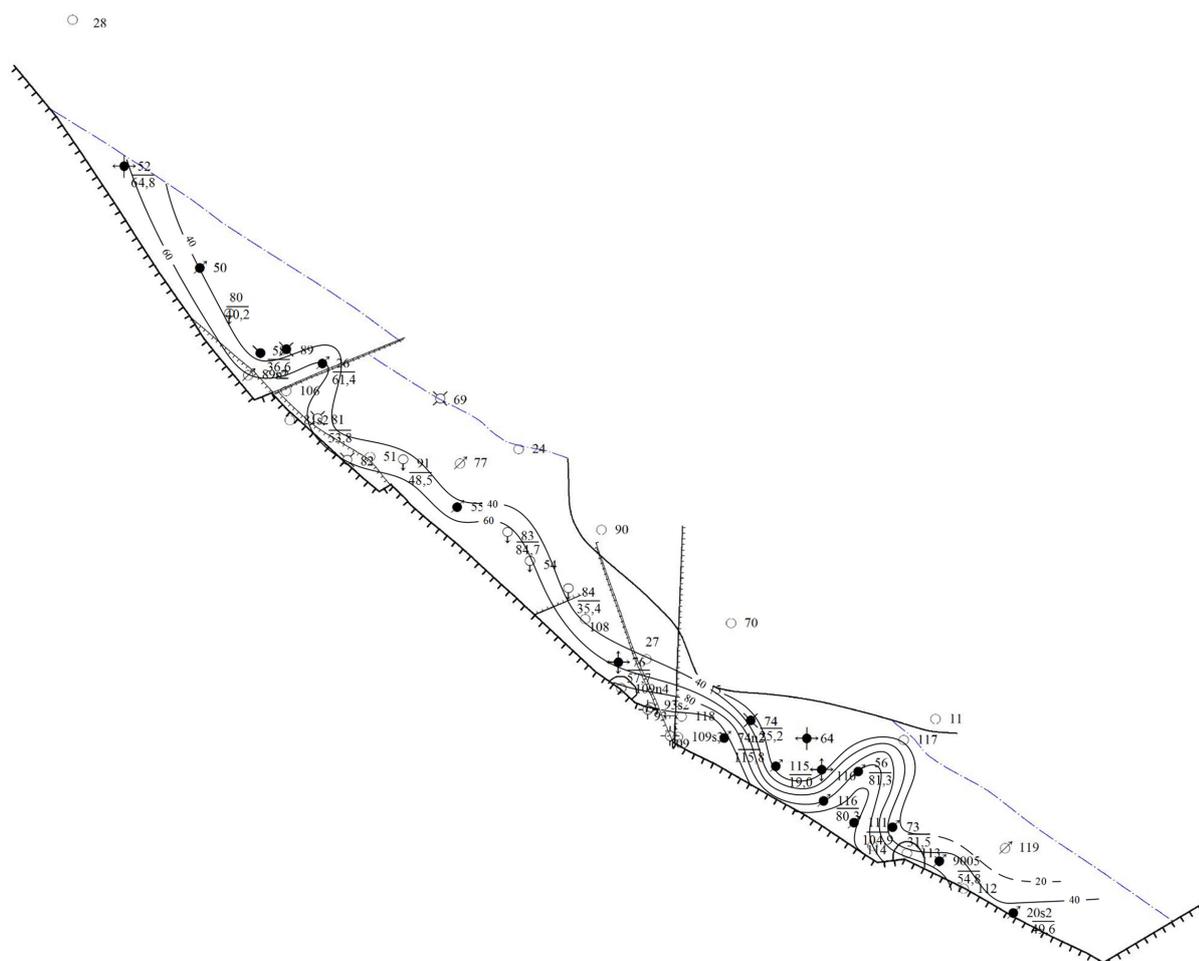


Рисунок 7 – Воронежская залежь Золотухинского месторождения. Схематическая карта избыточных концентраций NaCl (г/л) в попутных водах

Здесь, как мы уже видели, скважины обводняются в основном закачиваемыми водами. Высокие общая минерализация и плотность попутных вод практически полностью здесь связаны с обогащением хлоридами натрия за счет растворения закачанными водами большого количества галитовых включений. Таким образом, результаты проведенных гидрохимических исследований по воронежской залежи нефти Золотухинского месторождения свидетельствуют о принципиально разном характере ее эксплуатации в пределах западной центральной и восточной ее частях. Если западная часть и юго-западный участок центральной части залежи разрабатывались на смешанном режиме (упруговодонапорном и искусственно водонапорном), то для восточной части залежи характерен активный искусственно водонапорный режим. Этот вывод вытекает из результатов проведенных нами расчетов по программе Галит-1, методическому подходу Галит-1т, которые нашли отражение на построенной схематической карте распределения величины коэффициента долевого участия зака-

чиваемых вод в попутно добываемых водах воронежской залежи нефти (см. рис. 6). Для скважин западной и юго-запада центральной части залежи величина осредненных значений этого коэффициента колеблется от 0,35 до 0,76, что в целом указывает на наличие значительного количества пластовых рассолов в составе попутно добываемых вод (24–65%) и свидетельствует о достаточно активном влиянии на разработку залежи законтурной зоны (см. табл. 1, 2). Попутные воды восточной части залежи на протяжении всего времени разработки практически полностью были представлены закачиваемыми водами (80–96%) с небольшим содержанием пластового рассола. Только в попутной воде скв. 20s2, переведенной на воронежский горизонт в 2017 г. и находящейся на самом востоке залежи, вдалеке от нагнетательных скважин отмечается преобладание пластовых рассолов над закачанной ранее в эту часть залежи пресной водой ($X = 0,39$).

Различие в режимах разработки названных выше частей залежи предполагает и раздельный

расчет для них показателей компенсации закачкой производимых отборов флюидов. Приводимые в авторских надзорах за реализацией проектного документа обобщенные цифры о компенсации отборов закачкой в целом по залежи [2] несколько затушевывает фактическую картину, складывающуюся с разработкой восточной и западной частей залежи. Именно этими, отдельными для двух выделяющихся участков показателями, как мы полагаем, следует оперировать при анализе разработки залежи, что в обязательном порядке должно учитываться при корректировке ее гидродинамической модели.

Результаты проведенных нами расчетов по оценке средних величин избыточных концентраций хлористого натрия в попутных водах ($\text{NaCl}_{\text{изб.}}$), объемов растворенного в продуктивных пластах и вынесенного попутными водами катагенетического галита (VNaCl) приведены в табл. 3.

Общий объем растворенного и вынесенного с попутными водами галита по залежи оценивается в 4870 м^3 .

Построенные по этим данным схематические карты (см. рис. 7, 8) свидетельствуют о том, что для западной и центральной частей воронежской залежи характерно равномерное увеличение рассматриваемых показателей по мере удаления от зоны нагнетания. Для восточной части залежи отмечается резкое колебание как избыточных концентраций хлорида натрия в попутных водах ($25,2\text{--}115,8 \text{ г/л}$), так и объемов вынесенного ими галита – от 21 до 618 м^3 .

Отмеченная особенность может свидетельствовать в пользу того, что вытеснение нефти к забоям добывающих скважин в западной части залежи происходило в целом более равномерно, чем в восточной, так как в процессе разработки здесь отмечалось постепенное улучшение фильтрационно-емкостных свойств продуктивных пород. Перемещение смешанных вод, вытеснявших нефть в этой части залежи, происходило с охватом непромытых и слабопромытых коллекторов. В восточной же части залежи основная доля закачиваемой воды прорывалась к скважинам по уже отмытым от галита

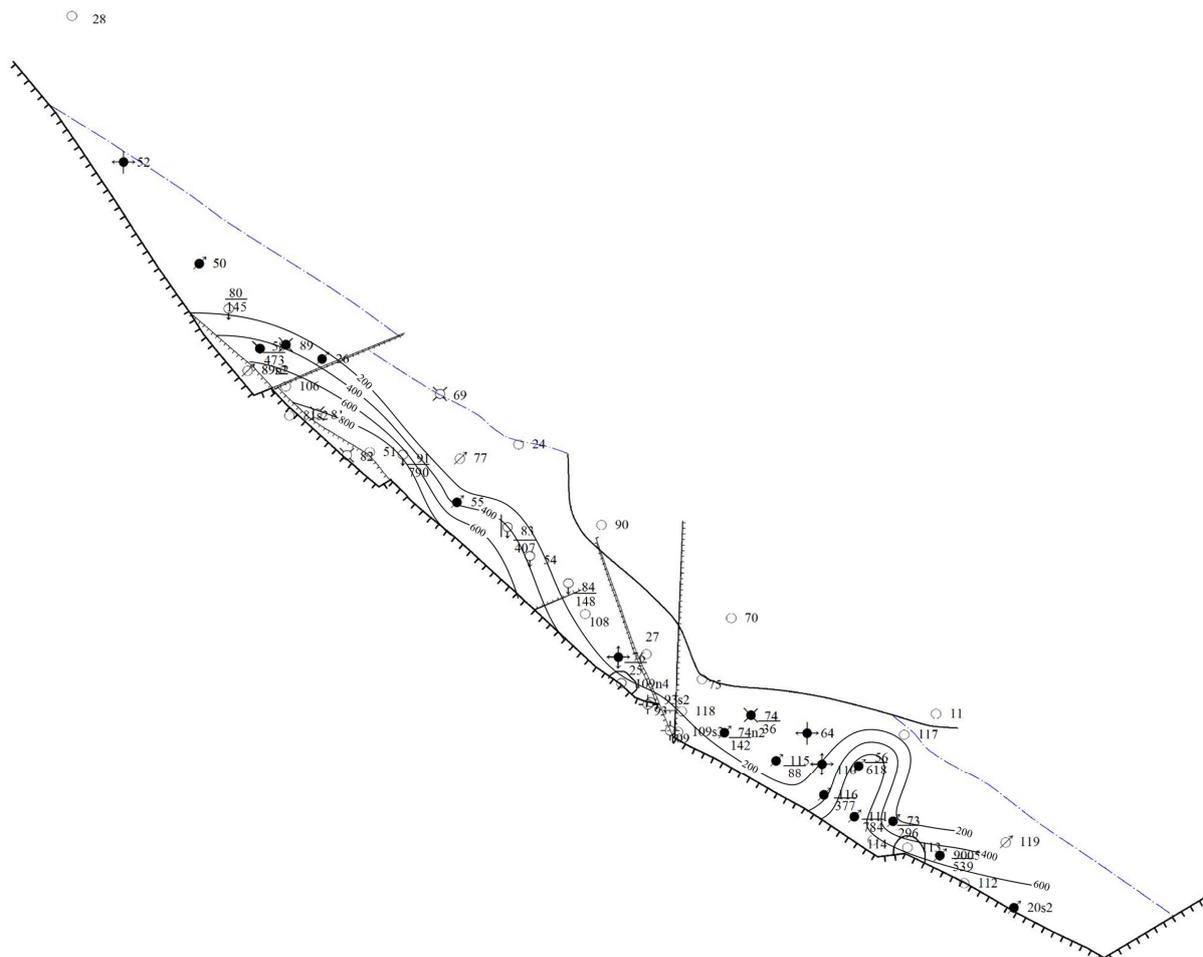


Рисунок 8 – Воронежская залежь Золотухинского месторождения. Схематическая карта объемов вынесенного попутными водами галита, (м^3)

высокоскоростным каналам, что не способствовало вытеснению нефти из коллекторов с более низкими фильтрационными свойствами.

С целью более полной выработки остаточных извлекаемых запасов за счет улучшения энергетического состояния залежи и предотвращения преждевременного прорыва нагнетаемой воды на восточном ее участке в 2012 г. был внедрен режим разработки путем периодического во времени отбора пластового флюида и закачки воды.

Следует отметить, что этот достаточно интересный период разработки восточной части воронежской залежи нефти с применением периодической эксплуатации нагнетательных и добывающих скважин, как ни странно, оказался практически не охарактеризован данными по химическому составу попутных вод. И если еще до 2015 г. по ряду скважин имелись отрывочные сведения о составе этих вод, то последние 5 лет эксплуатации скважин были охарактеризованы лишь двумя результатами анализа их химического состава.

Анализ графиков изменения плотности попутных вод по скважинам восточной части воронежской залежи в рассматриваемый период свидетельствует о том, что в процессе периодической эксплуатации добывающих скважин плотность попутных вод, как правило, возрастает (см. рис. 1–4). Имеющиеся сведения о составе этих вод и результаты их обработки указывают на увеличение в их составе доли пластовых рассолов и росте избыточных концентраций хлорида натрия. Очевидно, в залежи происходит периодическое изменение направлений и скоростей фильтрационных потоков, подтягивание к добывающим скважинам повышенных объемов пластовых рассолов (возможно, также высокоминерализованных вод, закачиваемых в скв. 76, которая расположена в центральной части залежи) и подключение к работе непромытых от галита каналов, обладающих более низкими емкостными и фильтрационными свойствами. В пользу последнего положения могут свидетельствовать особенности изменения плотности попутных вод на каждом из микро-периодов возобновления добычи. Анализ этих данных указывает на то, что для большинства этих периодов характерно увеличение плотности попутных вод с начала эксплуатации до временного прекращения добычи. Данная особенность может быть связана с поступлением сначала в скважину флюидов из высокопроницаемых, достаточно хорошо промытых каналов фильтрации, а затем (при снижении давления в этих каналах из-за неполной компенсации отборов закачкой) с подключением

к фильтрации менее промытой части порового пространства.

Внедрение новой технологии разработки в восточной части залежи с 2012 г., с нашей точки зрения, способствовало снижению негативного влияния отмечавшихся здесь прорывов закачиваемых вод к забоям добывающих скважин и начало приводить к подключению в процесс выработки части непромытых от галитовых включений пород-коллекторов.

Отдельно отметим, что результаты обработки имеющихся немногочисленных гидрохимических данных за последние годы эксплуатации скважин восточной части воронежской залежи в целом указывают на весьма слабую активность проявления здесь контурной зоны.

Таким образом, в результате проведенных гидрохимических исследований получены новые, весьма интересные материалы, существенно уточняющие существующие представления об истории и текущем состоянии разработки воронежской залежи нефти Золотухинского месторождения, которые рекомендовано использовать при корректировке гидродинамической модели воронежской залежи Золотухинского месторождения и составлении нового проектного документа ее дальнейшей разработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для изучения особенностей влияния нагнетательных скважин на состав добываемых с нефтью вод воронежской залежи нефти Золотухинского месторождения использовались такие показатели, как плотность попутных вод, коэффициент долевого участия закачиваемых вод в попутно добываемых водах (X) и величина избыточных концентраций в них хлоридов натрия ($\text{NaCl}_{\text{изб.}}$). Названные показатели рассчитывались преимущественно по ранее разработанной автором компьютерной программе Галит-1. Для разбавленных подливаемыми водами рассолов, обводняющих добываемую продукцию, расчеты велись по методическому подходу Галит-1т. Этот подход позволяет использовать для решения поставленных задач многочисленные данные о химическом составе попутных вод, содержащих в своем составе значительное количество вод технологических обработок.

Всесторонне рассмотрена гидрохимическая информация по каждой добывающей скважине восточной части воронежской залежи в связи с особенностями их эксплуатации. Рассчитаны скорости перемещения пластовых флюидов в преде-

лах залежи, которые составили 0,56–15,83 м/сут. В целях установления общих закономерностей изменения гидрохимических параметров были построены схематические карты усредненных значений основных гидрохимических показателей за весь период разработки рассматриваемой залежи.

Результаты проведенных гидрохимических исследований по рассматриваемой залежи нефти позволили отметить, что они свидетельствуют о принципиально разном характере эксплуатации в пределах западной и восточной ее частей. Если западная часть залежи разрабатывалась на смешанном режиме (упруговодонапорном и искусственно водонапорном), то для восточной ее части характерен активный искусственно водонапорный режим, что предлагается учитывать при построении гидродинамической модели залежи и составлении нового проектного документа на дальнейшую ее разработку.

Проведенные расчеты объемов растворенного в продуктивных пластах и вынесенного попутными водами катагенетического галита позволили оценить их в 4870 м³. Построенные по результатам этих расчетов схематические карты свидетельствуют о том, что для западной и центральной частей воронежской залежи нефти характерно относительно равномерное повышение значений этого показателя по мере удаления от нагнетательных скважин, а для восточной – резкие его колебания. Отмеченная особенность может свидетельствовать в пользу того, что вытеснение нефти к забоям добывающих скважин в западной и центральной частях залежи происходило более равномерно, чем

в восточной. Перемещение смешанных (пластовых и закачиваемых) вод, вытеснявших нефть в западной части залежи, происходило с охватом непромытых и слабопромытых коллекторов. В восточной же части залежи основная доля закачиваемой воды прорывалась к скважинам по наиболее проницаемым, отмытым от галита каналам, что приводило к слабому охвату вытеснением нефти из коллекторов с более низкими фильтрационными свойствами. Внедрение новой технологии разработки в восточной части залежи с 2012 г., заключающейся в периодической работе нагнетательных и добывающих скважин, по результатам оценки гидрохимических показателей, способствовало снижению негативного влияния отмечавшихся здесь прорывов закачиваемых вод к забоям добывающих скважин и начало приводить к подключению в процесс выработки части непромытых, менее проницаемых коллекторов.

Полученные результаты наших и ранее проведенных в этом направлении исследований позволяют говорить о целесообразности уточнения существующих представлений об истории и текущем состоянии разработки нефтяных залежей по материалам детальных гидрохимических исследований. Отдельные, наиболее важные выводы проведенных гидрохимических исследований по анализу разработки воронежской залежи Золотухинского месторождения могут быть использованы для корректировки существующей гидродинамической модели залежи и при подготовке нового проектного документа дальнейшей ее разработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гидрохимические** методы анализа и контроля разработки нефтяных и газовых месторождений / В. В. Муляк [и др.]. – Москва : ГЕОС, 2007. – 245 с.
2. **Мониторинг** разработки месторождений и залежей нефти и газа РУП «Производственное объединение «Белоруснефть». Анализ разработки месторождений и залежей нефти и газа Беларуси. Дополнение к проекту разработки Золотухинского месторождения : отчет (заключ.) / БелНИПИнефть ; рук. В. В. Привалов. – Гомель, 2011. – 465 с.
3. **Муляк, В. В.** Анализ разработки подсолевой залежи нефти Вишанского месторождения по гидрохимическим данным / В. В. Муляк, В. Д. Порошин // Геология нефти и газа. – 2005. – № 2. – С. 36–44.
4. **Порошин, В. Д.** Анализ разработки межсолевой залежи нефти Осташковичского месторождения по гидрохимическим данным / В. Д. Порошин // Геология нефти и газа. – 2003. – № 6. – С. 37–46.
5. **Порошин, В. Д.** Ионно-солевой состав вод эвапоритсодержащих осадочных бассейнов в связи с поисками, разведкой и разработкой нефтяных и газовых месторождений : автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук : 04.00.17 / В. Д. Порошин. – Москва : ГАНГ, 1997. – 44 с.
6. **Порошин, В. Д.** К вопросу оценки представительности гидрохимических данных (на примере Припятского прогиба) / В. Д. Порошин, В. П. Хайнак, А. Г. Морозов // Поиски и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь : сб. науч. тр. / В. Д. Порошин. – Гомель : БелНИПИнефть, 1997. – Вып. 2.
7. **Порошин, В. Д.** К методике определения природы вод при проведении солянокислотных обработок в скважинах / В. Д. Порошин, В. В. Муляк, Е. А. Пинчук // Літасфера. – 2005. – № 2 (23). – С. 151–153.
8. **Порошин, В. Д.** Методы обработки и интерпретации гидрохимических данных при контроле разработки нефтяных месторождений / В. Д. Порошин, В. В. Муляк. – Москва : Недра, 2004. – 220 с.
9. **Порошин, В. Д.** Оценка масштабов рассоления продуктивных пород нефтяных месторождений Припятского прогиба по промысловым гидрохимическим данным (на примере Северо-Домановичского месторождения) / В. Д. Порошин, С. Л. Порошина // Літасфера. – 2020. – № 1 (52). – С. 148–160.
10. **Порошин, В. Д.** Оценка представительности данных по химическому составу пластовых вод нефтегазоносных бассейнов / В. Д. Порошин // Геохимия. – 1998. – № 6. – С. 615–628.
11. **Порошина, С. Л.** К вопросу представительности данных о химическом составе попутных вод нефтяных месторождений Беларуси и методических приемах их обработки (интерпретации) / С. Л. Порошина // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 58–70.
12. **Порошина, С. Л.** Новые подходы к оценке масштабов рассоления коллекторов нефтяных месторождений Беларуси по промысловым гидрохимическим данным / С. Л. Порошина // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2019. – № 4. – С. 3–12.
13. **Правила** разработки нефтяных и нефтегазоконденсатных месторождений Республики Беларусь / В. Н. Бескопильный [и др.]. – Гомель, 2005. – 88 с.
14. **Чоловский, И. П.** Промыслово-геологический контроль разработки месторождений углеводородов / И. П. Чоловский, Ю. П. Брагин. – Москва : Изд-во «Нефть и газ», 2002. – 224 с.
15. **Hydrochemical** control of oil pool development (illustrated with Belarusian oil fields). Part I. / V. D. Poroshin [et al.] // Indian journal of petroleum geology. – 2003. – Vol. 12, № 1 (July). – P. 49–57.

Статья поступила в редакцию 24.03.2022

Рецензент В.Г. Жогло

**АНАЛІЗ РАСПРАЦОЎКІ ЗАЛЕЖЫ НАФТЫ Ў ВАРОНЕЖСКИХ АДКЛАДАХ
(ВЕРХНІ ФРАН) ЗАЛАТУХІНСКАГА РАДОВІШЧА Ў ПРЫПЯЦКІМ ПРАГІНЕ
ПА ПРАМЫСЛОВЫХ ГІДРАХІМІЧНЫХ ДАНЫХ**

С.Л. Порошина

Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт імя П. В. Сухого
пр. Кастрычніка, 48, 246746, Гомель, Беларусь
E-mail: svetaporosh@gmail.com

Разгледжаны вынікі апрацоўкі гідрахімічнай інфармацыі па здабываючых свідравінах варонежскай паклады нафты Залатухінскага радовішча ў сувязі з асаблівасцямі іх эксплуатацыі, што дазволіла ўстанавіць агульныя заканамернасці змянення гідрахімічных і тэхналагічных параметраў за ўвесь перыяд асваення пакладу, які разглядаецца. Вынікі гідрахімічных даследаванняў сведчаць пра прынцыпова розныя характары яе распрацоўкі ў межах заходняй і ўсходняй частак. Калі заходнія ўчасткі паклады распрацоўваліся на змешаным пруткаводанпорным і штучна воданпорным рэжыме, то для ўсходняй часткі паклады характэрны актыўны штучна воданпорны рэжым. Хуткасці перамяшчэння пластавых флюідаў у межах паклады ацэнены ў 0,56–15,83 м/сут. Разлічаныя аб'ёмы раствараных і вынесеныя са спадарожнымі водамі другасных галітавых уключэнняў склалі 4870 м³, што прывяло да істотнай змены фільтрацыйна-ёмістых уласцівасцей прадуктыўных адкладаў. Вынікі праведзеных даследаванняў рэкамендавана выкарыстоўваць пры карэкціроўцы гідрадынамічнай мадэлі варонежскай паклады Залатухінскага радовішча і складанні новага праектнага дакумента яе далейшай распрацоўкі.

**ANALYSIS OF THE PRODUCTION OF OIL RESERVOIRS IN THE VORONEZH DEPOSITS
(UPPER FRASNIAN) OF THE ZOLOTUKHINSKOE FIELD IN THE PRIPYAT TROUGH
ON THE BASIS OF HYDROCHEMICAL DATA**

S. Poroshina

Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi
48, Oktyabrya Avenue, 246746, Gomel, Belarus
E-mail: svetaporosh@gmail.com

The article describes the results of processing hydrochemical information of the production well of the Voronezh oil deposit of the Zolotukhinsky field because of the features of their exploitation, which allowed us to establish general patterns of changes in hydrochemical and technological parameters through all of development of the considerate deposit. The results of hydrochemical studies show an essentially different character of its development within the western and eastern parts. The western parts of the deposit were developed in a combined expansion-type water-drive and artificially water drive regimes, while the eastern part of the deposit was characterized by an active artificially water drive regime. The reservoir fluid flow velocity within the deposit are estimated at 0.56–15.83 m/day. The calculated volumes of dissolved and carried out secondary halite inclusions with associated waters amounted to 4870 m³, resulting in a significant change in the porosity and permeability properties of productive sediments. The results of the conducted research are recommended to be used in correcting the hydrodynamic model of the Voronezh deposit of the Zolotukhinsky field and compiling a new project documentation for its further development.

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ИСПЫТАНИИ И ОСВОЕНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГОРИЗОНТОВ ПРИПЯТСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА

Н.И. Кондратенко¹, Я.Г. Грибик²

¹Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
ул. Ирнинская, 1, 246000, Гомель, Беларусь
E-mail: nvkondratenko@mail.ru

²Институт природопользования НАН Беларуси
ул. Ф. Скорины, 10, 220114, Минск, Беларусь
E-mail: chistaya.62@mail.ru

Изложены результаты лабораторных исследований по определению химического состава смеси пластового рассола с фильтратом бурового глинистого раствора в разных объемных соотношениях в целях установления наиболее оптимальных критериев оценки представительности гидрохимических данных, полученных при испытании и освоении скважин. Дана экспериментальная оценка представительности проб пластовых рассолов, полученных при бурении скважины Восточно-Выступовичской 3, а также приводится оценка перспектив нефтеносности межсолевых отложений по достоверным гидрохимическим данным.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность результатов применения гидрохимических исследований в нефтепоисковой гидрогеологии в значительной мере зависит от качества имеющихся данных о составе пластовых и закачиваемых вод. Эти данные включают значения о плотности, общей минерализации, концентрации макро- и микрокомпонентов, содержании радиоактивных элементов, водорастворенного органического вещества и газов. Простота и невысокая трудоемкость отбора проб, замеров плотности и проведения сокращенных химических анализов определяют, как правило, значительное количество подобной информации.

Однако представительности гидрохимического материала не всегда уделяется должное внимание, что находит отражение в допускаемых ошибках определения генезиса вод, когда рассолы бурения или рассолы, полученные после солянокислотной обработки (СКО), интерпретируются как природные пластовые рассолы.

Существенные различия критериев отбраковки некачественных данных по различным площа-

дям, месторождениям (залежам), необходимость учета многочисленных геологических и технологических факторов приводили зачастую к весьма схематичному рассмотрению этой проблемы. Недооценка степени использования недостаточно гидрохимического материала может снизить эффективность использования всего комплекса гидрогеологических методов при выполнении поисково-разведочных работ, что может привести к получению неверных выводов и выдаче некорректных рекомендаций.

Выход с бурением на большие глубины, в сложнопостроенные районы с развитием аномальных пластовых давлений, широкое внедрение технологических мероприятий по обработке призабойной зоны скважин, повсеместное применение испытаний пластов в процессе бурения с незначительным объемом отбираемых флюидов предопределяют то, что на практике обычно отбираются пробы, содержащие в том или ином количестве примесь технологических вод. Недостаточно внимания уделено качественной подготовке скважины к отбору проб.

При этом, если максимальные погрешности химических анализов, связанные с их выполнением, могут исказить результат на доли или первые единицы процентов, то ошибки, связанные с использованием данных по некачественным пробам, могут дать искажение результата на несколько десятков процентов. Поэтому при нефтегазовых гидрохимических исследованиях основное внимание следует уделять качеству проб с определением доли содержащейся в них техногенной составляющей.

Вопрос идентичности химического состава отбираемых проб составу пластовых вод с каждым годом становится все более острым, тем более в условиях разведки на старых площадях, где накоплен большой фактический гидрохимический материал. Сегодня таким районом является Южная структурно-тектоническая зона Припятского прогиба, на которую белорусские геологи с активным геологоразведочным процессом вернулись спустя 30 лет. Поэтому необходимо обосновать выбор критериев для оценки представительности гидрохимических данных с целью их дальнейшего использования в нефтепоисковой гидрогеологии с возможностью обоснования объектов испытания и опробования.

Вопросы оценки качества гидрогеохимической информации по Припятскому прогибу специально рассматривались в трудах исследователей П.Г. Альтшулера [1], А.П. Лаврова, Л.И. Шаповал [2], В.Д. Порошина, В.В. Муляка [6]. В работах П.Г. Альтшулера основное внимание уделено сопоставлению химического состава пластовых рассолов и фильтратов буровых растворов. А.П. Лавров за основной принцип оценки качества проб рассола принимал характер насыщения рассола сульфатами, гидрокарбонатами и закисным железом, в работах В.Д. Порошина с целью оценки качества проб рассолов построены графики зависимости содержания брома от минерализации рассолов, сульфат-ионов от содержания кальция, катионного состава рассолов от минерализации и др., на графики нанесены сведения, характеризующие пластовые рассолы, нефтепромысловые воды, фильтраты буровых растворов, другие технологические воды и их смеси, что позволило выделить категории, оценить граничные значения различных показателей для использования в качестве гидрохимической информации.

При интерпретации гидрохимических данных необходимо учитывать генетические признаки всех возможных типов вод изучаемой площади (месторождения, залежи), как природных, так и техногенных; проанализировать условия получения притока и отбора пробы.

По гидрохимическому облику выделяются три типа природных пластовых рассолов девонских комплексов Припятского прогиба: седиментогенные, инфильтрогенные (выщелачивания) и смешанные [2]. Закачиваемая вода может быть технологической (пресной), возможно появление технических вод, которые могут быть представлены: 1) водами, искусственно введенными в пласт при бурении (фильтрат бурового глинистого раствора или буровой рассол); 2) образующимися при обработке призабойной зоны с целью улучшения проницаемости пород – рассолы СКО; 3) смесь природных пластовых рассолов и техногенных вод, количество техногенных вод бывает иногда столь велико, что они вытесняют природные пластовые воды.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью выработки методики оценки представительности проб пластовых вод, отбираемых при проведении поисково-разведочных работ, выполнены экспериментальные работы. Определялся химический состав смеси, составленной из разнообъемных компонентов: пластовая вода – фильтрат бурового раствора.

При бурении поисковых и разведочных скважин обычно используют глинистый раствор, за счет давления столба которого давление на забое скважины превышает давление в продуктивной части пласта. Поэтому в проницаемые пласты неизбежно проникает часть фильтрата глинистого раствора, что приводит к искажению природной гидрохимической обстановки в зоне его проникновения.

Из всех компонентов, добавляемых в буровой глинистый раствор, наибольшее искажение природных вод вносит присутствие карбонатов натрия, поэтому примесь фильтрата бурового раствора приводит к увеличению содержания Na_2CO_3 и, следовательно, увеличению pH водного раствора. При приготовлении бурового раствора обычно используют поверхностные пресные воды, отличающиеся малой минерализацией (0,5–1,0 г/л), поэтому, чем больше проникает в пласт бурового раствора, тем ниже будет минерализация образовавшейся смеси. Нередко общая минерализация фильтратов буровых растворов может достигать до 330 г/л и выше (скв. Ново-Ельская 43, Шатилковская 14, Северо-Комаровичская 10 и др.) за счет засоления фильтратов хлоридом натрия в процессе бурения путем растворения солевого шлама и размыва окружающих соляных пород до насыщения. Но в большинстве случаев фильтрат бурового глинистого раствора представляет собой мало-

минерализованные (минерализация 10,0–20,0 г/л) хлоридно-натриевые или сульфатные воды.

С целью установления закономерностей изменения содержания макро- и микрокомпонентного состава смеси пластового флюида с фильтратом бурового глинистого раствора были проведены лабораторные определения химического состава пластового рассола, полученного в результате испытания в колонне (интервал 3430–3437 м) воронежских отложений скв. Просветской 1. Эта проба пластовой воды разбавлялась фильтратом бурового глинистого раствора, полученного в результате испытания ИП воронежских отложений (2857–2904) скв. Верхлесенской 15, разбавленного в соотношении 2, 5, 8, 10, 15, 20%. Фильтрат бурового раствора представляет собой раствор средней минерализации 22,7 г/л с преобладающим содержанием натрия с калием 43,8%, сульфатов 36,3%, хлора 13,7%. Из макрокомпонентов присутствует только аммоний 1,8% (220,0 мг/л), йод, бром, железо отсутствуют. Критерием выяснения генезиса однозначно служит наличие или отсутствие микрокомпонентов в воде, для установления доли техногенной составляющей этого недостаточно.

Помимо моделирования смеси пластового флюида проанализировано более 50 имеющихся гидрохимических данных по южной части Припятского прогиба.

В табл. 1 представлена физико-химическая характеристика пластовой воды воронежского горизонта скв. Просветской 1, фильтрата бурового раствора подсолевого карбонатного комплекса скв. Верхлесенской 1 и экспериментальных модельных флюидов.

Пластовые воды Припятского прогиба обладают очень высокой общей жесткостью (до 6000 мг-экв./л, в скв. Просветской 1 44 860 мг-экв./л). Это объясняется наличием в водах большом объеме ионов кальция и магния (67 735,2 и 13 132,8 мг/л соответственно). Такое повышенное содержание указанных компонентов объяснимо самой природой образования пластовых вод. Фильтраты буровых глинистых растворов содержат кальций и магний в значительно меньших объемах по сравнению с пластовыми водами. В фильтрате скв. Верхлесенской 15 кальция содержится 581,2 мг/л, магния 12,2 мг/л, общая жесткость 30 мг-экв./л. Как кальций, так и магний в буровые глинистые растворы вводятся в процессе обработки, частично растворением шлама разбуренных пород. В смеси пластовой воды и фильтрата при повышении доли фильтрата отмечается линейное снижение общей жесткости, при разбавлении 100:5 на 240 мг/л, при 100:15 на 880 мг/л (рис. 1). Между общей жесткостью и содержанием фильтрата в модели рассола отмечается высокая

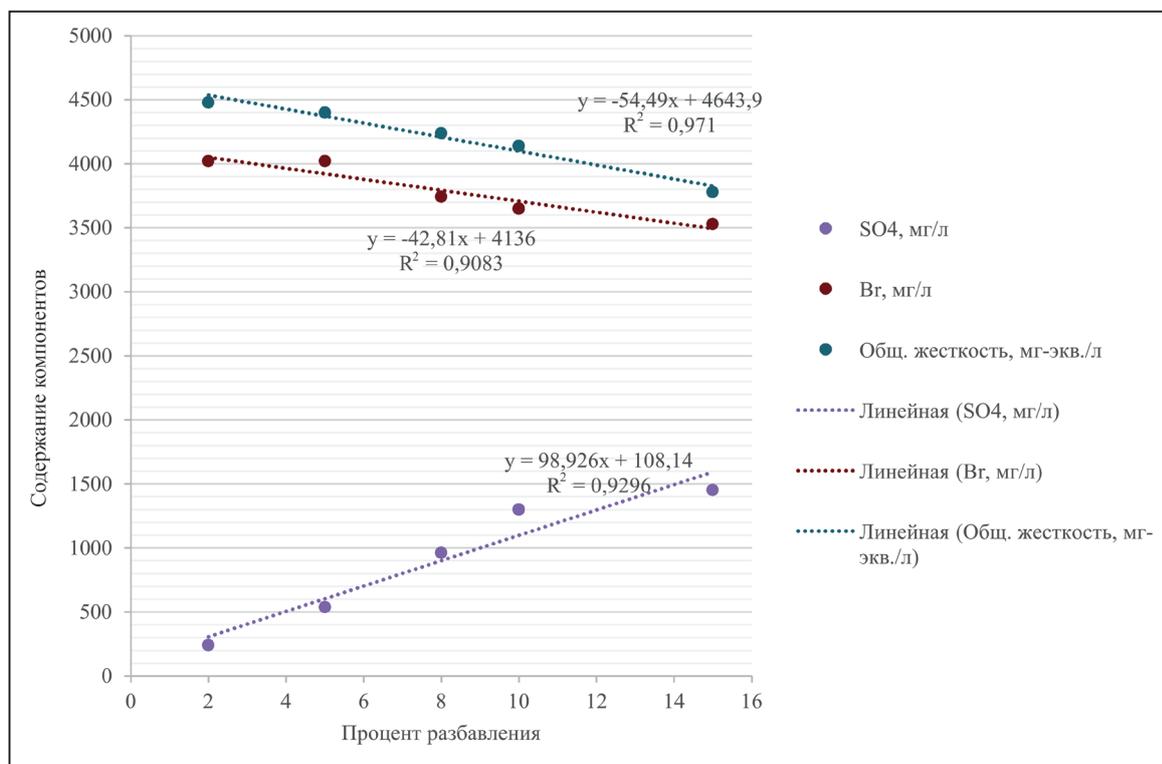


Рисунок 1 – Изменение содержания сульфат-ионов, ионов брома, общей жесткости от процентного содержания доли фильтрата в модели рассола

Таблица 1 – Физико-химическая характеристика состава модели пластового рассола с фильтратом бурового глинистого раствора

№ п/п	Лаб. №	Схв. №	Интервал испытания	Горизонт	ρ , г/см ³	Общ. жест., мг-экв./л	Cl, мг/л	SO ₄ , мг/л	HCO ₃ , мг/л	Ca, мг/л	Mg, мг/л	Na+K, мг/л	NH ₄ , мг/л	Br, мг/л	I, мг/л	Мин, г/л, мг/л	Примечание
1	7118	Верхлесенская 15	2857–2904	D3vr	1,2	30	3300,4	11810	-	581,2	12,2	6826,4	220,1	0	0	22,7	Фильтрат бурового раствора
2	6917	Провснетская 1	2857–2905	D3vr	1,26	4480	233966,5	242,8	195,2	67735,2	13132,8	49797,3	606,1	4022,6	21,15	367,9	Пластовый рассол
3	6917.2	Модель смеси пластового флюида 6917, 7118			1,261	4400	229659,3	539,1	170,8	76152	7296	48546,1	580,9	4022,6	21,15	367	Смесь пластового рассола 6917 (98%) и фильтрата бурового раствора 7118 (2%)
4	6917.5	Модель смеси пластового флюида 6917, 7119			1,259	4240	228223,6	962,9	146,4	75350,4	5836,8	51315,3	651,2	3743	19,40	366,2	Смесь пластового рассола 6917 (95%) и фильтрата бурового раствора 7118 (5%)
5	6917.8	Модель смеси пластового флюида 6917, 7120			1,255	4140	226787,8	1300,34	146,4	72544,8	6323,2	52732,1	721,6	3649,7	16,9	364,2	Смесь пластового рассола 6917 (92%) и фильтрата бурового раствора 7118 (8%)
6	6917.10	Модель смеси пластового флюида 6917, 7121			1,255	3780	223916,4	1452,6	146,4	66933,6	5350,4	59185,9	721,6	3529,8	14,8	361,2	Смесь пластового рассола 6917 (90%) и фильтрата бурового раствора 7118 (10%)
7	6917.15	Модель смеси пластового флюида 6917, 7122			1,252	3600	213869,9	2049,3	122	58917,6	8025,6	57235,5	588,1	3463,2	8,46	344,3	Смесь пластового рассола 6917 (85%) и фильтрата бурового раствора 7118 (15%)

отрицательная корреляционная взаимосвязь r , составляющая 0,97.

При разбавлении пластовой воды фильтратом бурового раствора в соотношении 100:2 не отмечается изменений в содержании микрокомпонентов йода и брома в модели рассола, возможно, из-за изменения на десятые доли мг/л, что находится за пределами обнаружения стандартными аналитическими методами. При разбавлении в соотношении 100:5 отмечается уменьшение брома примерно на 300 мг/л, с увеличением доли фильтрата бурового раствора 100:10, 100:15 уменьшение содержания брома происходит линейно, примерно на каждый процент фильтрата содержание брома изменяется на 50 мг/л, такая закономерность отмечается при более существенном разбавлении (5% и более) (рис. 2).

Изменение содержания йода также фиксируется при содержании фильтрата в пробе 5% (на 1,75 мг/л) и его концентрация снижается почти в 2 раза при доле фильтрата в модели примерно 12%.

Весьма тонким критерием оценки качества гидрохимических данных могут служить сульфаты, даже незначительная доля фильтрата 2% привела

к увеличению сульфатов в 2 раза (до 539,1 мг/л), при увеличении доли фильтрата до 5% в 4 раза (до 962,9 мг/л). Такое резкое увеличение объясняется тем, что пластовые воды представляют собой хлоридно-натриево-кальциевые рассолы, в которых значительное содержание кальция снижает растворимость сульфатов, поэтому в пластовой воде содержание сульфат-ионов небольшое. А фильтрам глинистых растворов свойственно повышенное содержание сульфат-ионов (11 810,0 мг/л, скв. Верхлесенская 15), такое содержание сульфатов объясняется присутствием сульфатсодержащих компонентов в реагентах. На рис. 1 отмечается положительная линейная взаимосвязь между сульфатами и увеличением доли фильтрата в модели рассола, коэффициент корреляции составляет 0,93, при разбавлении 100:15 содержание сульфатов увеличивается до 1500 мг/л.

Катионы натрия и калий в модели рассола определены расчетным путем без отдельного их определения, поэтому их интерпретация в работе не приводится. Отметим, что сумма главных катионов линейно взаимосвязана с увеличением доли фильтрата в модели (коэффициент корреляции 0,84).

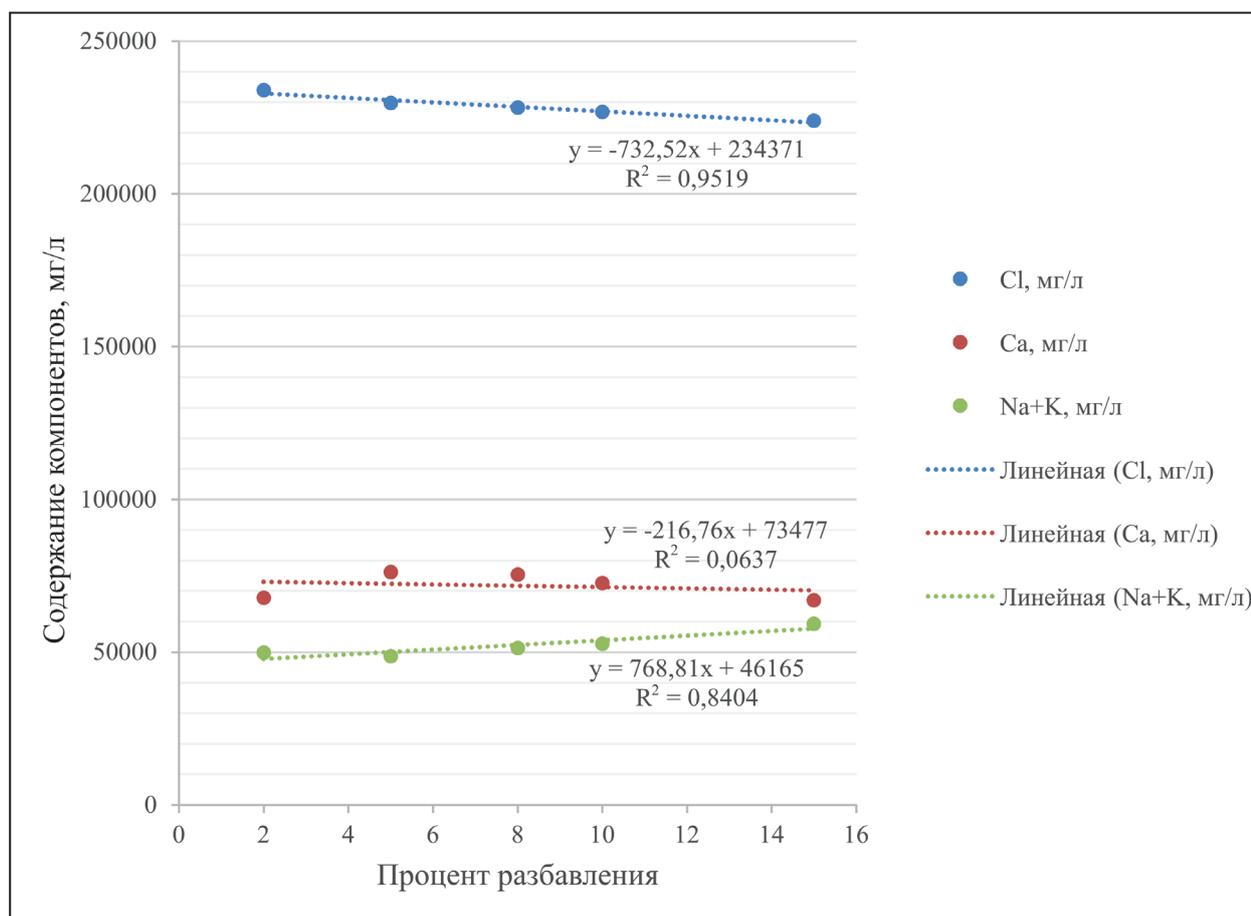


Рисунок 2 – Изменение содержания ионов хлора, кальция, натрия с калием в составе модели рассола

Хлор является главным анионом в составе пластовых вод и его содержание в водах Припятского прогиба достигает 250 000 мг/л, в воде скв. Просветская 1 содержание хлора 233 966,5 мг/л, в фильтрате глинистого раствора содержание хлора значительно ниже 3300,4 мг/л (скв. Верхлесенская 15), 190 г/л (скв. Николаевская 1), 160 г/л (скв. Рощинская 1, Ю-Валавская 35). Содержание хлора в фильтрате зависит в первую очередь от состава бурового раствора, который в свою очередь зависит от условий бурения.

В модели пластового рассола с увеличением доли фильтрата происходит снижение хлора, примерно на 1300 мг/л на каждый процент разбавления, отмечается тесная корреляционная взаимосвязь, коэффициент корреляции составляет 0,95 (см. рис. 2).

По результатам вышеприведенного анализа следует отметить, что пластовые воды юга Припятского прогиба, в отличие от фильтратов, обладают более высокой минерализацией, общей жесткостью, невысоким содержанием сульфатов и значительной концентрацией брома и йода.

При разбавлении пластовых вод фильтратом отмечается линейная зависимость (коэффициент корреляции во всех случаях близок или превышает 0,9) хлора, натрия с калием, сульфатов, брома, йода, общей жесткости. Поэтому для установления доли фильтрата бурового раствора рекомендуется использовать формулу Ш.Ф. Мехтиева и А.Р. Ахудова [5], основанную на линейной зависимости содержания компонентов от пропорций смешивающихся вод.

$$X_1 = \frac{100(C_{1+2} - C_2)}{C_1 - C_2}, \quad (1)$$

где X_1 – объемная доля первой воды в составе смеси, в %; C_1 – содержание какого-либо компонента в составе первой воды; C_2 – содержание этого же компонента в составе второй воды; C_{1+2} – содержание этого компонента в составе смеси вод. Состав смешивающихся вод известен.

Для решения задачи практической оценки качества гидрохимической информации рекомендуется использовать хлор, сульфаты, бром, общую жесткость. Хлор является консервативным компонентом, который практически не сорбируется породами и коллоидными системами, не дает труднорастворимых соединений и не усваивается биологическим путем, то есть не происходит вторичных процессов (выпадения осадков, выделения газов и т. д.), макрокомпоненты (бром и йод) от-

сутствуют в заливаемых буровых растворах, могут служить критерием установления доли техногенной составляющей в рассоле. Однако при разбавлении 5% и более содержание сульфатов является тонким критерием оценки качества, даже при незначительной концентрации фильтрата его содержание увеличивается в два раза, но стоит учитывать факт погрешности измерения сульфатов, как наименее устойчивых и способных вступать в химические реакции при смешении вод.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОЦЕНКИ МЕТОДА ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОСТИ ПРОБ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ (ВОСТОЧНО-ВЫСТУПОВИЧСКАЯ ПЛОЩАДЬ)

Настоящий анализ основан на следующих принципах оценки представительности данных:

1. Установление возможных геохимических типов вод рассматриваемой площади, анализ условий получения притока и отбора пробы.

2. Сопоставление результатов химического состава полученной пробы пластового флюида и фильтрата бурового раствора.

3. Характер насыщения рассолов сульфатами и карбонатными компонентами (без применения СКО), в случае, если оценивается проба, полученная с применением СКО, оценивается содержание закисного железа. Количество отобранного флюида из пласта оценивается по результатам испытания интервала.

4. Процентное соотношение пластового рассола и фильтрата бурового раствора (технической воды) определяется главным образом по содержанию ионов хлора, сульфатов, брома, общей жесткости.

На основе установленных закономерностей изменения содержания ионов хлора и брома при смешивании пластовой воды и фильтрата бурового раствора составлена номограмма, представленная на рис. 3, для определения процентного объемного соотношения их смешивания для пластовых флюидов, полученных при бурении скважин на В-Выступовичской площади.

В результате анализа имеющихся гидрохимических материалов, используя вышеперечисленные принципы практической оценки данных, получена информация о представительности проб пластового рассола, представленная в табл. 2.

Соляно-кислотные и глинисто-кислотные обработки в анализируемых интервалах не проводились. Испытания проводились в открытом стволе.

Поэтому возможно получение в процессе ИП вод следующего генезиса: пластовый рассол, фильтрат бурового раствора, смесь пластового рассола с фильтратом. Непредставительные пробы загрязнены фильтратом бурового раствора либо некачественно отобраны (после непродолжительной откачки). Для оценки доли фильтрата бурового раствора в смеси с пластовым рассолом применяется формула Ш.Ф. Мехтиева и А.Р. Ахудова (1).

При испытании петриковских отложений из интервала 2273–2354 м получен приток фильтрата бурового раствора минерализацией 125,0 г/л, содержание хлора 49,23% экв., натрия 43,16% экв., кальция 6,73%, микрокомпоненты отсутствуют. Пластовое давление на глубине 2275 м составило 25 МПа, градиент давления 1,101 (см. табл. 2).

Пробы пластовой воды получены после отбора при испытании 11 м³ (интервал 2410–2494 м), а хорошее качество пробы пластового рассола достигается при отборе не менее 10–12 м³, при опробовании ИП увеличение объема отобранного флюида

приводит к закономерному снижению избыточных концентраций компонентов. При опробовании елецких отложений в интервале 2410–2494 м получен приток пластовой воды плотностью 1,213 г/см³ дебитом 7,5 м³/час. После закрытия ЗПК отмечается незначительный рост давления, давление восстановилось до пластового. Рпл. 27 МПа на глубине 2412 м, градиент давления 1,10.

По результатам химического анализа, проведенного в лаборатории БелНИГРИ, получен рассол хлоридно-кальциевого состава общей жесткостью 2840,6–2842,7 мгл-экв./л с содержанием сульфатионов, не превышающим предельные концентрации, в микрокомпонентном составе отмечается содержание брома 2511 мг/л, йода 10 мг/л, аммония 210–243,5 мг/л. Пробы из этого интервала загрязнены фильтратом бурового раствора 2–3%.

В результате ИП 17.03.1977 г. елецко-задонских отложений в интервале 2535–2605 м получен приток пластовой воды дебитом 22,8 м³/час. Давление восстановилось до пластового «мгно-

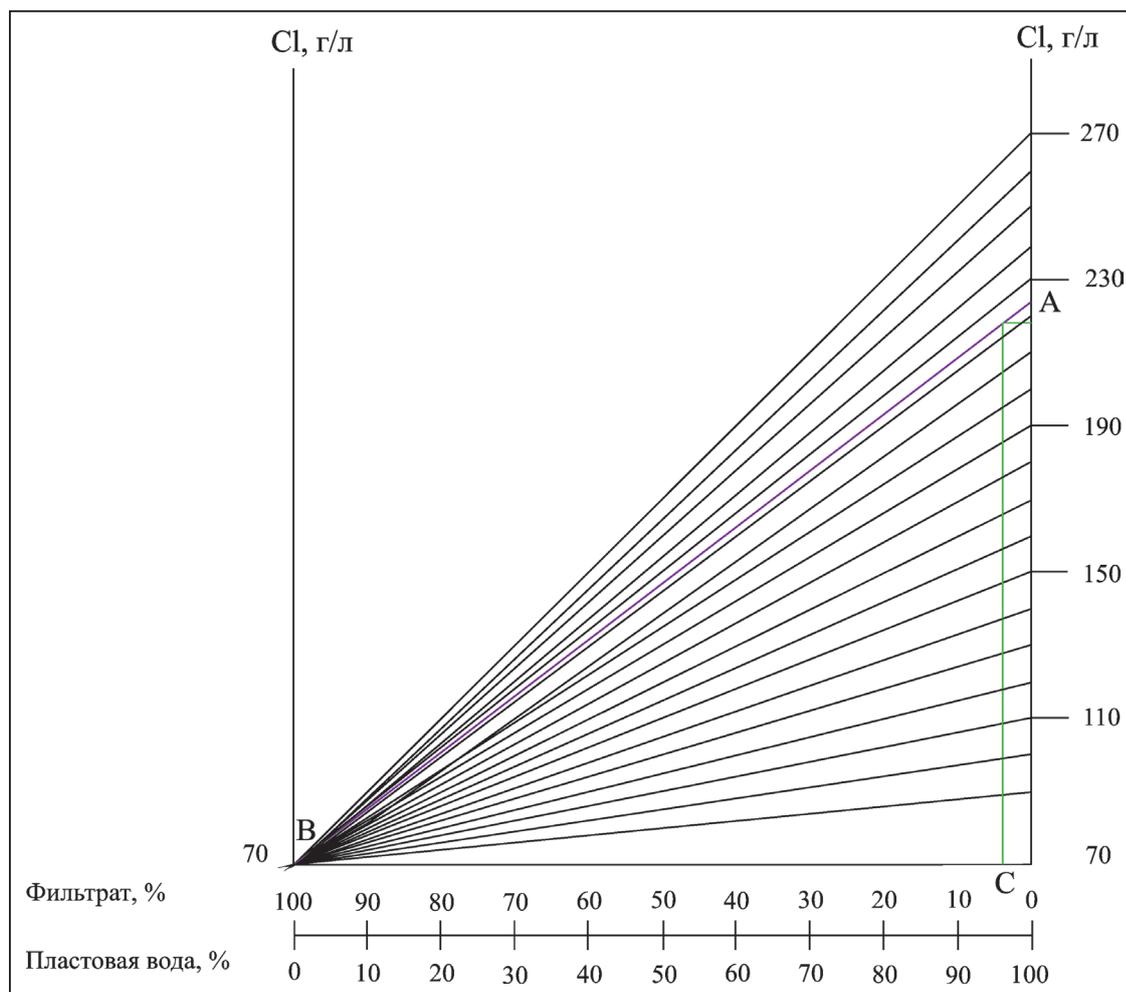


Рисунок 3 – Номограмма определения процентного объемного соотношения смешивания пластовой воды В-Выступовичской площади с фильтратом бурового глинистого раствора по изменению содержания иона Cl

Таблица 2 – Геохимическая характеристика проб пластового флюида, полученного в результате испытания межсоловых отложений в открытом стволе скважины В-Выступовичской 3 и в колонне скважины В-Выступовичской 3с2

Скв.	Дата испытания	Интервал	Горизонт	ρ , г/см ³	С, г/л	Ph	Cl, мг/л	HCO ₃ , мг/л	SO ₄ , мг/л	Ca, мг/л	Mg, мг/л	Na + K, мг/л	Общ. ж, мг-экв./л	Fe ²⁺ , мг/л	Fe ³⁺ , мг/л	NH ₄ , мг/л	Br, мг/л	I, мг/л	Заключение	
3	03.03.1977	2410–2494	el(dtr)	1,22	323,9	5,6	203060,0	след.	121,4	40788,0	8553,6	68786,1	2738,8	след.	след.	172,8	2394,0	6,3	Пластовая вода 97% с примесью фильтрата 3%	
	1,23			334,2	5,1	205720,0	40,0	110,0	44640,0	7230,0	69510,0	2822,1	20,0	20,0	210,0	2320,0	10,0	Пластовая вода 99% с примесью фильтрата 1%		
3	03.03.1977	2535–2605	el(tr)	1,23	332,3	5,9	207526,2	26,1	97,5	40813,2	9776,9	70889,5	2840,6	0,0	0,0	243,5	2511,7	10,1	Пластовая вода	
	1,22			337,3	5,9	211580,0	–	277,7	42372,0	9028,8	68090,8	2856,9	0,0	0,0	172,8	2291,0	6,3	Пластовая вода		
3	17.03.1977	2535–2605	el(tr)	1,22	325,4	4,4	203188,3	172,1	257,1	44179,7	9729,4	70916,7	3004,7	891,3	46,9	245,8	2410,4	12,2	Пластовая вода 95% с примесью фильтрата 5%	
	1,22			327,6	6,0	203220,0	100,0	270,0	46760,0	8520,0	71120,8	3034,0	0,0	210,0	2160,0	10,0	Пластовая вода 95% с примесью фильтрата 5%			
3с2	20.11.2021	2552–2571	el(tr)	1,23	318,4	3,9	216200,0	0,0	44,0	46092,0	9720,0	59097,8	3099,3	0,0	0,0	382,0	2376,0	28,6	Пластовая вода с примесью (1–2%) пресной технологической воды (заключение БелНИПИ)	
				1,23	318,9	3,9	211306,0	0,0	44,0	46092,0	9112,0	60307,8	3043,3	0,0	0,0	326,1	2337,0	30,9	Пластовая вода с примесью (1–2%) пресной технологической воды (заключение БелНИПИ)	
3с2	15.11.2021	2870–2930	el(tr)	1,23	343,3	3,2	216200,0	0,0	35,6	50100,0	9841,5	64040,6	3309,3	0,0	0,0	611,9	2441,8	32,0	Пластовая вода (заключение БелНИПИ)	
				1,23	334,8	4,5	211306,0	97,6	66,5	51402,6	10631,0	58212,3	3439,4	0,0	0,0	436,4	2651,4	45,4	Пластовая вода (заключение БелНИПИ)	
3	13.04.1977	2870–2930	zd(ton)	1,23	328,0	5,5	205610,0	–	244,8	55711,2	7052,8	68090,8	3360,0	0,0	0,0	201,6	2650,9	20,8	Пластовая вода 95% с примесью фильтрата 5%	
				1,23	332,6	5,1	209864,0	–	205,8	60120,0	9241,6	68090,8	3760,0	0,0	0,0	244,8	2664,0	19,5	Пластовая вода 97% с примесью фильтрата 3%	
3	16.04.1977	2870–2940	zd(ton)	1,24	343,7	4,9	213269,8	495,2	383,9	57798,4	6625,6	69965,5	3429,0	2604,2	271,7	0,0	354,2	2756,1	26,5	Пластовая вода
				1,24	347,6	4,9	216833,0	–	364,0	64394,0	9731,0	69969,8	4013,5	0,00	0,0	262,0	3188,0	23,0	Пластовая вода	
3	17.02.1977	2273–2354	ptr	1,09	125,5	5,5	75260,0	–	1598,7	5800,0	0,0	42764,1	289,7	0,0	0,0	72,0	0,0	0,0	Фильтрат	

венно», что характеризует высокопродуктивный пласт. Рпл 29. МПа на глубине 2552 м, градиент давления 1,14.

Пробы для анализа получены после отбора примерно 8 м³, по результатам анализа в двух пробах присутствуют небольшие концентрации гидрокарбонатов, закисного железа – 100,0–172,1, 200–891,3 соответственно. А.В. Кудельский в работе «Гидрогеология и рассолы Припятского нефтегазоносного бассейна» [4] приводит характеристику пластовых рассолов межсоловых отложений с содержанием сульфатов до 350 мг/л, гидрокарбонатов до 100–800 мг/л, закисного железа 4–8667 мг/л (среднее содержание 634,17 мг/л). То есть во всех пробах по химическому составу содержание отдельных компонентов не превышает предельных. С пробами из этого интервала есть еще один интересный факт. Как известно, пробы, отобранные в открытом стволе и обсаженных скважинах, не обнаруживают существенных различий в минерализации и содержании Na, Ca, Mg, Cl, Br, NH₄. На основании этого положения представительность проб пластового рассола, полученного в открытом стволе из интервала 2535–2605 м (D₃el(tr)) дата испытания 17.03.1977 г., вызывает сомнения. По результатам химического анализа, проведенного в лаборатории БелНИГРИ, в макрокомпонентном составе рассола содержание хлора 211 880 мг/л, кальция 43 372 мг/л, магния 9028,8 мг/л, сульфатов 277,7 мг/л, в микрокомпонентном – аммония 172,8, брома 2291,0 мг/л, йода 6,3 мг/л. В 2021 г. РУП «ПО «Белоруснефть»» восстановило скв. В-Выступовичскую 3 и углубило до 3306,7 м до фундамента. В пробе, взятой в результате испытания тремлянских отложений в колонне скв. В-Выступовичская 3s2 (интервал перфорации 2552–2571 м, дата отбора 13.11.2021 г.), добыт пластовый рассол со следующей характеристикой химического состава: содержание хлора 219 710 мг/л, кальция 51 502,8 мг/л, магния 10 935,0 мг/л, сульфатов 36,0 мг/л, аммония 591,0, брома 2443,1 мг/л, йода 46,0 мг/л (по результатам РУП «ПО «Белоруснефть»»). Более высокая концентрация сульфатов объясняется тем, что в первом случае проба получена ИП в открытом стволе. По остальным показателям можно предположить, что все же в первом случае в результате ИП получена смесь пластового рассола и 5% фильтрата бурового раствора.

31.03.1977 г. при ИП задонских отложений из интервала опробования 2730–2782 м получен приток пластовой воды дебитом 13,5 м³/час. Рпл. на глубине 2784 м составило 30 МПа, градиент давления 1,08. В лаборатории БелНИГРИ проана-

лизированы две пробы полученного пластового флюида с различным химическим составом. Пробы отобраны после откачки 10 м³ (присутствует гидрокарбонат-ион, закисное железо не превышает предельных значений). По содержанию хлора, брома, йода, значений общей жесткости отбрактована одна проба с содержанием 15% фильтрата бурового раствора в смеси.

В результате испытания интервала 2870–2930 м получен приток «предположительно» пластовой воды дебитом 0,28 м³/час. КВД характеризует непроницаемый пласт. Давление на глубине 2871 м 31,5 МПа, градиент 1,098. После отбора 0,5 м³ получены 4 пробы флюида, 3 из которых являются непредставительными, так как загрязнены фильтратом бурового раствора более 5%.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАСТОВЫХ РАССОЛОВ ПО ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫМ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ СКВ. ВОСТОЧНО-ВЫСТУПОВИЧСКОЙ ПЛОЩАДИ 3

При испытании петриковских отложений из интервала 2273–2354 м получен приток фильтрата бурового раствора, что подтверждает наличие коллектора. Пластовое давление на глубине 2275 м составило 25 МПа, градиент давления 1,101.

При испытании елецких отложений (дроздовские слои) в открытом стволе получены многочисленные притоки пластовых флюидов. Из практической оценки качества проб пластового рассола отобраны три представительные пробы из интервала 2410–2494 м. Это крепкий рассол хлоридно-кальциевого состава (кальция 17,73% экв. и магния 6,2% экв.). Отмечается нижефоновое содержание сульфатов 97,5–121,4 мг/л. В среднем недонасыщенность вод сульфатами составляет 60%. Из микрокомпонентов фоновое содержание аммония 172,8–243,5 мг/л, высокое содержание брома 2511–2394 мг/л, йода 6,3–10,1 мг/л. Генетические коэффициенты $\frac{r_{Na}}{r_{Cl}} = 0,52$; $\frac{Cl}{Br} = 84,82$ указывают на седиментогенный генезис исследуемых рассолов. На весьма высокую степень гидрогеологической закрытости и метаморфизации вод указывают коррелятивные показатели: $\frac{r_{Na}}{r_{Br*H}} = 0,04$; $\frac{r_{Cl-rNa}}{r_{Mg}} = 3,83$; $\frac{Ca}{Mg} = 4,77$, характеризующие обстановку, благоприятную для сохранения залежей углеводородов.

При испытании елецких отложений (тремлянские слои) интервал перфорации 2552–2571 м получен приток пластового рассола минерализацией от 318,4 до 352,0 г/л, отмечается недонасы-

шенность вод сульфатами (82%), контрастность аномалии NH_4 ($\frac{\Delta\text{NH}_4}{\text{NH}_4\text{фон}} * 100\%$) 83%, расстояние до ВНК менее 0,3 км. Из микрокомпонентов отмечается высокое содержание йода (46 мг/л) и брома (2443,1 мг/л).

Генетические коэффициенты $\frac{r\text{Na}}{r\text{Cl}} = 0,44$; $\frac{\text{Cl}}{\text{Br}} = 89,9$ указывают на седиментогенный генезис исследуемых рассолов. На весьма высокую степень гидрогеологической закрытости и метаморфизации вод указывают коррелятивные показатели: $\frac{r\text{Na}}{r\text{Br}*H} = 0,03$; $\frac{\text{Ca}}{\text{Mg}} = 2,9$, характеризующие обстановку, благоприятную для сохранения залежей углеводородов. Пластовое давление достигает 32 МПа, градиент давления резко увеличивается до 1,14.

При испытании задонских отложений (вишанские слои) в открытом стволе получены многочисленные притоки пластовых флюидов. Из практической оценки качества проб пластового рассола отобраны две представительные пробы из интервала 2730–2782 м. Это крепкий рассол хлоридно-кальциевого состава (кальция 24,5% экв. и магния (6,1% экв.), нижефоновое содержание сульфатов 150,2 мг/л. В среднем недонасыщенность вод сульфатами составляет 25%. Из микрокомпонентов фоновое содержание аммония 216,0–296,0 мг/л, высокое содержание брома 3076,6–30264,0 мг/л, йода 10,5–17,0 мг/л. По данным Я.Г. Грибика, содержание Ra в этом интервале 760 усл. ед., расстояние до прогнозируемой залежи составляет 0,7 км [3].

Генетические коэффициенты $\frac{r\text{Na}}{r\text{Cl}} = 0,38$; $\frac{\text{Cl}}{\text{Br}} = 70,97$ указывают на седиментогенный генезис исследуемых рассолов.

На весьма высокую степень гидрогеологической закрытости и метаморфизации вод указывают коррелятивные показатели: $\frac{r\text{Na}}{r\text{Br}*H} = 0,02$; $\frac{r\text{Cl}-r\text{Na}}{r\text{Mg}} = 4,96$; $\frac{\text{Ca}}{\text{Mg}} = 6,71$, характеризующие обстановку, благоприятную для сохранения залежей углеводородов.

При испытании задонских отложений (тонешские слои) в открытом стволе получены многочисленные притоки пластовых флюидов. В результате оценки представительности гидрохимических данных отобраны две представительные пробы из интервала 2870–2930 м. Пластовый рассол хлоридно-кальциевого состава с минерализацией 328 г/л (содержание кальция 23,8% экв., магния 4,97% экв.). Отмечается фоновое содержание сульфатов – 244,8 мг/л, вышефоновое содержание аммония – 201,6 мг/л, высокое содержание брома – 2650,9 мг/л, йода – 20,8 мг/л. Генетические коэффициенты $\frac{r\text{Na}}{r\text{Cl}} = 0,43$; $\frac{\text{Cl}}{\text{Br}} = 77,56$ указывают на се-

диментогенный генезис исследуемых рассолов. На весьма высокую степень гидрогеологической закрытости и метаморфизации вод указывают коррелятивные показатели: $\frac{r\text{Na}}{r\text{Br}*H} = 0,025$; $\frac{r\text{Cl}-r\text{Na}}{r\text{Mg}} = 5,75$; $\frac{\text{Ca}}{\text{Mg}} = 7,9$, характеризующие обстановку, благоприятную для сохранения залежей углеводородов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Эффективное применение гидрогеологических данных при нефтепоисковых работах возможно при анализе представительных пластовых вод, не содержащих техногенных примесей и достоверность которых можно достичь последовательными этапами: установлением возможного типа пластовой воды, сопоставлением анализируемого пластового флюида с фильтратом промышленной жидкости, анализом условий получения притока и отбора пластовой пробы.

2. По результатам экспериментального моделирования разнообъемного соотношения доли техногенной составляющей в смеси пластовых рассолов определяющими критериями их представительности являются общая жесткость, содержание хлора, брома, сульфатов.

3. По результатам практической оценки представительности проб гидрохимической информации по скв. В-Выступовичской 3 отбракованы пробы пластового флюида, полученные из интервалов 2535–2605 м, 2730–2782 м, 2870–2830 м по причине загрязнения фильтратом бурового раствора 5% и более.

4. По результатам проведенного анализа с использование представительных гидрохимических данных пластовые рассолы, полученные в результате испытания и опробования елецких и задонских отложений скв. В-Выступовичской 3, представлены крепкими хлоридно-кальциевыми рассолами с минерализацией в среднем 335 г/л, в макрокомпонентном составе отмечается довольно высокое содержание кальция, нижефоновые концентрации сульфатов, в микрокомпонентном – высокое содержание брома и йода (2300–3000 мг/л, до 46 мг/л соответственно). Гидрогеохимическая характеристика рассолов отражает гидрогеологически застойный режим – весьма благоприятные условия для сохранения залежи – для задонско-елецких отложений.

5. Пластовые воды елецкого горизонта (трелянские слои) по своему химическому составу сопоставимы с водами нефтяных месторождений, на что указывают хлоридно-кальциевый состав рассолов, промышленное содержание отдельных

микрокомпонентов ($J = 46$ мг/л), отмечается недонасыщенность вод сульфатами (82%), контрастность аномалии NH_4 ($\frac{\Delta_{\text{NH}_4}}{\text{NH}_{4\text{фон}}} * 100\%$) 83%, а также седиментогенный генезис рассолов, высокая степень их метаморфизации, коэффициент закрытости структуры 0,03. Прогнозируется выявление в елецких отложениях залежи нефти на расстоянии не более 300 м от скв. В-Выступовичской 3.

6. Задонские отложения (вишанские слои) характеризуются двумя локальными показателями нефтеносности: нижефоновыми концентрациями SO_4 (150 мг/л) и водорастворенного Ra 760 усл. ед. Прогнозируется выявление в задонских отложениях залежи нефти на расстоянии не более 700 м от скв. В-Выступовичской 3.

7. Кроме использования результатов для оценки представительности проб пластовых вод (рассолов) предлагаемая методика представляется весьма эффективной для оценки степени загрязненности призабойной зоны при интерпретации промыслово-геофизических данных. Следует признать, что традиционное использование термина «загрязненность призабойной зоны» интерпретаторами материалов геофизических исследований скважин является схематическим, так как не позволяет интерпретаторам выходить на характер реальной флюидонасыщенности призабойной зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Альтшулер, П. Г.** Влияние фильтрата глинистого раствора на качество пластовых вод в условиях девонских комплексов Припятской впадины / П. Г. Альтшулер, Г. К. Комаровский // Вопросы геологии и инженерной геологии : сб. науч. тр. – Минск : БелНИГРИ, 1974. – С. 239–242.
2. **Гидрогеологический** прогноз перспектив нефтегазоносности девонских комплексов Припятского прогиба / А. П. Лавров [и др.] // Формирование залежей и месторождений нефти, газа и конденсата : обзор. – Минск : БелНИГРИ, 1988. – 52 с.
3. **Грибик, Я. Г.** Новые прогнозируемые месторождения нефти в Припятском прогибе / Я. Г. Грибик // Инновационное развитие геологической науки – путь к эффективному и комплексному освоению ресурсов недр : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Минск : БелНИГРИ, 2007. – С. 84–88.
4. **Кудельский, А. В.** Гидрогеология и рассолы Припятского нефтегазоносного бассейна / А. В. Кудельский, В. М. Шиманович, А. А. Махнач. – Минск : Наука и техника, 1985. – С. 33–83.
5. **Мехтиев, Ш. Ф.** Практические вопросы нефтепромысловой гидрогеологии / Ш. Ф. Мехтиев, А. Р. Ахундов, Е. А. Ворошилов. – Баку : ЭЛМ, 1975. – 188 с.
6. **Порошин, В. Д.** Методы обработки и интерпретации гидрохимических данных при контроле разработки нефтяных месторождений / В. Д. Порошин, В. В. Муляк. – Москва : Недр-Бизнесцентр, 2004. – С. 28–42.

Статья поступила в редакцию 09.03.2022

Рецензент В.Г. Жогло

АЦЭНКА ДАКЛАДНАСЦІ ГІДРАХІМІЧНЫХ ДАНЫХ ПРЫ ВЫПРАБАВАННІ І АСВАЕННІ ПЕРСПЕКТЫЎНЫХ ГАРЫЗОНТАЎ ПРЫПЯЦКАГА НАФТАГАЗАНОСНАГА БАСЕЙНА

Н.І. Кандраценка¹, Я.Г. Грыбiк²

¹Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
вул. Ірынiнская, 1, 246000, Гомель, Беларусь
E-mail: nvkondratenko@mail.ru

²Інстытут прыродакарыстання НАН Беларусі
Ф. Скарыны, 10, 220114, Мiнск, Беларусь
E-mail: chistaya.62@mail.ru

Выкладзены вынікі лабараторных даследаванняў па вызначэнні хімічнага складу сумесі пластавага расолу з фільтратам буравага гліністага раствору ў розных аб'ёмных суадносінах у мэтах устанаўлення найбольш аптымальных крытэрыяў ацэнкі прадстаўнічасці гідрахімічных даных, атрыманых пры выпрабаванні і асваенні свiдравiн. Дадзена эксперыментальная ацэнка прадстаўнічасці проб пластавых расолаў, атрыманых пры бурэнні свiдравiны Усходне-Выступавiцкай 3, а таксама прыводзiцца ацэнка перспектыў нафтаанаснасці мiжсалавых адкладаў па дакладных гiдрахімічных даных.

ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF HYDROCHEMICAL DATA DURING TESTING AND DEVELOPMENT OF PROSPECTIVE HORIZONS OF THE PRIPYAT OIL BASIN

N. Kondratenko¹, Y. Gribik²

¹State Enterprise “SPC on Geology” Branch “Mozyr oil exploration expedition of deep drilling”
1, Irininskaya str., 246000, Gomel, Belarus
E-mail: nvkondratenko@mail.ru

²Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
10, F. Skoriny str., 220114, Minsk, Belarus
E-mail: chistaya.62@mail.ru

The authors of the article present the results of laboratory research methodologies for assessing the representativeness water chemistry data generated from the testing and development wells. The authors made a pilot evaluation of the representativeness water chemistry data during drilling of the well V-Vystupovichskaya 3, also assess oil potential of the intersalt stratum.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ И УГЛЕВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД ЗАДОНСКОГО НАДГОРИЗОНТА (НИЖНИЙ ФАМЕН) В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЧЕРВОНОСЛОБОДСКО- МАЛОДУШИНСКОЙ СТУПЕНИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Е.В. Бибикова, Т.В. Воскобойникова, М.С. Шарик, О.М. Багук

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
Филиал «Институт геологии»
ул. Купревича, 7, 220141, Минск, Беларусь
E-mail: hd_oil@geologiya.by, vosktan@mail.ru

Рассмотрено геологическое строение задонских отложений центральной части Червонослободско-Малодушинской ступени Северного района Припятского прогиба на примере Ново-Корневской площади. Выявлены закономерности в распределении органического вещества и их связь с литологическим составом пород. Установлена зависимость типа органического вещества от обстановок осадконакопления в палеобассейне. Выявлены закономерности в процессах преобразования органического вещества, зависящие от типа первичного органического вещества. Условия захоронения ОВ улучшаются по разрезу от отложений кузьмичевского горизонта к отложениям тремлянского горизонта. Степень преобразованности органического вещества растет по мере погружения отложений межсолевого комплекса и достигает уровня МК1 с глубины 2870 м.

Целью данной работы является характеристика геологического строения, нефтегазогенерационного потенциала и нефтенасыщенности елецко-задонских отложений фаменского яруса верхнего девона в пределах центральной части Червонослободско-Малодушинской ступени на примере Корневского участка. Помимо геолого-геофизических материалов авторами был изучен керновый материал по отложениям в скв. Ново-Корневская 4 и Корневская 1. В работе были использованы определения органического углерода ($C_{орг}$, вес. %) по методу Тюрина в количестве 261 образца. В лаборатории Государственного предприятия «НПЦ по геологии» получены пиролитические данные по 152 образцам на пиролитической установке на базе масс-спектрометра MX7304AM (ОАО «Selmi», г. Сумы, Украина) с прецизионным преобразователем сигналов термопар и термосопротивлений ТЕРКОН (ООО «Термэкс», г. Томск, Россия) (аналитик В.Г. Клименко) по методике Rock-Eval 6 [10] в модификации В.Г. Клименко. Также в работе ис-

пользованы результаты пиролитических исследований по 12 образцам, проведенные в 1980-х гг. во Французском институте нефти. Обобщение геохимических материалов Е.Ф. Никуленко, пиролитических данных и данных литолого-фациального районирования позволило выявить взаимосвязь геохимических и литологических критериев нефтегазоносности, что являлось частью процесса интерпретации пиролитических и битумологических данных.

Район исследований охватывает центральную часть Червонослободско-Малодушинской тектонической ступени Северного района Припятского прогиба (рис. 1). Для демонстрации предполагаемой модели процессов нефтеобразования и нефтенакопления в межсолевых отложениях в пределах указанного участка приводится сейсмогеологический разрез субмеридионального направления (рис. 2), пересекающий всю территорию Червонослободско-Малодушинской ступени с юга на север, включая гребневую часть, террасу и подножие Червоносло-

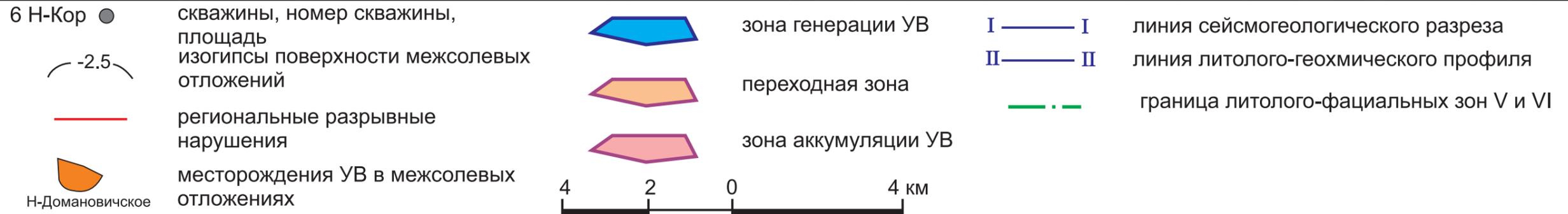
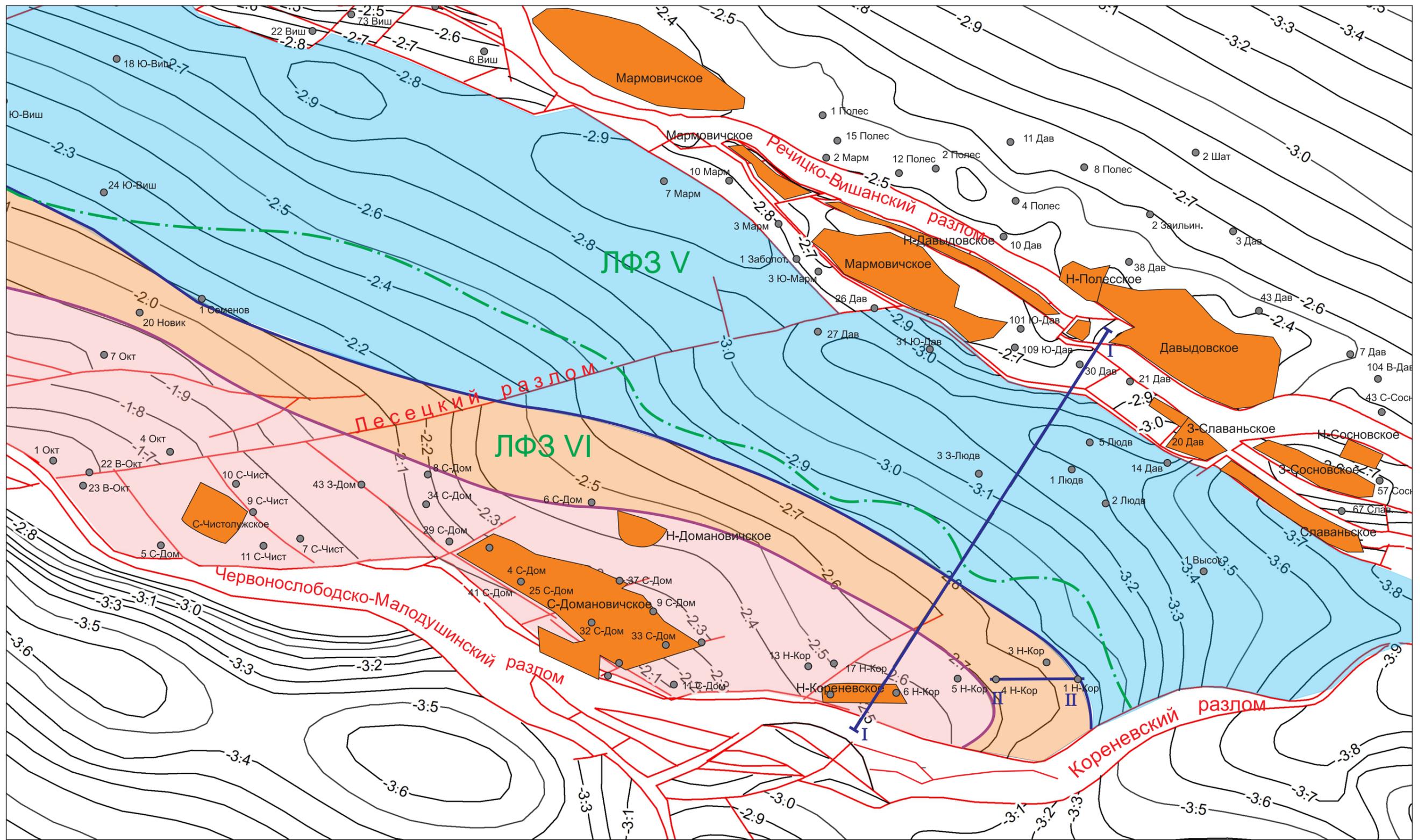


Рисунок 1 – Карта-схема литолого-фациального и нефтегеологического районирования межселевых отложений центральной части Червонослободско-Малодушинской ступени (с использованием материалов В.Н. Бескопильного, Р.Г. Айзберга, Я.Г. Грибика, Е.Ф. Никуленко, С.М. Обровец)

бодско-Малодушинской ступени, в соответствии с современным представлением о тектоническом районировании Припятского прогиба [1].

Разрез межсолевых отложений в пределах Червонослободско-Малодушинской ступени имеет ритмичное строение и по общепринятому делению расчленяется на семь литологических ритмопачек, из которых М1 – М5 слагают задонский надгоризонт, М6 – елецкий и М7 – петриковский горизонты [8]. Пачки М2 (кузьмичевский горизонт), М4 (тонежский горизонт) и М6 (елецкий надгоризонт) как псевдорегрессивные слагаются слабоглинистыми карбонатными отложениями с обилием органогенных построек, а четыре пачки – М1, М3, М5 и М7 – трансгрессивные, сложены более плотными глинисто-карбонатными породами.

Пласты-коллекторы развиты, главным образом, в отложениях пачек М2, М4 и М6, на отдельных участках Червонослободско-Малодушинской ступени выделяются также в пачках М3 (тонежский горизонт), М5 (тремлянский горизонт), и М7 (петриковский горизонт). Отложения тремлянского и вишанского горизонтов (пачка М5) на основной части территории Червонослободско-Малодушинской ступени являются субрегиональным флюидоупором, разделяющим отложения задонского и елецкого горизонтов, что позволило выделить в межсолевом комплексе два резервуара: задонский и елецко-петриковский [4].

В нефтегеологическом отношении территория центральной части Червонослободско-Малодушинской тектонической ступени находится в Северном нефтегазоносном районе на землях с плотностью ресурсов углеводородов, оцененных в 50–200 тыс. т/км².

Согласно результатам районирования межсолевой нефтегазоматеринской толщи Припятского нефтегазоносного бассейна по условиям генерации углеводородов [7], территория относится к Октябрьскому сектору Червонослободско-Малодушинского очага нефтеобразования.

Октябрьский сектор охватывает территорию центральной части Червонослободско-Малодушинской ступени, которая на востоке ограничивается субмеридиональным Кореневским разломом. Октябрьский сектор характеризуется значительными размерами в 541 км², небольшой суммарной мощностью нефтематеринских пород до 75 м, малой плотностью эмиграции жидких углеводородов в 75 тыс. т/км², средним масштабом потенциальной эмиграции жидких углеводородов (УВ) в 40 575 млн т [7]. Нефтепроявления 1–3 класса [4] представлены битумом, выпотами нефти черной и

темно-коричневой вязкой, слабоподвижной иногда с пузырьками газа.

В пределах Червонослободско-Малодушинской тектонической ступени Е.Ф. Никуленко выделена зона генерации УВ, приуроченная к Предборисовской зоне опускания и две зоны нефтенакопления: Северо-Калиновско-Семеновичская на террасе и Червонослободско-Малодушинская в гребневой и пригребневой частях Червонослободской ступени [4].

Северо-Калиновско-Семеновичская зона нефтенакопления по геохимическим данным характеризуется относительно высоким содержанием хлороформенных битумоидов (ХБ): от 0,243% в скв. Южно-Вишанская 24 (тремлянский горизонт) до 0,309% в скв. Семеновичская 1 (петриковский горизонт). Плотность миграционных битумоидов в задонских отложениях изменяется от 97 тыс. т/км² в скв. Семеновичская 1 до 115, 227 и 317 тыс. т/км² в скв. Южно-Вишанские 23, 24 и 25 соответственно. Эти данные свидетельствуют о процессах генерации и возможной аккумуляции углеводородов в указанной зоне, хорошие прямые признаки нефтеносности по керну и геохимические показатели нефтеносности в скв. Южно-Вишанские 18, 21, 23, 24, 25, 26 и Семеновичская 1 могут оказаться остаточными следами миграции углеводородов из зоны генерации к головной части ступени [4]. Следует отметить, что преобладают нефти тяжелые, битуминозные. В связи с тем, что в пределах Северо-Калиновско-Семеновичской зоны нефтенакопления на данный момент нет открытых месторождений, авторы считают ее выделение дискуссионным.

На территории Червонослободско-Малодушинской зоны нефтенакопления открыты залежи нефти в петриковских (скв. Ново-Домановичская 1), елецких (скв. Октябрьская 13, Северо-Домановичские 31 и 36) и задонских отложениях (Северо-Домановичское, Северо-Чистолужское, Ново-Кореневское месторождения). Плотность миграционных битумоидов в этой зоне изменяется от 126 до 385–453 тыс. т/км² на Северо-Домановичской площади и от 741 до 1928 тыс. т/км² на Северо-Чистолужской. В западном направлении к скв. Октябрьские 16 и 5 величина этого показателя снижается до 30 тыс. т/км². На Ново-Кореневской площади в скв. 4 по геохимическим параметрам в тремлянских и тонежских отложениях выделяется целый ряд незначительных аномалий с содержанием хлороформенного и петролейно-эфирного битумоидов 0,02 и 0,01% соответственно [4]. В скв. 4 и 5 нефтепроявления в этих же отложениях представлены выпотами подвижной нефти по по-

рам и кавернам, что связано с близостью Ново-Кореневского месторождения. На данной площади плотность миграционных битумов увеличивается с востока на запад к залежи от 117 тыс. т/км² в скв. 3 до 228 тыс. т/км² в скв. 5; и эта закономерность подтвердилась получением притока нефти (1,13 м³/сут) из тонезских отложений в скв. Ново-Кореневская 6 (2804–2816 м).

При анализе нефтематеринских пород по пиролитическим и битумологическим данным использована разработанная авторами классификация, согласно которой выделяются нефтематеринские породы низкого, среднего и высокого качества [3]. Диагностическими признаками нефтематеринских пород являются достаточное количество органического углерода ($C_{орг}$, %), высокий или умеренный генерационный потенциал ($(S_1 + S_2)$, мг/г), тип органического углерода (ОВ) по данным индекса водородности (ИН), зрелость органического вещества на основе параметров температуры максимального выхода УВ (T_{max} , °С) и индекса продуктивности (IP).

По данным литолого-фациального районирования отложений межсолевого комплекса центральной части Червонослободско-Малодушинской ступени [6], Октябрьский сектор нефтегазообразования относится к двум литолого-фациальным зонам (ЛФЗ): ЛФЗ-V – органогенная, известняковая, биоритмитная, с себкховыми сульфатными фациями и ЛФЗ-VI мелководная, органогенная, известняковая, биоритмитная.

На территории Кореневской и Ново-Кореневской площадей по мере воздымания поверхности межсолевых отложений и продвижения от террасы к гребневой зоне Червонослободско-Малодушинской ступени происходит смена зоны ЛФЗ-V на зону ЛФЗ-VI (см. рис. 2). Литолого-фациальная зона ЛФЗ-V охватывает Южно-Вишанскую, Людвиновскую, Высокоборскую площади в пределах террасы и подножья Червонослободско-Малодушинской ступени. Территория относится к наиболее погруженной части Червонослободского сектора нефтегазообразования, где выделена Предборисовская зона генерации УВ. Литолого-фациальная зона ЛФЗ-VI охватывает территории Червонослободской, Октябрьской, Северо-Домановичской и Кореневской площадей, расположенных на гребневой части Червонослободско-Малодушинской ступени.

Коллекторские свойства пород домановичского горизонта (низы межсолевых отложений) оценивать достаточно затруднительно в связи с сильной литологической неоднородностью, колебаниями и сравнительно небольшой мощностью отложений,

и главное – отсутствием в составе слабоглинистых карбонатных пород с хорошей проницаемостью.

Непосредственно в пределах Октябрьского сектора органическое вещество в домановичских отложениях не было изучено. Западнее, в Червонослободском секторе нефтегазообразования, на уступе и террасе Червонослободско-Малодушинской ступени в результате интерпретации геохимических данных выявлено закономерное увеличение параметров $C_{орг}$, S_2 и ИН в направлении от скв. Любанская 1 к скв. Северо-Калиновская 1 и Несловская 1. По данным пиролитических исследований, усредненные значения параметров S_2 и ИН изменяются от 0,1 мг/г и 54 ед. в скв. Любанская 1 до 3,76 мг/г и 276 ед. в скв. Северо-Калиновская 1, усредненные значения параметра $C_{орг}$ увеличиваются в восточном направлении от 0,2% в скв. Любанская 1 до 1,33% в скв. Несловская 1. Таким образом, в восточном направлении происходит улучшение условий захоронения органического вещества в породах. По результатам пиролитических исследований в скв. Северо-Калиновская 1 в домановичских отложениях T_{max} равен 435°С, что говорит о преобразованности ОВ в породах и подтверждает наличие Предборисовской зоны генерации пиролитическим методом. Наличие зоны генерации также подтверждается повышенными значениями параметров ХБ (0,244%) и β (18,72%) в скв. Несловская 1. Исходя из вышесказанного, можно предположить улучшение условий захоронения ОВ в породах домановичского горизонта в Октябрьском секторе относительно Червонослободского сектора нефтегазообразования.

Коллекторы в кузьмичевских отложениях имеют широкое распространение в пределах гребневой части Червонослободско-Малодушинской ступени. Мощность их максимальна в сводовых частях локальных поднятий, уменьшаясь до полного исчезновения на крыльях. В пределах исследуемого района коллекторы развиты на нескольких отдельных площадях: Северо-Домановичской (состоящей из Северо-Чистолужского, Северо-Домановичского и Ново-Кореневского локальных поднятий), Несловско-Новикской и Людвиновской [8]. Породы-коллекторы представлены в основном известняками доломитизированными, пористо-кавернозными, водонасыщенными, иногда с признаками нефте- и битумосодержания. Мощность коллекторов Северо-Домановичской зоны варьирует в среднем от 20 до 9 м. Пористость относительно невысокая и редко превышает 7%. На двух структурах – Северо-Чистолужской и Северо-Домановичской – в кузьмичевских слоях вы-

явлены залежи нефти. На Корневской площади пласты с хорошими коллекторскими свойствами выделены по ГИС в скв. 1 и 3, коэффициент пористости в них равен соответственно 9 и 12%.

В кузьмичевских отложениях на террасе Червонослободско-Малодушинской ступени распределение усредненных значений $C_{орг}$ в породах изменяется от 0,8% на Высокоборской площади до 1,55% на Корневской площади, усредненные значения показателя S_2 изменяются от 0,4 до 2,0 мг/г. По данным пиролитических исследований, индекс продуктивности IP в скв. Корневская 1 и Ново-Корневская 4 достигает 0,16–0,18, температуры максимального выхода УВ T_{max} достигают 429–434°C для нефтематеринских пород среднего и высокого качества (рис. 3) [3]. Повышенные показатели IP и T_{max} говорят о процессах образования УВ и их миграции в кузьмичевских отложениях, однако небольшой генерационный потенциал нефтематеринских пород значительно снижает перспективность данных отложений.

Для кузьмичевских отложений в гребневой части Червонослободско-Малодушинской ступени на Октябрьской, Северо-Чистолужской, Северо-Домановичской, Ново-Корневской площадях характерны пониженные усредненные содержания $C_{орг}$ от 0,15 до 0,53%, исключение составляют кузьмичевские отложения в скв. Северо-Домановичская 25, где $C_{орг}$ достигает 1,7%. В скв. Северо-Домановичская 25 и Семеновичская 1 получены аномальные значения показателя S_2 19,74 мг/г и 22,49 мг/г соответственно, что говорит о неоднозначности распределения органического вещества в породах кузьмичевских отложений. Степень преобразования ОВ в Октябрьско-Чистолужском блоке в скв. Семеновичская 1, по данным пиролиза, достигает степени катагенеза МК1 на глубине 2458 м. В соседнем Северо-Домановичском блоке на глубине 2541 м ОВ остается непретерпевшим, что говорит о разных условиях протекания процесса катагенеза в этих блоках, разделенных Лесецким субмеридиональным разломом.

В тонежских отложениях в гребневой части Червонослободско-Малодушинской ступени в пределах Октябрьского сектора нефтегазообразования на Новикской, Северо-Домановичской, Ново-Корневской площадях отложения IV пачки тонежского горизонта являются промышленно нефтеносными, притоки нефти были получены в скв. Северо-Домановичские 4, 26, 28, Ново-Корневские 6, 12.

Нижняя часть тонежских отложений (пачка М3) состоит в основном из глинистых известняков с

прослоями известняков и доломитов. На территории Людвиевско-Перетокского участков, где развита мергельно-известняковая литозона и имеются коллекторы в кузьмичевских отложениях, эти породы являются флюидоупором кузьмичевского резервуара. Коллекторы в тонежских отложениях развиты в основном спорадически в пригребневой части Червонослободско-Малодушинской ступени на участке от Червонослободской площади на западе до Северо-Домановичской, Ново-Корневской и Корневской на востоке. Мощность коллекторов, по данным ГИС, 5–6 м. Судя по описанию керна, пористость обусловлена в значительной степени кавернами и трещинами, характерными как для доломитов, так и известняков. Каверны, как правило, кольматированы галитом, реже отмечаются полые и заполненные нефтью (Октябрьская и Северо-Домановичская площади). Верхняя часть тонежских отложений (пачка М4) обладает лучшими коллекторскими свойствами по сравнению с М3. На Северо-Домановичской структуре коллектора развиты преимущественно на северном крыле. Их мощность варьирует от 5 до 11 м. Выявлены коллекторы во всех скважинах, пробуренных на Корневской и Ново-Корневской площадях. В скв. 4 и 5 отмечены признаки нефтеносности. При испытании в эксплуатационной колонне в скв. Ново-Корневская 6 получен приток нефти из тонежских слоев. В пределах Ново-Корневского месторождения в задонском горизонте промышленно нефтеносными являются тремлянские (скв. 12) и тонежские (скв. 6, 12) отложения. Группой подсчета запасов при проведении оперативного подсчета запасов нефти и растворенного газа Ново-Корневского месторождения в 2008 г. установлено, что в скв. 6 нефтенасыщенные пласты-коллекторы задонского горизонта образуют отдельный резервуар в тонежских слоях, а в скв. 12 – в тремлянских и тонежских. По литолого-петрографическим данным, нефтемещающими породами являются мелкокристаллические доломиты в разной степени глинистые, массивные, прослоями микрослоистые за счет неравномерного распределения глинистого материала, пористо-кавернозные, слабомикротрещиноватые. Пористость, по лабораторным определениям, изменяется от 2,4 до 9,6%. В более погруженной части ступени пласты коллекторы выделены в скв. Людвиевских 2, 5 и имеют невысокие коэффициенты пористости – 4–6%. При испытании скв. Людвиевская 2 в открытом стволе получен приток нефти дебитом 36,0 м³/сут. Коэффициент пористости известняков доломитизированных кавернозных,

слагающих выделенный пласт-коллектор, составляет 5,5–9%. Незначительные притоки нефти получены в скв. Людвиновская 1 в колонне в двух интервалах и равны 0,5–1,31 м³/сут.

По данным битумологических и пиролитических исследований в тонежских отложениях, нефтематеринские породы среднего и высокого качества выявлены в отдельных пластах на Корневской ($C_{орг}$ от 2,6%, S_2 20,15 мг/г, ИН 675 ед.), Ново-Корневской ($C_{орг}$ от 0,88%, S_2 9,24 мг/г, ИН 315 ед.) и Северо-Домановичской ($C_{орг}$ от 1,34%, S_2 18,59 мг/г, ИН 1107 ед.) площадях. На территории Людвиновской и Высокоборской площадей содержание $C_{орг}$ незначительно и составляет 0,25–0,27%, что может быть связано с неблагоприятными условиями захоронения ОВ.

Отложения тремлянского горизонта приурочены к нижней части V литологической пачки, выделенной Б.Р. Кусовым, и залегают на IV литологической пачке [5]. Смена литологического состава на границе IV и V литологических пачек олицетворяет смену карбонатной седиментации глинистым режимом осадконакопления в тремлянских отложениях [9].

Тремлянские слои (пачка М5¹) практически на всей территории Червонослободско-Малодушинской ступени представлены мергелями, глинистыми известняками с прослоями и реперным пластом сульфатных пород и обладают низкими емкостно-фильтрационными свойствами. Локальное развитие доломитов с пористостью около 6%, выявленное в районе скв. Людвиновская 1 и Западно-Людвиновская 3, способствовало формированию ловушки и залежи нефти в тремлянских отложениях. Выделены также коллекторы в тремлянских отложениях на Северо-Домановичском месторождении и в разрезах скв. Октябрьские 1 и 13. Их мощность составляет 2–14 м. В целом коллекторы в тремлянских отложениях имеют небольшое распространение и приурочены к зонам развития органогенных водорослевых построек типа биогерм.

Ангидритовый репер R5, широко развитый в кровле тремлянских отложений (см. рис. 3), может выступать в качестве локального флюидоупора для кузьмичевско-тонежских отложений на подножии и террасе Червонослободско-Малодушинской ступени. Наличие сульфатосодержащей пачки в кровле тремлянских отложений является важным критерием, на основании которого С.М. Обровец выделила ЛФЗ V на подножии и частично террасе Червонослободско-Малодушинской ступени. [6]. В тремлянское время произошло максимальное об-

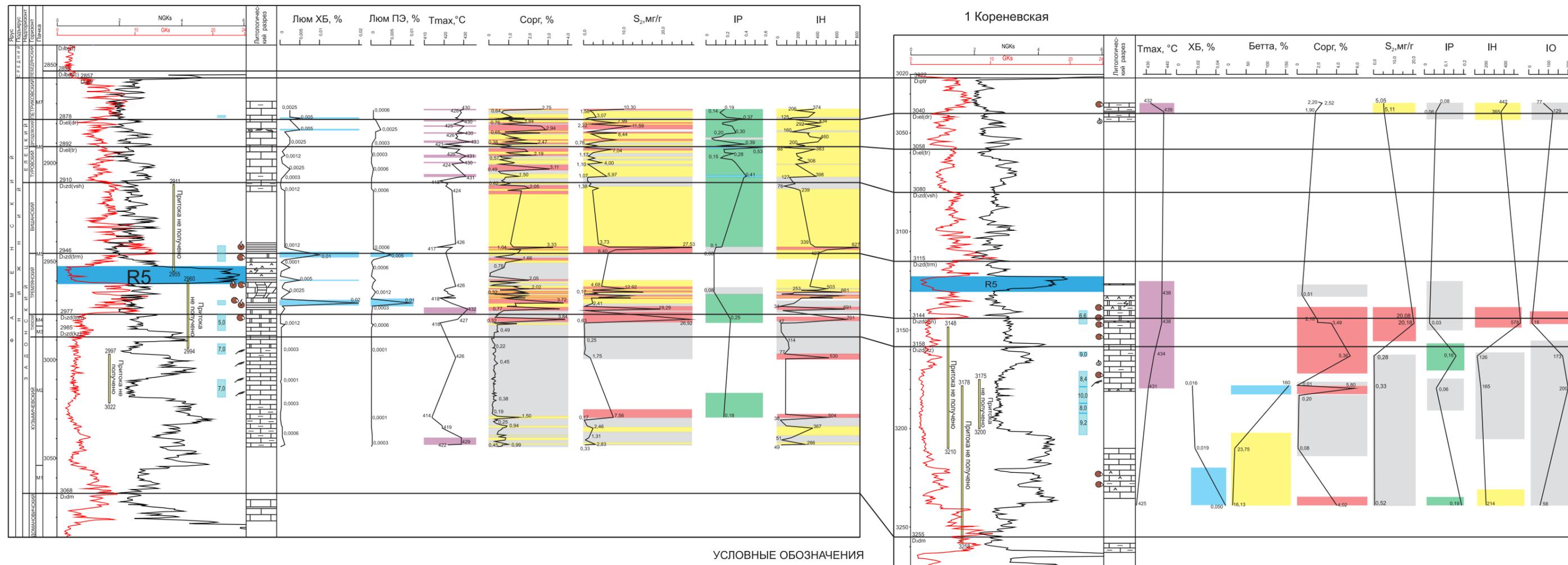
меление и осолонение вод палеобассейна, где в ложбинах между холмами и грядами и на их склонах на засоленных участках формировались сульфатные ламиниты и породы себкховых фаций [9]. По данным И.А. Слободянюка, лишь местами в гребневой зоне ступени ангидрит исчезает на Червонослободской, Северо-Чистолужской, Северо-Домановичской, Ново-Корневской и Октябрьской площадях. Со сменой режима осадконакопления значительно меняется качество ОВ в породах нижней реперной пачки R4 тремлянского горизонта (см. рис. 3). Параметры $C_{орг}$, S_2 ИН в породах нижней реперной пачки R4 резко возрастают до 1,3%, 6,13 мг/г, 342 ед. на Ново-Корневской площади, значения параметра S_2 в скв. Северо-Чистолужская 8 и Северо-Домановичская 31 достигают 42,97 и 54,05 мг/г соответственно, что говорит о значительном повышении качества ОВ на данных площадях. На Южно-Вишанской ($C_{орг}$ 0,66–0,71%), Людвиновской ($C_{орг}$ 0,16–0,31%) и Высокоборской ($C_{орг}$ 1,6%; S_2 2,26 мг/г; ИН 140 ед.) площадях качество ОВ понижается до среднего на Высокоборской и ниже среднего на Людвиновской и Южно-Вишанской площадях. На Людвиновской площади в тремлянских отложениях в скв. Людвиновская 1 (инт. 3645–3726 м) выявлена органогенная постройка, в пределах которой в интервалах 3675–3680 м и 3708–3712 м были получены притоки нефти дебитом 0,5 и 1,31 м³/сут, поэтому понижение качества ОВ на Людвиновской площади говорит скорее о том, что здесь распространены породы с повышенными коллекторскими свойствами, которые могут контактировать с нефтематеринскими породами тремлянского горизонта. В скв. Ново-Корневская 4 и Корневская 1 выявлены нефтематеринские породы высокого качества, которые входят в зону генерации и характеризуются многочисленными геохимическими аномалиями. Контакт реперной пачки R4 тремлянских отложений с четвертой литологической пачкой тонежских отложений при наличии пород коллекторов в тонежских отложениях мог привести к миграции сгенерированных УВ из нефтематеринских тремлянских отложений вверх по восстанию отложений в гребневую зону Червонослободско-Малодушинской ступени. Наличие выдержанного пласта ангидрита в кровле тремлянских отложений определило пути миграции УВ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный литолого-геохимический анализ обосновывает формирование нефтематеринских пород на территории Корневской и Ново-Ко-

4 Ново-Корневская

1 Корневская



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- | | | | | |
|---|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> мергель известняки доломиты глинистость глины и аргилиты | <ul style="list-style-type: none"> брекчии ангидриты и ангидритизация переслаивание пород трещиноватость, зеркала скольжения обуглившиеся растительные остатки остатки фауны | <p>Нефтепроявления в кернах</p> <ul style="list-style-type: none"> запах УВ выходы нефти <p>Общая пористость, % → 5.0</p> <p>Заключение о наличии возможного коллектора по данным интерпретации ГИС</p> <p>R5 реперная пачка, представленная ангидритом</p> | <ul style="list-style-type: none"> нефтематеринские породы высокого качества, которые характеризуются следующими параметрами: Сорг- больше 1,6%; S2- больше 6 мг/г; IH- больше 500; IO- меньше 25 очень бедные нефтематеринские породы, которые характеризуются следующими параметрами: Сорг- 0-0,8%; S2- до 2 мг/г; IP- меньше 0,1; IH- 0-200; IO- больше 50; Бетта- меньше 13% геохимические аномалии по данным следующих параметров: IP больше 0,4, Бетта- больше 40%; аномалии по ХБ рассчитаны для каждой скважины индивидуально | <ul style="list-style-type: none"> нефтематеринские породы среднего качества, которые характеризуются следующими параметрами: Сорг- 0,8-1,6%; S2- 2-6 мг/г; IH- 200-500; IO- 25-50; Бетта- 13-40% отложения, в пределах которых IP изменяется в интервале 0,1-0,4 отложения, в которых ОВ в породе вступило в фазу генерации УВ (Tmax больше 430°C) |
|---|--|---|---|---|

Рисунок 3 – Литолого-геохимический профиль межселевых отложений центральной части Червонослободско-Малодушинской ступени по скв. Ново-Корневская 4 – Корневская 1 по данным битумологических и пиролитических исследований

реневской площадей на террасе Червонослободско-Малодушинской ступени. Было выявлено, что по разрезу в скв. Ново-Кореневской 4 и Кореневской 1 тип ОВ распределяется следующим образом: в отложениях кузьмичевского и тонежского горизонтов преобладает ОВ III типа; в отложениях тремлянских горизонтов наряду с присутствием ОВ II и III типа в связи со сменой карбонатной седиментации глинистым режимом осадконакопления возрастает доля ОВ I типа; в отложениях вишанского, дроздовского, туровского и петриковского горизонтов преобладает ОВ I и II типов.

Вверх по разрезу межсолевых отложений в скв. 1 Кореневской и скв. Ново-Кореневской 4, по данным пироллиза, отмечается рост параметров $S_{орг}$, IH , S_2 , таким образом происходит изменение качества ОВ в породах.

Условия захоронения ОВ на изучаемой территории, судя по разрезу скв. Кореневской 1 и скв. Ново-Кореневской 4, улучшаются в направлении от отложений кузьмичевского горизонта к отложениям тремлянских горизонтов задонского надгоризонта.

Степень преобразованности органического вещества в породах межсолевых отложений на Кореневской и Ново-Кореневской площадях, по данным пироллиза, достигает уровня MK_1 (T_{max} больше $430^\circ C$) постепенно: с глубины 2870 м (-2720 м) в скв. Ново-Кореневская 4 ОВ начинает генерировать свободные УВ (микронепть) в отдельных

пластах. В скв. Кореневская 1 с глубины 3030 м (-2870 м) степень катагенеза ОВ пород межсолевых отложений усиливается и охватывает уже не только отдельные пласты, но и горизонты. Отложения кузьмичевского и тонежского горизонтов недостаточно обогащены органическим веществом и представлены ОВ II–III типа, поэтому, по данным пироллиза, степень преобразованности ОВ в породах понижается. Изменение типа органического вещества и связанная с ним степень его преобразованности и качество на территории Червонослободско-Малодушинской ступени тесно связаны с процессами седиментогенеза осадков в бассейне. По проведенному анализу видно убедительное присутствие в этом районе нефтематеринских и нефтесодержащих пород. Исследование позволяет предположить модель нефтегазообразования, согласно которой отложения реперной пачки R4 нижней части тремлянских горизонтов представляют собой нефтепроизводящие нефтематеринские породы высокого качества.

В связи с наличием ангидритового репера в R5 в кровле тремлянских горизонтов миграция сгенерированных УВ происходила, вероятно, на контакте подошвы тремлянских отложений с четвертой пачкой тонежского горизонта, которая является коллектором. В результате миграции УВ могли скопиться в ловушке на Ново-Кореневской площади в скв. Ново-Кореневские 6 и 12, где получены притоки нефти из задонских отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Айзберг, Р. Е.** Структурное районирование межсолевого комплекса Припятского нефтегазоносного бассейна / Р. Е. Айзберг, В. Н. Бескопыльный, Я. Г. Грибик // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2011. – Т. 5. – Сентябрь – октябрь. – С. 86–90.
2. **Бескопыльный, В. Н.** Пояснительная записка к картам структурного районирования подсолевого и межсолевого комплексов Припятского прогиба для решения задач эффективного освоения ресурсов углеводородов / В. Н. Бескопыльный, Р. Е. Айзберг, Я. Г. Грибик. – Минск ; Гомель, 2011. – 43 с.
3. **Бибилова, Е. В.** Особенности формирования нефтематеринских и углеводородсодержащих межсолевых отложений в западной части Южного района Припятского прогиба / Е. В. Бибилова, С. М. Обровец, М. Я. Бусел // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 111–120.
4. **Геология** и нефтегазоносность запада Восточно-Европейской платформы / З. Л. Познякевич [и др.]. – Минск : Бел. навука, 1997. – 692 с.
5. **Кусов, Б. Р.** Новые данные о строении задонско-елецких (межсолевых) отложений Припятской впадины / Б. Р. Кусов // Геология нефти и газа. – 1980. – № 2. – С. 21–25.
6. **Обровец, С. М.** Литолого-фациальное районирование отложений межсолевого комплекса Припятского прогиба – основа прогнозирования литологически ограниченных залежей углеводородов / С. М. Обровец, И. А. Яшин // Літасфера. – 2013. – № 2 (38). – С. 90–101.
7. **Районирование** по условиям нефтегазообразования подсолевого и межсолевого комплексов Припятского нефтегазоносного бассейна / В. Н. Бескопыльный [и др.]. – Гомель ; Минск, 2013. – 184 с.
8. **Слободянюк, И. А.** Площадное развитие коллекторов в межсолевом комплексе Червонослободской ступени / И. А. Слободянюк, З. Л. Познякевич, С. С. Златопольский // Природные резервуары нефти в Припятском прогибе : сб. науч. тр. – Минск : БелНИГРИ, 2001. – С. 120–125.

9. **Стратиграфия** нижнефаменских (межсолевых) отложений Припятского прогиба / В. И. Пушкин [и др.] ; под ред. Р. Г. Гарецкого. – Минск : Институт геологических наук, 1995. – 140 с.

10. **Behar, F.** Rock-Eval 6 Technology: Performances and Developments / F. Behar, V. Beaumont, H. L. De B. Pentead, Institut francais du petrole, Petrobras Research Center, Citade Universitaria // Oil and Gas Science and Technology. – Rev. IFR. – 2001. – Vol. 56, № 2. – P. 111–134.

Статья поступила в редакцию 01.04.2022

Рецензент Я.Г. Грибик

**УМОВЫ ФАРМІРАВАННЯ НАФТАМАЦЯРЫНСКІХ
І ВУГЛЕВАДАРОДАЗМЯШЧАЛЬНЫХ ПАРОД ЗАДОНСКАГА
НАДГАРЫЗОНТУ (НІЖНІ ФАМЕН) У ЦЭНТРАЛЬНАЙ ЧАСТЦЫ
ЧЫРВОНАСЛАБОДСКА-МАЛАДУШЫНСКАЙ СТУПЕНІ
ПРЫПЯЦКАГА ПРАГІНУ**

А.В. Бібікава, Т.В. Васкабойнікава, М.С. Шарык, В.М. Багук

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
Філіял «Інстытут геалогіі»
вул. Купрэвіча, 7, 220141, Мінск, Беларусь
E-mail: hd_oil@geologiya.by, vosktan@mail.ru

Разгледжана геалагічная будова задонскіх адкладаў цэнтральнай часткі Чырвонаслабодска-Маладушынскай ступені Паўночнага раёна Прыпяцкага прагіну на прыкладзе Нова-Каранёўскай плошчы. Выяўлены заканамернасці ў размеркаванні арганічнага рэчыва і іх сувязь з літалагічным складам парод. Устаноўлена залежнасць тыпу арганічнага рэчыва ад абставін асадканазапашвання ў палеобасейне. Выяўлены заканамернасці ў працэсах пераўтварэння арганічнага рэчыва, якія залежаць ад тыпу першаснага арганічнага рэчыва. Умовы пахавання ОР паляпшаюцца па разрэзе ад адкладаў кузьмічаўскага гарызонту да адкладаў трэмлянскага гарызонту. Ступень пераўтварэння арганічнага рэчыва павялічваецца па меры апускання адкладаў міжсолевага комплексу і дасягае ўзроўню МК1 з глыбіні 2870 м.

**PROCESSES OF FORMATION OF OIL SOURCE
AND HYDROCARBON-BEARING ROCKS IN INTERSALT DEPOSITS
OF THE ZADONSK SUPERHORIZON IN THE CENTRAL PART
OF THE CHERVONOSLOBODSKO-MALODUSHINSKAYA STAGE
OF THE PRIPYAT TROUGH**

A. Bibikova, T. Voskoboinikova, M. Sharik, O. Baguk

State Enterprise “Research and Production Centre of Geology”
Branch “Institute of Geology”
7, Kuprevicha str., 220141, Minsk, Belarus
E-mail: hd_oil@geologiya.by, vosktan@mail.ru

The geological structure of the Zadonsk deposits in the central part of the Chervonoslobodsko-Malodushinsky step of the Northern region of the Pripyat trough is considered using the Novo-Korenevskaya area as an example. Regularities in the distribution of organic matter and their relationship with the lithological composition of rocks are revealed. The dependence of the type of organic matter on the sedimentation environment in the paleobasin has been established. Regularities in the processes of transformation of organic matter, depending on the type of primary organic matter, are revealed. The conditions for OM disposal are improving along the section from the deposits of the Kuzmichevsky horizon to the deposits of the Tremlyansky horizon. The degree of transformation of organic matter increases as the sediments of the intersalt complex sink and reaches the MK1 level from a depth of 2870 m.

ОБЗОР ПУБЛИКАЦИЙ, ВОШЕДШИХ В ОТЧЕТ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КОМИССИИ БЕЛАРУСИ ЗА 2021 ГОД

С.В. Демидова, С.А. Кручек, П.О. Сахарук

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
Филиал «Институт геологии»
ул. Купревича, 7, 220141, Минск, Беларусь
E-mail: demidovasvet@mail.ru, polina.sakharuk@gmail.com

Стратиграфическая комиссия Беларуси ежегодно готовит обзор публикаций отечественных и зарубежных исследователей по стратиграфической тематике, в основном по стратиграфическому расчленению и корреляции стратонев кристаллического фундамента и платформенного чехла Беларуси и смежных территорий (Літасфера. – 2017. – № 1 (46); 2018. – № 1 (48); 2019. – № 1 (50); 2020. – № 1 (52); 2021. – № 1 (54)).

В начале обзора следует с прискорбием отметить, что в 2021 г. ушли из жизни известные белорусские исследователи, изучавшие стратиграфические вопросы, касающиеся различных подразделений кристаллического фундамента и платформенного чехла Беларуси: канд. геол.-мин. наук В.Н. Бурмистров – один из ведущих исследователей геотектоники, магматизма, литологии и стратиграфии докембрия, создатель геологических и тектонических карт докембрийского кристаллического фундамента юго-востока и востока Беларуси; В.И. Гипчик, изучавший магматические породы рифея Беларуси, проблемы петрографии и петрохимии кислых горных пород Бобруйской кольцевой структуры; канд. геол.-мин. наук С.М. Обровец – выдающийся литолог, исследователь верхнефаменских отложений Припятского прогиба, автор ряда монографий, посвященных проблемам литологии терригенных, карбонатных и сульфатных пород, фациального анализа и др.; д-р геол.-мин. наук А.Ф. Санько – известный геолог-четвертичник, сфера интересов которого включала геологию и стратиграфию четвертичных отложений, геоморфологию и малакологию; д-р геол.-мин. наук Л.Н. Таран – специалист в области петрографии, минералогии, геохимии метамор-

физма и рудогенеза докембрия; канд. геол.-мин. наук Г.И. Илькевич – автор и редактор ряда геологических карт территории Беларуси, один из первооткрывателей Логойского метеоритного кратера; канд. геол.-мин. наук С.А. Кручек – выдающийся геолог, стратиграф и палеонтолог, внесший значительный вклад в разработку стратиграфических схем Беларуси и их внедрение в практику геологоразведочных работ, автор многочисленных работ по стратиграфии различных образований платформенного чехла Беларуси.

Как и в предыдущие годы, члены Стратиграфической комиссии, а также научные сотрудники различных ведомств участвовали в дискуссиях по вопросам применения новых Стратиграфических схем докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси (2010, 2017) на заседаниях ученых и научно-технических советов при рассмотрении материалов научных и производственных отчетов, подготовке публикаций в журналах и сборниках конференций, предварительном обсуждении и защите диссертаций.

Важным источником стратиграфической информации являются публикации материалов научных конференций. В 2021 г. белорусские геологи принимали участие в работе ряда республиканских и международных конференций, доклады стратиграфической направленности были напечатаны в сборниках конференций молодых ученых, студентов и аспирантов (XXIII Республиканской научно-практической конференции молодых ученых (Брест, 14 мая 2021 г.), IX Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов (Витебск, 23 апреля 2021 г.), Международной научно-практической конференции

студентов, аспирантов и молодых ученых «XV Машиеровские чтения» (Витебск, 22 октября 2021 г.).

Результаты стратиграфических исследований территории Беларуси за 2021 г. публиковались преимущественно в отечественных научных изданиях – журналах «Літасфера», «Природные ресурсы», а также Вестнике Брестского государственного университета. Важно отметить, что ряд работ, написанных в соавторстве с иностранными коллегами, был опубликован в зарубежных изданиях «Стратиграфия. Геологическая корреляция», «Mineralogy and Petrology», «Geological Quarterly», «Acta Geologica Polonica». Помимо этого, в 2021 г. были напечатаны монография по изучению структурно-вещественных особенностей хемогенно-терригенных пород [1], плакат «Шкала геологического времени» [2], методическое руководство по составлению цифровых структурно-геологических карт [4]. Продолжается сотрудничество Стратиграфической комиссии Беларуси и Подкомиссии по девонской стратиграфии, отчеты о деятельности белорусских стратиграфов публикуются в издании «SDS Newsletter» [31].

Ниже приводится перечень опубликованных статей в следующем порядке.

В начале обзора перечисляются работы, в которых рассматриваются методические аспекты и общие вопросы стратиграфии [1; 2], применение цифровых методов и ГИС-технологий при стратиграфических исследованиях на территории Беларуси [3; 4; 5; 6], а также отдельные вопросы изотопной хеомстратиграфии [7].

Далее следуют работы по стратиграфии кристаллического фундамента Беларуси. В публикациях приводятся данные о вещественном составе и условиях формирования комплексов кристаллического фундамента [8; 9], а также о тектоническом строении его поверхности на юго-востоке Беларуси [10].

Достаточно большое количество публикаций посвящено различным аспектам стратиграфии верхнепротерозойских отложений: затрагиваются вопросы их абсолютного возраста [11], геохимиче-

ской [12] и биостратиграфической характеристики [13; 14; 15].

Традиционно наибольшее количество работ посвящено стратиграфии образований девонской [16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33] и четвертичной систем [39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 49; 50; 51; 52; 53; 54; 55; 56; 57; 58; 59].

Из статей по девонским отложениям, как и в предыдущие годы, в первую очередь следует отметить публикации биостратиграфической направленности. Эти работы содержат новые палеонтологические данные по спорово-пыльцевым комплексам [22], конодонтам [19; 20; 30], а также по ихтиофауне [26; 27; 28; 29; 32; 33] и дополняют палеонтологическую характеристику региональных и местных подразделений стратиграфической схемы девонских отложений Беларуси 2010 и 2017 гг. Помимо этого, в 2021 г. опубликован ряд работ, посвященных особенностям вещественного состава отложений девонского возраста [21; 24]. Отдельно следует подчеркнуть статьи по верхнедевонским магматическим образованиям юго-востока Беларуси [17; 18], а также публикации, в которых вопросы стратиграфического характера рассматриваются в контексте поисков полезных ископаемых (нефти, калийных солей) [16; 23; 25].

Среди работ, посвященных стратиграфии образований четвертичной системы, можно выделить несколько преобладающих направлений: палеонтология и стратиграфическое расчленение отложений [40; 43; 46; 51; 54; 58], фациальный анализ [39; 56], палеогеографические реконструкции [48; 49; 50], создание карт отдельных горизонтов четвертичной системы [42; 47; 52; 53], корреляция с четвертичными образованиями на территории смежных стран [41; 45; 55; 57; 59].

Также в 2021 г. были опубликованы статьи по стратиграфии отложений пермской [34] и неогеновой систем [38], а также кайнозойской эратемы [35]. Помимо этого, ряд работ представляет собой обзор изученности отложений отдельных геологических систем [36; 37; 44].

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Методические аспекты и общие вопросы стратиграфии

1. **Петрова, Н. С.** Методическое руководство по изучению структурно-вещественных особенностей хемогенно-терригенных пород девонских осадочных комплексов Припятского прогиба при проведении региональных геолого-съёмочных работ / Н. С. Петрова, Н. Ю. Денисова. – Минск : Колорград, 2021. – 80 с.

2. **Мурашко, Л. И.** Плакат «Шкала геологического времени» [Изоматериал] / Л. И. Мурашко, О. В. Мурашко. – Минск : Белкартография, 2021.

Цифровые методы и ГИС-технологии в стратиграфии

3. **Маевская, А. Н.** Уравнивание цифровых моделей поверхностей раздела стратиграфических слоев (на примере кайнозойских отложений территории Брестской области) / А. Н. Маевская // XXIII Респ. науч.-практ. конф. молодых ученых : сб. материалов, Брест, 14 мая 2021 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. А. Е. Будько. – Брест, 2021. – С. 21–23.

4. **Маевская, А. Н.** Методическое руководство по составлению цифровых структурно-геологических карт территории Республики Беларусь в среде ArcGIS / А. Н. Маевская, В. А. Крошинский ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест, 2021. – 28 с. – Деп. в ГУ «БелИСА» 13.07.2021, № Д202120.

5. **Маевская, А. Н.** Структурное геологическое картирование четвертичных отложений Гродненской области с применением ГИС-технологий / А. Н. Маевская, Н. Н. Шешко, М. А. Богдасаров // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2021. – № 2. – С. 70–79.

6. **Строение** продуктивных слоев третьего калийного горизонта на Дарасинском участке Старобинского месторождения по данным цифровой литостратиграфии керна скважин / В. П. Самодуров [и др.] // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 128–137.

Изотопная хемостратиграфия

7. **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.

РАБОТЫ ПО СТРАТИГРАФИИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА И ПЛАТФОРМЕННОГО ЧЕХЛА АРХЕЙСКИЕ И НИЖНЕПРОТЕРОЗОЙСКАЯ ЭОНОТЕМЫ

Кристаллический фундамент

8. **Гуринович, М. П.** Условия формирования ультрабазит-базитов аргеловщинского комплекса кристаллического фундамента Беларуси / М. П. Гуринович // Природные ресурсы. – 2021. – № 1. – С. 34–39.

9. **Пискун, О. А.** К вопросу о выделении гродненского комплекса в кристаллическом фундаменте Беларуси / О. А. Пискун, А. А. Толкачикова, М. П. Гуринович // Літасфера. – 2021. – № 2 (55). – С. 31–40.

10. **Толстошеев, В. И.** О строении поверхности кристаллического фундамента Брагинско-Лоевской перемычки и сопредельных территорий / В. И. Толстошеев, С. А. Кручек, П. О. Сахарук // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 3–22.

ВЕРХНЕПРОТЕРОЗОЙСКАЯ ЭОНОТЕМА

Рифейская подэонотема

11. **U-Th-Pb LA-ICP-MS** датирование детритовых цирконов из рифейских отложений Вольно-Оршанского палеопргиба (скв. Кормянская, Беларусь) / Т. С. Зайцева [и др.] // Стратиграфия верхнего докембрия: проблемы и пути решения : материалы VII Российской конференции по проблемам геологии докембрия (Санкт-Петербург, 21–24 сентября 2021 г.). – Санкт-Петербург : Свое издательство, 2021. – С. 71–74.

Вендская система

12. **Бибикова, Е. В.** Геохимические особенности вендских отложений Оршанской впадины / Е. В. Бибикова, Т. В. Воскобойникова, М. С. Шарик // Стратиграфия верхнего докембрия: проблемы и пути решения : материалы VII Российской конференции по проблемам геологии докембрия (Санкт-Петербург, 21–24 сентября 2021 г.). – Санкт-Петербург : Свое издательство, 2021. – С. 17–21.

13. **Биостратиграфическая** характеристика верхневендских – нижнекембрийских отложений Латвийской седловины (скв. Северо-Полоцкая, Беларусь) / Е. Ю. Голубкова [и др.] // Стратиграфия верхнего докембрия: проблемы и пути решения : материалы VII Российской конференции по проблемам геологии докембрия (Санкт-Петербург, 21–24 сентября 2021 г). – Санкт-Петербург : Свое издательство, 2021. – С. 35–39.

14. **Распространение** микрофоссилий в отложениях венда Оршанской впадины Восточно-Европейской платформы, Беларусь [Электронный ресурс] / Е. Ю. Голубкова [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2021. – Т. 29, № 6. – DOI: 10.31857/S0869592X2106003X.

15. **Distribution** of Microfossils in the Vendian Deposits of the Orsha Depression of the East European Platform, Belarus / E. Yu. Golubkova [et al.] // Stratigraphy and Geological Correlation. – 2021. – Vol. 29, № 6. – P. 627–640.

ФАНЕРОЗОЙСКАЯ ЭОНОТЕМА. ПАЛЕОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА

Девонская система

16. **Бибикова, Е. В.** Особенности формирования нефтематеринских и углеводородсодержащих межсолевых отложений в западной части Южного района Припятского прогиба / Е. В. Бибикова, С. М. Обровец, М. Я. Бусел // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 111–120.

17. **Кузьменкова, О. Ф.** Перспективы Припятско-Днепровской области позднедевонского магматизма на выявление полезных ископаемых / О. Ф. Кузьменкова // Від Мінералогії і Геогнозії до Геохімії, Петрології, Геології та Геофізики: фундаментальні і прикладні тренди XXI століття : матеріали Всеукраїнської конференції (MinGeoIntegration XXI – 2021. From Mineralogy and Geognosy to Geochemistry, Petrology, Geology and Geophysics: fundamental and applied trends of XXI century). – Киев, 2021. – С. 118–122.

18. **Кузьменкова, О. Ф.** Разрез позднедевонских магматических пород параметрической скважины Приволье (Северо-Припятское плечо, Беларусь) / О. Ф. Кузьменкова, А. Г. Лапцевич // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 72–75.

19. **Мурашко, О. В.** Конодонты из отложений речичского горизонта (франский ярус) Гомельской структурной перемычки в разрезе скважины Уваровичская 94 / О. В. Мурашко, Д. П. Плакс // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 156–159.

20. **Мурашко, О. В.** Систематический состав и стратиграфическое распределение конодонтов в девонских отложениях Беларуси / О. В. Мурашко // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 23–35.

21. **О содержании** органического вещества в ниже-среднедевонских отложениях Беларуси / А. А. Махнач [и др.] // Літасфера. – 2021. – № 2 (55). – С. 149–152.

22. **Обуховская, В. Ю.** Биостратиграфический разрез девонских отложений параметрической скважины Северо-Полоцкая 1 (Латвийская седловина) / В. Ю. Обуховская, Т. Ф. Саченко, С. А. Кручек // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 109–114.

23. **Перспективы** выявления нетрадиционных коллекторов в нижефаменских отложениях Савичского месторождения нефти в Припятском прогибе по результатам новейших комплексных исследований / А. О. Цыганков [и др.] // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 99–110.

24. **Петрова, Н. С.** Литологические особенности хемогенно-теригенных пород краевых зон Припятского калиеносного бассейна / Н. С. Петрова, Н. Ю. Денисова // Літасфера. – 2021. – № 2 (55). – С. 41–50.

25. **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.

26. **Плакс, Д. П.** О находках зубов палеогеновых акул в окрестностях г. п. Красносельский (Гродненская область, Беларусь) / Д. П. Плакс, Т. П. Малышкина, И. В. Бригас // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 150–155.

27. **Плакс, Д. П.** Стратиграфическое распространение остатков ихтиофауны в силурийских отложениях Беларуси / Д. П. Плакс // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение

окружающей среды : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 121–124.

28. **Плакс, Д. П.** Находки остатков хрящевых рыб в верхнемеловых отложениях вблизи д. Хотиново Любанского района Минской области / Д. П. Плакс, И. В. Бригас // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 125–127.

29. **Плакс, Д. П.** Новые местонахождения переотложенной девонской ихтиофауны в четвертичных отложениях Беларуси / Д. П. Плакс // Теоретические и прикладные аспекты палеонтологии : материалы LXVII сессии Палеонтологического общества при РАН, 5–9 апреля 2021 г., Санкт-Петербург ; редкол.: А. Ю. Розанов [и др.]. – Санкт-Петербург, 2021. – С. 125–126.

30. **Стрельченко, Т. В.** О конодонтах франского яруса верхнего девона Жлобинской седловины (Беларусь) / Т. В. Стрельченко, С. А. Кручек // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 141–146.

31. **Membership News.** SM Semen A. Kruchek, SM Dmitry P. Plax and the Belarusian Devonian Group / S. A. Kruchek [et al.] // SDS Newsletter. – 2021. – № 36. – P. 60–62.

32. **Plax, D. P.** Stratigraphy and ichthyofauna of the Upper Emsian – Eifelian deposits in the Bykhov 1 and Korma 1 borehole sequences in the east of Belarus / D. P. Plax, O. V. Murashko // Природные ресурсы. – 2021. – Vol. 1. – P. 40–67.

33. **Plax, D. P.** Middle Devonian acanthodians from Belarus – new data and interregional biostratigraphy [Electronic resource] / D. P. Plax, M. J. Newman // Acta Geologica Polonica. – 2021. – Vol. 71, № 4. – Mode of access: 10.24425/agp.2020.134568.

Пермская система

34. **Толстошеев, В. И.** О пермских отложениях Брагинско-Лоевской перемычки юго-востока Беларуси / В. И. Толстошеев, П. О. Сахарук, С. А. Кручек // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 146–151.

КАЙНОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА

35. **Особенности** строения и состава кайнозойской толщи территории Дивинской ступени (юг Подляско-Брестской впадины) / Ю. Д. Кожанов [и др.] // Літасфера. – 2021. – № 2 (55). – С. 50–61.

Палеогеновая система

36. **Соколов, А. С.** Изученность палеогеновых отложений территории Гомельской области / А. С. Соколов // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 135–138.

Неогеновая система

37. **Андрушко, С. В.** История геологической изученности неогеновых отложений Гомельской области / С. В. Андрушко // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 32–34.

38. **Особенности** неогенового седиментогенеза и его связь с минерагенией территории восточной части Подляско-Брестской впадины / М. А. Богдасаров [и др.] // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : сб. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 7–8 окт. 2021 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.]. – Брест : БрГУ, 2021. – С. 47–52.

Четвертичная система (квартер)

39. **Генетические** типы и фациальный состав четвертичных отложений, их трансформация в пределах месторождения «Руба» (карьер «Гралево») / А. И. Павловский [и др.] // Географические аспекты устойчивого развития регионов : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель, 2021. – С. 247–251.

40. **Демидова, С. В.** Изученность ископаемой диатомовой флоры Беларуси / С. В. Демидова // Еволюція органічного світу як основа стратиграфії і кореляції фанерозойських відкладів України : матеріали міжнародної наукової конференції та XL сесії Українського палеонтологічного товариства НАН України, присвячених пам'яті академіка НАН України Петра Феодосійовича Гожики, Київ, 10–12 листопада 2021 р. – Київ, 2021. – С. 85.

41. **Корреляция** межледниковых и нижнеледниковых отложений верхнего плейстоцена приграничных регионов Беларуси и Литвы по результатам сравнительного анализа данных многолетних палеоботанических исследований / Т. Б. Рылова [и др.] // Пути эволюционной географии : материалы II Всерос. науч. конф., посвящ. памяти проф. А. А. Величко, г. Москва, 22–25 ноября 2021 г. – Москва : Институт географии РАН, 2021. – С. 844–847.

42. **Матвеев, А. В.** Геологическое строение земной поверхности территории Белорусского Полесья в муравинское межледниковье / А. В. Матвеев // Літасфера. – 2021. – № 2 (55). – С. 63–69.

43. **Межледниковье** позднего плейстоцена на приграничной территории Беларуси и Литвы по данным палинологических и диатомовых исследований / Т. Б. Рылова [и др.] // Диатомовые водоросли: морфология, биология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия : материалы XVII Междунар. науч. конф., г. Минск, 23–28 авг. 2021 г. – Минск : Колорград, 2021. – С. 177–182.

44. **Моляренко, В. Л.** Изученность четвертичных отложений территории Гомельской области / В. Л. Моляренко // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 103–105.

45. **Муравинское/мяркинское** межледниковье на приграничной территории Беларуси и Литвы / Т. Б. Рылова [и др.] // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 36–57.

46. **Обзор** изученности ископаемых диатомовых водорослей Беларуси / С. В. Демидова [и др.] // Диатомовые водоросли: морфология, биология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия : материалы XVII Междунар. науч. конф., г. Минск, 23–28 авг. 2021 г. – Минск : Колорград, 2021. – С. 177–182.

47. **Оношко, М. П.** Структурно-геологические карты горизонтов четвертичных отложений Беларуси / М. П. Оношко, В. А. Крошинский, М. А. Подружая // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 115–117.

48. **Палеогеографические** реконструкции муравинского/мяркинского межледниковья на приграничной территории Беларуси и Литвы / Т. Б. Рылова [и др.] // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : материалы V Междунар. науч.-практ. конф., г. Брест, 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 129–132.

49. **Палеогеографические** условия формирования межледниковых отложений верхнего плейстоцена на приграничной территории Беларуси и Литвы по палеоботаническим данным / Т. Б. Рылова [и др.] // Развитие географических исследований в Беларуси в XX–XXI вв. : сб. материалов Междунар. науч.-практ. очно-заоч. конф., посвящ. 100-летию БГУ, 60-летию кафедры физ. геогр. мира и образ. технологий и 100-летию со дня рожд. проф. О. Ф. Якушко, г. Минск, 24–26 марта 2021 г. – Минск : БГУ, 2021. – С. 754–760.

50. **Рылова, Т. Б.** Стратиграфия и палеогеографические условия формирования межледниковых отложений позднего плейстоцена северо-запада Беларуси по данным палеоботанических исследований / Т. Б. Рылова, С. В. Демидова, А. В. Шидловская // Теоретические и прикладные аспекты палеонтологии : материалы LXVII сессии Палеонтологического общества при РАН, 5–9 апр. 2021 г., г. Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2021. – С. 91–93.

51. **Санько, А. Ф.** Муравинские отложения на территории жилого комплекса «Петровские верфи» в Минске / А. Ф. Санько, А. В. Дубман // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 132–135.
52. **Шепляков, Е. О.** Изучение современных подходов создания цифровой модели поверхности с целью моделирования толщи четвертичных отложений Витебской области / Е. О. Шепляков // Молодость. Интеллект. Инициатива : материалы IX Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Витебск, 23 апр. 2021 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Е. Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2021. – С. 87–88.
53. **Шепляков, Е. О.** Создание серии крупномасштабных картографических моделей четвертичных отложений отдельных участков региона в рамках единой геоинформационной системы / Е. О. Шепляков // XV Машеровские чтения : материалы Междунар. науч.-практ. конф. студ., асп. и молод. ученых, Витебск, 22 октября 2021 г. / Вит. гос. ун-т ; редкол.: Е. Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2021. – С. 93–95.
54. **Шидловская, А. В.** О новом местонахождении беловежских отложений в Чаусском районе Могилевской области (Беларусь) / А. В. Шидловская, Г. И. Литвинюк // Диатомовые водоросли: морфология, биология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия : материалы XVII Междунар. науч. конф., г. Минск, 23–28 авг. 2021 г. – Минск : Колорград, 2021. – С. 207–210.
55. **Correlation** of Eemian sections in Lithuania and Belarus based on palaeomagnetic, radioisotope and palaeobotanic data [Electronic resource] / V. Šeirienė [et al.] // Geological Quarterly. – 2021. – Vol. 65 : 46, № 3. – Mode of access: <http://dx.doi.org/10.7306/gq.1615>.
56. **Lithofacies** analysis of selected glacial deposits in the Brest Polesye region of the Republic of Belarus as a tool for recognition of ice-sheet dynamics / A. Orłowska [et al.] // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 118–121.
57. **Saalian** glaciation in western Polesye region (border area of Poland, Belarus and Ukraine) / L. Marks [et al.] // Quaternary Stratigraphy – palaeoenvironment and humans in Eurasia : proceedings of INQUA SEQS 2021 conference, Wrocław, Poland, 13th Dec. 2021 / University of Wrocław & Polish Geological Society ; U. Ratajczak-Skrzatek, O. Kovalchuk, K. Stefaniak (eds.). – Wrocław, 2021. – P. 67–68.
58. **Zaika, Yu.** Some remarks about remains of marine biota (*Foraminifera*, *Mollusca*) in Quaternary sediments of Belarus / Yu. Zaika // Диатомовые водоросли: морфология, биология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия : материалы XVII Междунар. науч. конф., г. Минск, 23–28 авг. 2021 г. – Минск : Колорград, 2021. – С. 215–218.
59. **Zasięg** łądolodu zlodowacenia Odry/Przypoci/Dniepru na zachodnim Polesiu (pogranicze Polsko-Białorusko-Ukraińskie) / L. Marks [et al.] // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов V междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 15–18.

О МОНОГРАФИИ
«НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ
В НЕДРАХ БЕЛАРУСИ: ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ»

В феврале 2022 г. в издательстве «Беларуская навука» Институтом природопользования НАН Беларуси и Производственным объединением «Беларуснефть» была опубликована крупная монография «Нетрадиционные источники углеводородного сырья в недрах Беларуси: геологические аспекты». Авторы книги – член-корреспондент Р.Е. Айзберг, кандидат геолого-минералогических наук Я.Г. Грибик, доктор геолого-минералогических наук В.Н. Бескопыльный, кандидат геолого-минералогических наук Е.Ф. Никуленко; первым двум авторам принадлежит общая редакция книги. Результаты работ, изложенные в монографии, связаны с научными и технологическими проблемами, отраженными так называемой «сланцевой революцией» в США в начале нулевых годов XXI в. Широко распространенное понятие «сланцевая революция», являясь не вполне корректным в научном отношении, по существу характеризует крупные достижения США и Канады в использовании новейших технологий при поисках, разведке и добыче газа, нефти и газоконденсата из низкопроницаемых (0,1–0,001 миллидарси) пород (типа глинистых сланцев). Были получены существенные результаты в изучении широкого круга геологических проблем, которые относятся к вещественным, структурно-текстурным, тектоническим, геохимическим особенностям различных нетрадиционных резервуаров углеводородов (УВ), многообразию условий генерации и сохранения диспергированных углеводородов в полуколлекторах или нанокolleкторах. Названные проблемы, естественно, имеют значительные особенности в разнотипных и разновозрастных геологических регионах, поэтому познание этих проблем применительно к недрам Беларуси было связано для авторов с комплексированием геологических, геофизических, геохимических подходов, а также использованием данных промысловых исследований.

Структура книги представляется вполне рациональной. Вначале изложены авторская концепция и методология изучения нетрадиционных источников углеводородного сырья (НИУВС) в недрах Беларуси. Вторая глава содержит основные структурно-вещественные и генетические характеристики нетрадиционных источников УВ в осадочном чехле. В третьей и четвертой главах детально отражены геолого-геохимические критерии возможного размещения нетрадиционных источников УВ в палеозойских осадочных комплексах Припятского нефтегазоносного бассейна (НГБ). Пятая и шестая главы включают развернутые характеристики геолого-геофизических и геохимических критериев возможного размещения НИУВС в Оршанской и Подляско-Брестской впадинах. В заключительной седьмой главе приведено обоснование приоритетных направлений геолого-разведочных работ на нетрадиционные источники УВ в Беларуси.

Важнейшей частью результатов исследований, изложенных в рассматриваемой монографии, являются:

- Применительно к Припятскому нефтегазоносному бассейну:
 - создание прогнозных моделей районирования подсолевого и межсолевого комплексов по условиям генерации УВ и отдельно – по условиям формирования залежей УВ. Эти модели были изданы в виде карт всего бассейна масштаба 1:200 000. Здесь впервые для Припятского НГБ и всей Беларуси показан прогноз геологической позиции традиционных, нетрадиционных и комбинированных зон нефтегазоаккумуляции;
 - оценка перспектив освоения высоковязких битумов;



– определение особенностей прогнозных нефтегазоносных объектов в ареале позднедевонского магматизма;

– краткая оценка перспектив нефтегазоносности фундамента на основе обобщения новых данных о дегазации глубинных недр региона, а также возможной связи нефтегазопроявлений в породах фундамента с генерацией углеводородов в платформенном чехле. Эта проблема относительно белорусского региона нуждается в специальном изучении на основе отдельного проекта.

- Применительно к Припятскому, Оршанскому, Подляско-Брестскому бассейнам:

– обоснование тестовых полигонов геологического изучения средне- и дальнесрочных прогнозных объектов в связи с поисками НИУВС.

Представляется весьма важным приведенная в монографии характеристика геолого-экономических проблем поисков и освоения традиционных и нетрадиционных залежей УВ. Авторы показали, что освоение залежей УВ, приуроченных к низкопроницаемым осадочным формациям, при прочих равных условиях требуют больше финансовых затрат, чем при разработке традиционных источников УВ. В общем геолого-экономические проблемы нефтегазовой отрасли столь многогранны и подвижны, что даже не очень значимые общеэкономические и геополитические факторы в окружающем мире могут резко изменить экономику нефтегазовой промышленности, в том числе стоимость поисков, разведки, добычи нефти и газа. Данные обстоятельства отражаются на инвестициях в нефтегазовую отрасль (включая нефтегазопромысловые работы) и переходе к поискам, разведке и освоению углеводородного сырья только традиционных залежей с меньшими затратами. Следует отметить, что авторы монографии не затронули очень важную экологическую проблему разработки нетрадиционных источников УВ, хотя, конечно, и эта проблема требует специального и детального анализа.

В заключение отмечу несомненную актуальность научных и прикладных проблем, изложенных в монографии, высокопрофессиональный уровень их решения. Научные достижения авторов, по существу, открыли в Беларуси новое направление в нефтегазовой геологии. Оно, несомненно, способствует повышению эффективности освоения нефтегазовых ресурсов в Припятском прогибе, которое происходит в настоящее время. Монография «Нетрадиционные источники углеводородного сырья в недрах Беларуси: геологические аспекты» заслуживает высокой оценки.

Р.Г. Гарецкий

По результатам экспертизы в Президиуме ВАК 26 января 2022 г. было утверждено решение Совета по защите диссертаций К 12.01.01 при Республиканском унитарном предприятии «Научно-производственный центр по геологии» о присуждении ученой степени кандидата геолого-минералогических наук Марине Петровне Гуринович.

Защита кандидатской диссертации М.П. Гуринович (филиал «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии», отдел геологии и минерагении кристаллического фундамента) состоялась 28 октября 2021 г. Тема диссертации «Геохимические особенности рудоносных ультрабазит-базитовых комплексов кристаллического фундамента центральной части Беларуси», представлена на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.01.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Работа М.П. Гуринович посвящена ультрабазит-базитовым породам русиновского и аргеловщинского комплексов, их типизации, генезису и минерагеническому потенциалу.

Автором диссертации установлены петрохимические типы и петрографические разновидности ультрабазит-базитовых пород троктолит-габбронорит-габбровой формации русиновского комплекса и перидотит-пироксенит-габбровой формации аргеловщинского комплекса раннего протерозоя центральной части Беларуси.

Проведенная реконструкция палеогеодинамических обстановок образования ультрабазит-базитов показала, что формирование магматических расплавов пород русиновского комплекса происходило в условиях островных дуг из мантийного вещества океанических плюмов, контаминированного материалом нижней коры, а пород аргеловщинского комплекса – в условиях активной континентальной окраины из мантийного материала континентальных плюмов, контаминированного литосферным веществом.

Оценены перспективы пород русиновского и аргеловщинского комплексов на медно-никелевое и благороднометальное оруденение.

Результаты исследования предлагается использовать в Управлении по геологии Минприроды при планировании геологоразведочных работ, в учебном процессе БГУ и ГГУ им. Ф. Скорины при чтении лекций студентам по геологическим дисциплинам.

■ **Научная конференция «Устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды с учетом изменения климата», приуроченная ко Дню белорусской науки прошла 26 января 2022 г.** в Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды на базе Республиканского унитарного предприятия «Научно-производственный центр по геологии».

На площадке конференции обсуждались основные направления совершенствования научной оценки и прогноза влияния климата на отрасли экономики, водные ресурсы, рассматривались вопросы инвентаризации выбросов и поглощения парниковых газов в контексте исследования углеродного следа продукции.

В приветственном слове министр природных ресурсов и охраны окружающей среды Андрей Худык поздравил участников мероприятия с наступающим праздником и отметил, что коллективами научных организаций министерства ежегодно выполняется порядка 20 научно-исследовательских заданий в рамках различных государственных научных, научно-технических, межгосударственных, отраслевых программ.

На конференции были обозначены научные задачи в области поисков и разведки полезных ископаемых, рационального использования и охраны водных ресурсов, мониторинга атмосферного воздуха, обращения с отходами, гидрометеорологии, радиационной безопасности, а также подчеркнута необходимость развития и укрепления научного потенциала организаций Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, укрепления взаимодействия с Национальной академией наук Беларуси и другими научными организациями.

СПРАВОЧНО: В Минприроды четыре научные организации – Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «БелНИЦ “Экология”», Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» (ЦНИИКИВР), Государственное предприятие «Научно-производственный центр по геологии», Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу»

гу окружающей среды» (БЕЛГИДРОМЕТ). В 2021 г. в них работало около 200 специалистов, занимающихся научными исследованиями.

Лучшие научные сотрудники ведомства были награждены благодарностями и грамотами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды.

■ **4 февраля 2022 г.** в Национальной академии наук (НАН) Беларуси состоялось республиканское собрание научной общественности, посвященное 100-летию белорусской академической науки и Дню белорусской науки. На мероприятии присутствовали представители академической, вузовской и отраслевой науки, молодые ученые, руководители министерств и ведомств, высших учебных заведений республики, представители дипломатического корпуса.

В рамках мероприятия прошла постоянно действующая выставка НАН Беларуси «Достижения отечественной науки – производству».

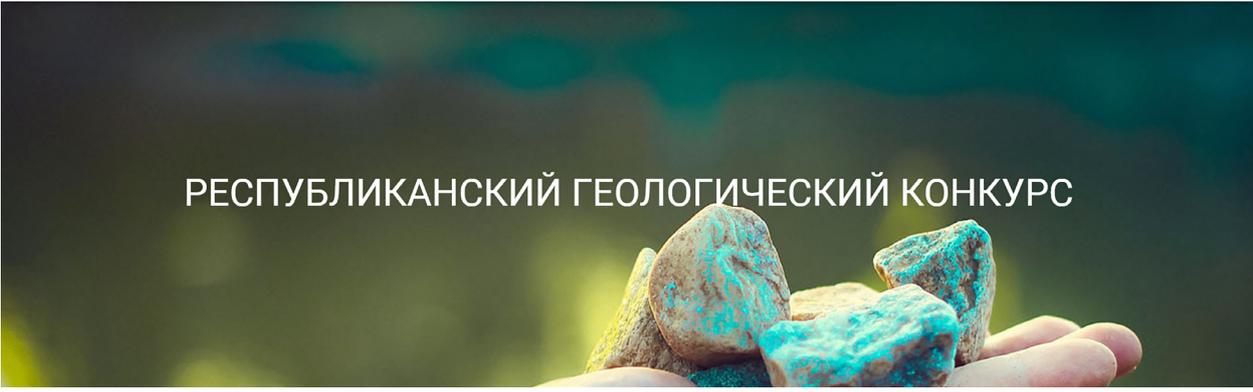
Основная цель масштабной экспозиции – демонстрация результатов научных исследований и разработок белорусской науки, эффективности реализации государственных программ в сфере научной, научно-технической и инновационной деятельности и проводимой работы по укреплению связи науки с производством.

Выставочная экспозиция Государственного предприятия «НПЦ по геологии» была представлена рядом новых научных изданий, картографических материалов, коллекцией образцов полезных ископаемых, образцами продукции из базальтов Новодворского месторождения базальтов и туфов Пинского района Брестской области.

Представленные картографические материалы включали Геологическую карту кристаллического фундамента юго-востока Беларуси масштаба 1:200 000 (отдел геологии и минерагении кристаллического фундамента филиала «Институт геологии»), комплект структурно-геологических карт погребенных горизонтов (березинского, припятского, поозерского) четвертичных отложений Беларуси (отдел четвертичной геологии), Структурную карту поверхности каменноугольных отложений Брагинско-Лоевской седловины и сопредельных территорий, Структурную карту поверхности отложений франского яруса верхнего девона Брагинско-Лоевской седловины и сопредельных территорий (отдел стратиграфии и тектоники).

Свои достижения на выставке представили организации: НАН Беларуси, Министерства образования Республики Беларусь, Министерства промышленности Республики Беларусь, Министерства здравоохранения Республики Беларусь, инновационные предприятия и технопарки и др.





РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОНКУРС

■ **В первой половине 2022 г.** проводился республиканский геологический конкурс среди детей и учащейся молодежи. Цель конкурса – формирование у молодого поколения бережного и уважительного отношения к природному наследию родного края, развитие геологического движения среди детей и учащейся молодежи.

Организаторы конкурса: Министерство образования Республики Беларусь, Республиканский центр экологии и краеведения, факультет географии и геоинформатики Белорусского государственного университета (БГУ).

В первом (отборочном) туре приняли участие 285 конкурсантов из учреждений образования всех регионов страны. Было необходимо выполнить тестовые задания, которые включали вопросы по следующим разделам: геологическое строение Беларуси, геологическое летоисчисление, тектоническое строение, формирование платформенного чехла страны в разные геологические периоды, генетические типы четвертичных отложений на территории Беларуси, минералы и горные породы.

Второй тур, в котором приняли участие 39 учащихся со всех регионов страны, включал задания трех соревнований: «Минералогия и петрография», «Геологический разрез», контрольное тестирование.

Участники определяли и описывали образцы минералов и горных пород, отвечали на вопросы на знание формул минералов, их характерных разновидностей, особых свойств, практического применения минералов и горных пород, занимались построением геологического разреза в масштабе карты и оформлением его в соответствии с требованиями, а также выполняли контрольное тестирование на знание различных областей геологии.

В рамках республиканского геологического конкурса состоялась республиканская конференция «Мая будучыня – геалогія», на которой участники представили результаты своих исследований геологических особенностей малой родины.

Республиканским жюри из числа сотрудников Республиканского центра экологии и краеведения, факультета географии и геоинформатики БГУ, филиала «Институт геологии» Республиканского унитарного предприятия «Научно-производственный центр по геологии» были определены победители и призеры конкурса и конференции.

Материалы республиканской конференции «Мая будучыня – геалогія» размещены на сайте Учреждения образования «Республиканский центр экологии и краеведения» и доступны по ссылке: <https://rcek.by/respublikanskij-geologicheskij-konkurs-2/>.

К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ В.Д. ПОРОШИНА

22 апреля 2022 г. исполнилось 70 лет доктору геолого-минералогических наук, профессору кафедры «нефтегазоразработки и гидропневмоавтоматики» Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого (ГГТУ им. П.О. Сухого) Валерию Дмитриевичу Порошину – известному геологу, крупному специалисту в области нефтегазовой геологии и нефтепромысловой гидрогеохимии.

Валерий Дмитриевич после окончания Уваровичской средней школы Буда-Кошелевского района поступил на геологический факультет Гомельского государственного университета (ГГУ). Окончив его в 1975 г., работал участковым гидрогеологом в Ростовской комплексной геологической экспедиции. После службы в Советской армии он продолжил свою трудовую деятельность в лаборатории поисков и разведки нефтяных и газовых месторождений Гомельского комплексного отдела института УкрГИПРОНИИнефть на должности инженера, затем старшего научного сотрудника и заведующего лабораторией. В 1984 г., после обучения в заочной аспирантуре ГГУ, Валерий Дмитриевич защитил в Московском институте нефтехимической и газовой промышленности им. И.М. Губкина кандидатскую диссертацию, посвященную проблемам нефтепоисковой гидрогеологии регионов с мощным развитием соленосных толщ (на примере Припятского прогиба). В 1987 г. Высшая аттестационная комиссия СССР присвоила ему ученое звание «Старший научный сотрудник».

В 1990–1992 гг. Валерий Дмитриевич находился в служебной командировке в Алжире, работал на должности главного инженера в Советском контракте по обобщению материалов о геологическом строении и нефтегазоносности этой страны. Основные направления его исследований здесь были связаны с региональной корреляцией подсолевых триасовых отложений одноименной нефтегазоносной провинции и обобщением гидрогеологических материалов по осадочным бассейнам Алжирской Сахары с целью уточнения их перспективности на нефть и газ.

После возвращения из загранкомандировки В.Д. Порошин продолжил работу в институте БелНИПИнефть в созданной им лаборатории нефтепромысловой гидрогеологии. Этот наиболее продуктивный период его деятельности связан со становлением и развитием данного направления в Республике Беларусь – обоснованием новых и совершенствованием существовавших гидрохимических методов анализа и контроля разработки нефтяных и газовых месторождений, апробацией этих разработок на нефтяных месторождениях Припятской нефтегазоносной области и Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

Результаты научных исследований В.Д. Порошина по теме кандидатской диссертации, нефтяной гидрогеологии Алжирской Сахары и нефтепромысловой гидрогеологии Припятского прогиба легли в основу докторской диссертации «Ионно-солевой состав вод эвапоритсодержащих осадочных бассейнов в связи с поисками, разведкой и разработкой нефтяных и газовых месторождений», которую он защитил в 1998 г.

В 2008 г. Валерий Дмитриевич был приглашен на работу в одну из крупнейших нефтегазовых компаний Российской Федерации «ЛУКОЙЛ», где возглавил геологическую службу института ПечорНИПИнефть, занимавшуюся вопросами поисков, разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. За открытие крупного Восточно-Ламбейшорского нефтяного месторождения Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации был награжден нагрудным знаком «Первооткрыватель месторождения».

С 2017 г. В.Д. Порошин работает в ГГТУ им. П.О. Сухого профессором кафедры нефтегазоразработки и гидропневмоавтоматики, преподает дисциплины по геологии и разработке нефтяных и газовых месторождений, руководит магистерскими и кандидатскими диссертациями. Основное научное направление



его деятельности связано с разработкой научно-методических основ изучения и освоения месторождений нефти и газа в засоленных коллекторах.

В.Д. Порошин является автором более 170 публикаций, в их числе учебное пособие по курсу «Геология и гидрогеология», 3 монографии, 4 брошюры, около 120 статей, авторское свидетельство и 2 патента.

Свой 70-летний юбилей Валерий Дмитриевич встретил полным сил и творческих устремлений, с надеждой реализации задуманных планов. Друзья, коллеги и студенты отмечают его глубокие профессиональные знания, доброжелательность, уравновешенность и целеустремленность, он пользуется заслуженным уважением и авторитетом.

Друзья и коллеги поздравляют Валерия Дмитриевича с юбилеем и желают ему счастья, крепкого здоровья и творческих успехов!

А.А. Махнач, В.Г. Жогло, Я.Г. Грибик, В.М. Шиманович

ГЕННАДИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ КОЛПАШНИКОВ

(05.08.1928–15.06.2021)

15 июня 2021 г. не стало Геннадия Александровича Колпашникова – известного специалиста в области инженерной геологии и геоэкологии, доктора геолого-минералогических наук, профессора, академика Белорусской горной академии.

Геннадий Александрович родился 5 августа 1928 г. в г. Ржеве (ныне Тверская область Российской Федерации). В 1952 г. окончил Московский торфяной институт и получил квалификацию «инженер-геолог». Трудовую деятельность начал в проектно-институте «Белгипроводхоз» Министерства мелиорации БССР в должности начальника геологического отряда. В 1957–1967 гг. работал в институте «Белгипроторф» (ныне ООО «Белтопроект»). Выполнял изыскания на болотных массивах Беларуси по изучению гидрогеологических и инженерно-геологических условий с целью их мелиоративного освоения. Результаты этих работ легли в основу около 40 производственных отчетов.

Геннадию Александровичу успешно удавалось совмещать производственную и научную деятельность. В 1965 г. на заседании Объединенного совета Академии наук БССР он защитил кандидатскую диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук на тему «Антропогенные (четвертичные) отложения Днепровско-Припятского междуречья». Исследование было выполнено под руководством М.М. Цапенко. В диссертационной работе рассматривались основные особенности строения и состава четвертичных отложений междуречья р. Днепра и Припяти. Анализ геоморфологического строения территории с привлечением материалов полевых работ, описаний разрезов буровых скважин, шурфов, обнажений и опубликованных данных позволил автору выделить пять основных типов рельефа, отражающих этапы накопления отложений начиная с конца среднего антропогена до голоцена. Были закартированы и подробно описаны главные черты строения останцов конечно-моренных гряд и водно-ледниковой равнины среднего антропогена, древние ложбины стока позднего антропогена, первые и вторые надпойменные террасы р. Днепра и Припяти, их современные поймы. Полученные результаты имели важное значение для оценки мощности торфяных толщ и строительных свойств грунтов.

После защиты кандидатской диссертации Г.А. Колпашников перешел на научную работу в ИГН АН БССР (впоследствии – БелНИГРИ), где занял должность заведующего лабораторией инженерной геологии. За время работы в этом качестве под руководством Геннадия Александровича сформировался коллектив инженеров-геологов, в котором двое сотрудников защитили кандидатские диссертации. Основным направлением деятельности было изучение влияния крупных промышленных предприятий («Полимир», «ГродноАзот», Светлогорского завода искусственного волокна, «Беларуськалий» и др.) на окружающую среду. Наиболее значительные исследования были связаны с воздействием на геологическую среду промышленных мощностей объединения «Беларуськалий». Г.А. Колпашниковым проведена оценка устойчивости тел солеотвалов, водно-солевого баланса, закономерностей формирования гидрохимических аномалий состава подземных вод. Это позволило получить два авторских свидетельства на изобретения способов защиты подземных вод от засоления, которые были внедрены на предприятиях калийной промышленности. В 1978 г. Геннадию Александровичу было присвоено ученое звание старшего научного сотрудника.

Большое внимание Г.А. Колпашников уделял исследованиям проявлений современных геологических процессов на мелиорированных территориях, и прежде всего дефляции и сработки торфа. При изучении этих процессов им применялся комплексный подход: широко использовалось моделирование, выполнялись работы и необходимые расчеты показателей устойчивости песчаных и торфяных отложений в аэродинамической трубе. Кроме этого, Геннадий Александрович выполнял исследования на территориях, загрязненных после аварии на Чернобыльской АЭС. Им была выполнена оценка скоростей миграции радионуклидов в различных по строению и составу грунтах и подземных водах. Эти оригинальные мате-



риалы были опубликованы в периодических научных изданиях и вошли в ряд производственных отчетов.

По результатам полевых и лабораторных исследований Г.А. Колпашников подготовил и защитил в 1993 г. в совете при МГУ им. М.В. Ломоносова диссертацию на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 04.00.07 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение. Научным консультантом являлся доктор геолого-минералогических наук В.С. Федоренко. В работе представлена схема инженерно-геологического районирования территории Беларуси, описаны особенности грунтов, слагающих дневную поверхность, оценена степень их водонасыщенности и несущая способность. Важными в теоретическом отношении результатами в этой работе являются обоснование роли и места техногенеза в системе классификации современных геологических процессов, оценка влияния крупных промышленных предприятий (прежде всего – горнодобывающих) на геологическую среду Беларуси, разработка теоретических основ мониторинга геологической среды как базиса для прогнозной оценки развития природных и техногенных геологических процессов. Эти результаты впоследствии легли в основу монографии «Техногенез и геологическая среда» (2006).

В период работы в БелНИГРИ Геннадий Александрович был членом научного совета СССР по гидрогеологии и инженерной геологии, членом Международной ассоциации по инженерной геологии, членом постоянно действующего бюро АН СССР по инженерной геологии. Принимал участие в работе ВАК Республики Беларусь, читал лекции по ряду дисциплин геологического цикла в ГГУ им. Ф. Скорины, на курсах повышения квалификации в МГУ им. М.В. Ломоносова и других, являлся соредактором фундаментальной монографии «Инженерная геология СССР» в 8 томах (1976–1978).

В 1998 г. Г.А. Колпашников перешел на работу в БНТУ. Будучи профессором кафедры геотехники и экологии в строительстве, читал курсы лекций «Инженерная геология», «Основы экологии», «Экология», «Ведение буровых работ», принимал участие в разработке базовых и рабочих программ по этим учебным предметам. Подготовил и опубликовал единолично и в соавторстве ряд учебных пособий: «Инженерная геология» (2005, 2017), «Бурение и оборудование гидрогеологических и водозаборных скважин» (2016), «Бурение инженерно-геологических скважин на строительной площадке и их опробование» (2018), «Основы экологии» (2012), создал комплект инженерно-геологических карт.

Геннадий Александрович – автор свыше 150 научных работ, в том числе нескольких монографий, участник многих конференций различного уровня. Он награжден Грамотой Верховного Совета БССР (1977), знаками «Отличник разведки недр» Министерства геологии СССР (1978), «Изобретатель СССР» (1979), медалью «Ветеран труда». За научную и педагогическую деятельность имел благодарности руководства БелНИГРИ и БНТУ. Участник ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС (1987).

Геннадий Александрович был добрым и жизнерадостным человеком. Светлая память о нем навсегда сохранится в сердцах коллег и его учеников.

Е.А. Кухарик, А.Н. Галкин, Д.П. Плакс, А.В. Матвеев

АЛЕКСАНДР АДАМОВИЧ СВИТОЧ

(17.02.1932–22.02.2022)

22 февраля 2022 г. ушел из жизни выдающийся ученый-палеогеограф и геоморфолог, доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории новейших отложений и палеогеографии плейстоцена географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Александр Адамович Свиточ.

Александр Адамович в 1958 г. окончил МГУ (кафедра геоморфологии). В 1958–1969 гг. занимался исследованиями тектонического строения бассейнов р. Зеи, Индигирки, Колымы, соляной тектоники Северного Прикаспия. В 1966 г. А.А. Свиточ защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук «Стратиграфия и тектоника верхнеплиоценовых и четвертичных отложений центральной части Волго-Уральского междуречья Северного Прикаспия».

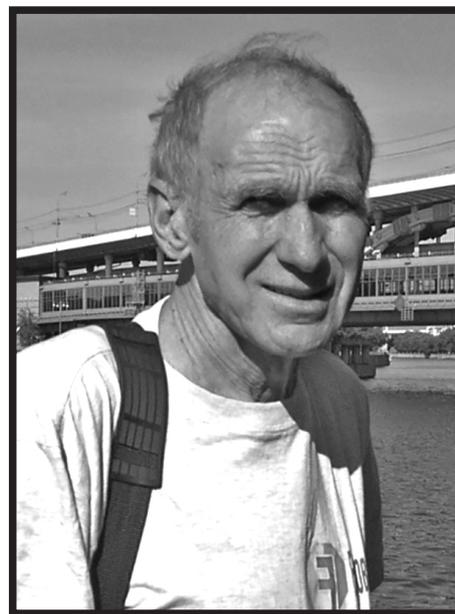
В 1969 г. по приглашению профессора П.А. Каплина Александр Адамович переходит на работу в лабораторию новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, созданную при кафедре общей физической географии и палеогеографии географического факультета МГУ. С этим коллективом была связана дальнейшая 53-летняя творческая деятельность А.А. Свиточа.

В лаборатории он вместе с коллегами работал над реализацией идеи академика К.К. Маркова о необходимости комплексного изучения опорных разрезов плейстоцена с использованием литологических, палеонтологических, археологических, физико-химических и других методов анализа. География работ была обширной: Александр Адамович в качестве участника и руководителя коллектива специалистов провел масштабное изучение сопряженным методом опорных разрезов плейстоцена Мамонтовой горы в Якутии, на Алтае, Западной Камчатке, Чукотке, Сахалине, в Прикаспии, Приазовье, центре Русской равнины. Полученные материалы послужили основой для подготовки диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук «Палеогеография плейстоцена Северной Евразии: региональный анализ, корреляция, синтез (по материалам опорных разрезов)», которая была защищена в 1980 г., а в 1987 г. опубликована в виде монографии «Палеогеография плейстоцена».

В дальнейшем по предложению и под руководством А.А. Свиточа в лаборатории выполнены фундаментальные исследования по глобальной корреляции палеогеографических событий, сравнительному анализу природных явлений плейстоцена Каспийского и Азово-Черноморского регионов и Средиземноморья. Он являлся руководителем многих проектов по линии РФФИ, ряда международных научно-исследовательских проектов и программ. Выполняемые им исследования сопровождалось ежегодными полевыми экспедициями на объекты ближнего и дальнего зарубежья (Сейшельские острова, Сокотра, Мадагаскар, Куба, побережье и шельф Болгарии, иранское побережье Каспийского моря).

Важное место в исследованиях А.А. Свиточа занимали теоретические вопросы палеогеографии: им дано определение этой науке, рассмотрены ее задачи, методология и методы, показано положение в системе наук о Земле, выполнена систематизация палеогеографических событий и поставлена проблема палеогеографических шкал плейстоцена. Большое внимание уделялось разработке научной терминологии: им введено понятие «полихронность», которое означает свойство различных компонентов природной среды проявляться в пространстве в разных временных соотношениях; применительно к четвертичным отложениям предложено определение понятия «опорный разрез», показаны основные требования, предъявляемые к такому разрезу, определены критерии его выделения. Также его исследования охватывали вопросы, связанные с прогнозом развития природной среды, геоэкологии и рационального природопользования.

Большое внимание в своих исследованиях А.А. Свиточ уделял созданию единой стратиграфической шкалы морского плейстоцена российских побережий, основанной на нескольких предложенных им признаках: хроностратиграфической последовательности; отношению к трансгрессивной эпохе (временному





Геологическая съемка
в Северном Прикаспии, 1960-е гг.



Полевые работы на Нижней Волге, август 2006 г.



Во время исследований
на Керченском полуострове, 2007 г.

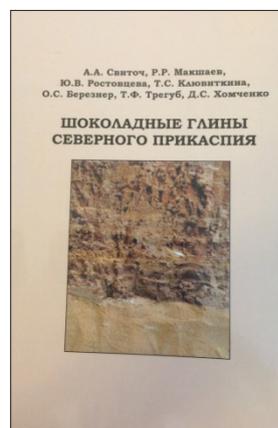
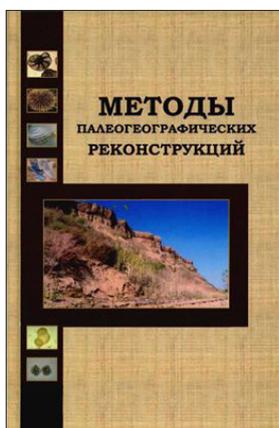
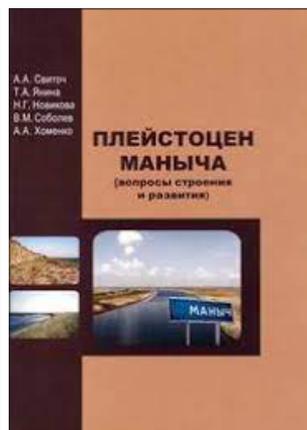
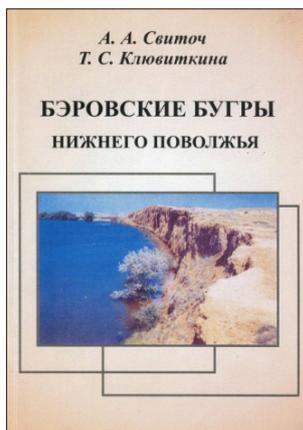
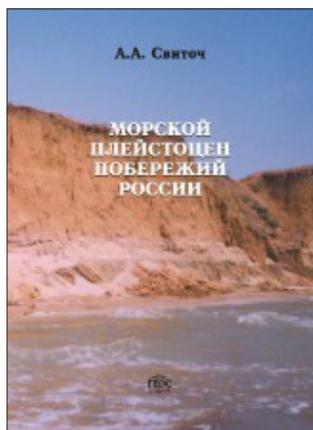
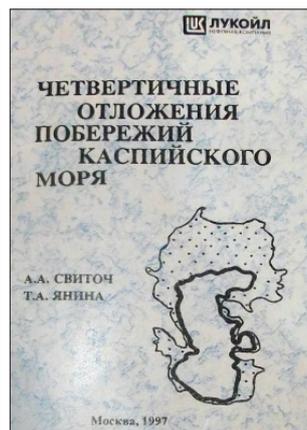
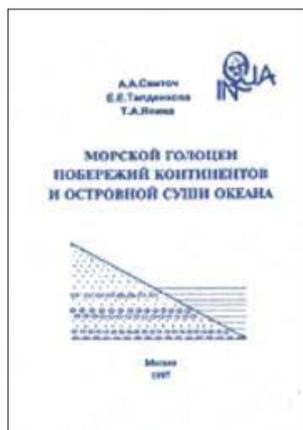


Изучение шоколадных глин
в Нижнем Поволжье, 2014 г.

интервалу проявления трансгрессивных признаков на побережьях); принадлежности к разным климатическим эпохам.

Теоретические положения, разработанные А.А. Свиточем, изложены в 45 монографиях, нескольких учебных пособиях, более 500 статьях в зарубежных и отечественных изданиях, подготовленных единолично и в соавторстве, а также вошли в производственные отчеты. Наиболее крупные обобщающие труды: «Палеогеография: теория и актуальные вопросы» (1995), «Морской голоцен побережий континентов и островной суши океана» (1997), «Экстремальный подъем уровня Каспийского моря и геоэкологическая катастрофа в приморских городах Дагестана (оценка ситуации, возможные решения и прогноз)» (1997), «Четвертичные отложения побережий Каспийского моря» (1997), «Палеогеографические события плейстоцена Понто-Каспия и Средиземноморья (материалы по реконструкции и корреляции)» (1998), «Четвертичная геология, палеогеография, морской плейстоцен, соляная тектоника (избранные труды)» (2002), «Морской плейстоцен побережий России» (2003), «Палеогеография (учебник)» (2004), «Бэровские бугры Нижнего Поволжья» (2006), «Плейстоцен Маныча (вопросы строения и развития)» (2010), «Методы палеогеографических реконструкций: методическое пособие» (2010), «Общая палеогеография. История внутриконтинентальных морей юга России и сопредельных территорий (избранные труды)» (2012), «Большой Каспий: строение и история развития» (2014), «Шоколадные глины Северного Прикаспия» (2017).

А.А. Свиточ – лауреат премии им. Д.Н. Анучина (за избранные труды 2002 г.). В 2002 г. ему присвоено звание «Заслуженный научный сотрудник Московского университета». В 2021 г. удостоен памятной медали и премии им. А.А. Величко, учрежденной Институтом географии РАН «За крупные достижения в изучении четвертичного периода Северной Евразии».



Научную деятельность Александр Адамович успешно совмещал с подготовкой студентов, магистрантов, стажеров, аспирантов и докторантов, многие из которых защитили кандидатские и докторские диссертации. В 1993 г. ему было присвоено ученое звание «профессор».

Александр Адамович прожил яркую, насыщенную жизнь ученого, преданного выбранному делу. Светлая память о нем будет всегда с нами.

Е.А. Кухарик, В.П. Зерницкая, А.В. Матвеев

РОММА ЕФИМОВИЧ АЙЗБЕРГ

(16.06.1933 – 19.05.2022)

19 мая 2022 г. ушел из жизни главный научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси Ромма Ефимович Айзберг, доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент, профессор, лауреат Государственной премии БССР и премии имени академика В.А. Коптюга Сибирского отделения РАН и НАН Беларуси.

Ромма Ефимович родился в г. Артемовске Донецкой области (Украина). В 1951 г., окончив среднюю школу с золотой медалью, поступил в Новочеркасский политехнический институт на геологоразведочный факультет. После окончания института был направлен на работу в Ростовское отделение треста «Росгеолразведка». С 1957 по 1964 г. судьба связала Р.Е. Айзберга с Юго-Восточной Каракумской экспедицией Управления геологии при Совмине Туркменской ССР, где он осуществлял геологическую съемку юго-западных отрогов Гиссарского хребта и территории Туранской плиты, занимался анализом и обобщением геолого-геофизических материалов опорных, параметрических и картировочных скважин.

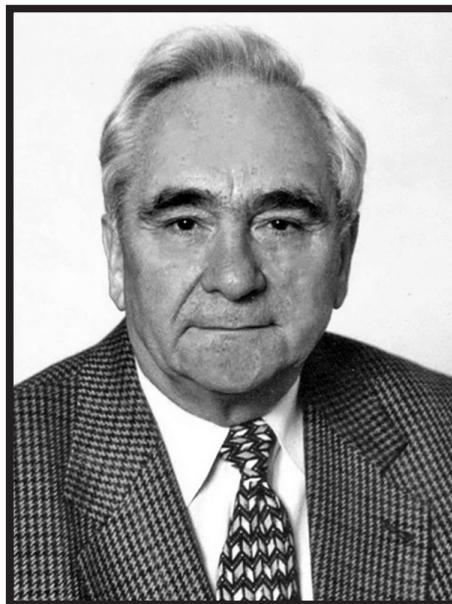
Изучение естественных обнажений отложений юрской, меловой и палеогеновой систем Гиссарского хребта позволило Р.Е. Айзбергу одному из первых обосновать корреляцию разрезов открытых горных районов с разновозрастными отложениями Приамударьинского и Мары-Байрамалийского регионов Юго-Восточных Каракумов. Эти работы приобрели особое научное и практическое значение после открытия крупнейших в то время газовых и нефтегазовых месторождений в Западном Узбекистане.

Другим направлением работ Роммы Ефимовича стали исследования по региональной тектонике. Совместно с Г.И. Амурским и В.М. Цейслером он разработал тектоническое районирование мегантиклинали юго-западного Гиссара, а затем по данным сейсморазведки выявил погребенное продолжение складок мегантиклинали в Юго-Восточных Каракумах, впервые дал системное описание тектоники Юго-Восточных Каракумов и охарактеризовал структуру и особенности развития крупнейшего Репетекского глубинного разлома.

В 1963 г. Р.Е. Айзберг защитил кандидатскую диссертацию, посвященную геологическому строению и перспективам нефтегазоносности юго-восточного Туркменистана.

В 1965 г. после открытия первого в Беларуси Речицкого нефтяного месторождения Р.Е. Айзберг приехал в Беларусь и стал работать в БелНИГРИ. Начался белорусский этап его профессиональной деятельности, связанный с изучением тектоники, региональной и нефтяной геологии территории Беларуси и сопредельных регионов Восточно-Европейской платформы. Р.Е. Айзберг, З.А. Горелик, А.М. Синичка и В.Н. Макаревич разработали новый подход в изучении тектоники Припятского прогиба, основанный на представлениях о блоковом строении этой структуры. В 1968 г. они опубликовали монографию «Современная структура и история тектонического развития Припятской впадины», послужившую начальной базой для нефтегеологического районирования Припятского прогиба и основой для проектирования нефтепоисковых работ.

В последующий период (1969–1974) Р.Е. Айзберг и другие геологи обосновали палеотектонические модели чехла запада Восточно-Европейской платформы, основные этапы эволюции региона на формационной основе, особенности формирования состава доплитных и плитных комплексов чехла. Была создана тектоническая карта Беларуси и смежных территорий масштаба 1:500 000 с опубликованием монографии «Тектоника Белоруссии», где перу Р.Е. Айзберга совместно с коллегами принадлежали основные разделы по формациям и структурам платформенного чехла. В 1978 г. Р.Е. Айзберг вместе с группой ученых и геологов-практиков за создание Тектонической карты Белоруссии (гл. редактор Р.Г. Гарецкий, зам. гл. редактора Р.Е. Айзберг) и монографии «Тектоника Белоруссии» был удостоен Государственной премии БССР. В 1976 г. Р.Е. Айзберг в Московском государственном университете защитил докторскую диссертацию «Структуры и формации чехла запада Русской плиты и их эволюция».



В 1980–1984 гг. Р.Е. Айзберг работал в составе группы советских геологов в Центральном геологическом институте Министерства геологии ГДР (Берлин). После возвращения из Германии он продолжил работу заведующим сектором тектоники БелНИГРИ, а в 1990 г. перешел на работу в Академию наук БССР, став главным научным сотрудником Института геологических наук. В 1989 г. Высшей аттестационной комиссией СССР Р.Е. Айзбергу было присвоено ученое звание профессора по специальности «геотектоника».

Со второй половины 1980-х гг. ведущим направлением в научном творчестве Р.Е. Айзберга становится изучение проблем геодинамики запада Восточно-Европейской платформы. Р.Е. Айзберг разработал новую геодинамическую модель развития Припятского палеорифта (1986) и развил ее в серии публикаций, подготовленных совместно с Т.А. Старчик. В это же время он опубликовал работы, посвященные палеогеодинамике позднего протерозоя и фанерозоя территории Беларуси и сопредельных регионов, развил теоретические представления о литрической делимости земной коры платформ.

Со второй половины 1990-х гг. заметное место в исследованиях Р.Е. Айзберга занимают проблемы сейсмотектоники и неогеогеодинамики. Вместе с коллегами он опубликовал ряд статей, посвященных сейсмотектоническому и неотектоническому районированию запада Восточно-Европейской платформы и Центральной Европы, обоснованию выделения зон возможных очагов землетрясений. Результаты исследований Р.Е. Айзберга по проблемам тектоники и геодинамики западной части Восточно-Европейской платформы изложены в период 1983–2009 гг. в коллективных монографиях.

Важнейшая часть научных исследований Р.Е. Айзберга в Беларуси связана с изучением проблем нефтегазоносности. Разработанные при его ведущем участии карты нефтегеологического районирования Припятского палеорифтового бассейна (1968, 1972, 1988), карта нефтегеологического районирования Беларуси (1999) были и остаются основой планирования нефтепоисковых работ в стране. Особенно это направление исследований активизировано Р.Е. Айзбергом в последние годы, когда были созданы карты структурного районирования подсолевого и межсолевого комплексов Припятского прогиба для решения задач эффективного освоения ресурсов углеводородов масштаба 1:200 000 (В.Н. Бескопыльный, Р.Е. Айзберг, Я.Г. Грибик; 2011), серия карт по подсолевому и межсолевому комплексам Припятского прогиба по условиям нефтегазообразования и формирования залежей углеводородов масштаба 1:200 000 (2012). Важным итоговым результатом этого направления исследований является монография «Нетрадиционные источники углеводородного сырья в недрах Беларуси: геологические аспекты» под редакцией Р.Е. Айзберга, Я.Г. Грибика, вышедшая за несколько месяцев до ухода из жизни Р.Е. Айзберга.

Р.Е. Айзберг – активный участник исследований по нескольким крупным международным научным проектам: «Евробридж», «Неогеогеодинамика депрессии Балтийского моря и сопредельных областей» (проект 346 Международной программы геологической корреляции), «Нефтегазоносность верхнепротерозойских и палеозойских комплексов Беларуси и Сибири», Георифт-2013. Результаты этих исследований являются важным вкладом в изучение литосферы западной части Восточно-Европейской платформы, проблем неогеогеодинамики Центральной Европы, в сравнительный нефтегеологический анализ Восточно-Европейской и Сибирской платформ. Научным итогом этих работ, помимо многочисленных статей, явились новая модель строения литосферы территории Беларуси, оценка генетических связей неотектонических структур с глубинным строением региона, выявление условий нефтегазообразования в разнотипных платформенных структурах, новая неотектоническая карта Центральной Европы (составлена совместно с Р.Г. Гарецким, Э.А. Левковым, А.К. Карабановым, В.П. Палиенко и геологами Германии, Польши, России, Дании и Литвы).

Р.Е. Айзбергом, соавтором созданной геолого-геофизической модели глубинного строения земной коры и верхней мантии Припятского и Днепровского палеорифтовых нефтегазоносных бассейнов (по результатам, полученных вдоль международного профиля ГСЗ Георифт-2013), совместно со специалистами Беларуси, Украины, Польши, Финляндии, Дании обосновано важное направление минерагенических исследований и последующих геологоразведочных работ. Работа в авторстве белорусской части проекта Р.Е. Айзберга, Р.Г. Гарецкого, Я.Г. Грибика, Г.И. Каратаева по итогам конкурса 2018 г. вошла в «Топ-10» в области фундаментальных и прикладных исследований НАН Беларуси.

Р.Е. Айзберг – автор более 450 опубликованных научных работ, в том числе 27 монографий. Он разработал курсы лекций «Геология нефти и газа» и «Учение о геологических формациях», которые читал студентам-геологам Белорусского государственного университета. Под его руководством защищены

1 докторская и 7 кандидатских диссертаций. Научные заслуги Р.Е. Айзберга отмечены избранием его членом-корреспондентом НАН Беларуси (2000).

Увлеченность геологией, высокая культура, энциклопедические знания, доброжелательность, готовность прийти на помощь привлекали многих людей к Р.Е. Айзбергу – одному из лидеров геологической науки Беларуси, пользовавшемуся широкой известностью и огромным авторитетом как в нашей стране, так и далеко за ее пределами.

Мы глубоко скорбим в связи с кончиной Роммы Ефимовича и сохраним светлую память об этом неугомонном и талантливом исследователе недр, незаурядном человеке.

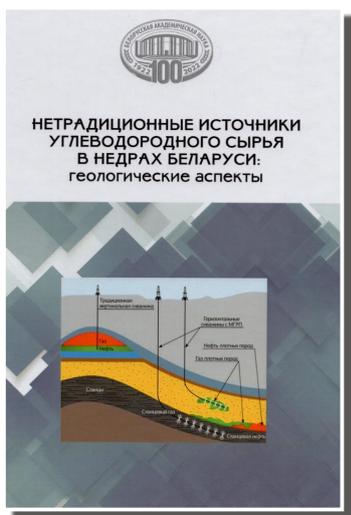
Коллеги, друзья, редколлегия



Москалёв, О. М. Ураноносность осадочных и кристаллических пород Беларуси / О. М. Москалёв ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т радиобиологии. – Минск : Беларуская навука, 2021. – 209 с.

Данная монография является первой публикацией по урановой проблеме геологии Беларуси. В ее основу положены результаты многолетних поисков урановых месторождений на территории республики, а также научная работа, выполненная автором по этой проблеме. Актуальность тематики исследований обусловлена ее высокой практической значимостью (обеспечение белорусской атомной электростанции собственным сырьем). Впервые комплексно рассмотрены вопросы геологического строения и минерального состава выявленных урановых рудопоявлений и месторождений в Припятском прогибе и Белорусском кристаллическом массиве. Приведена радиометрическая и радиогеохимическая характеристика урановых руд, рудовмещающих пород и водоносных горизонтов. Выделены перспективные на уран площади и рудоносные горизонты пород.

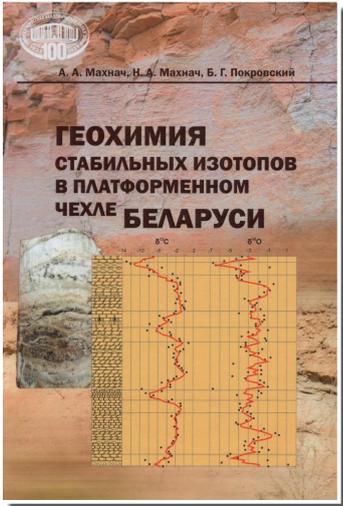
Адресуется геологам, геофизикам, аспирантам, студентам геологических и географических факультетов вузов.



Нетрадиционные источники углеводородного сырья в недрах Беларуси: геологические аспекты / Р. Е. Айзберг [и др.] ; под общ. ред. Р. Е. Айзберга, Я. Г. Грибика ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования ; Производственное объединение «Белоруснефть». – Минск : Беларуская навука, 2022. – 332 с.

Представлены оценка потенциала нетрадиционных источников углеводородного сырья в недрах Беларуси, направления геолого-разведочных работ на перспективу путем анализа геологических, геофизических и геохимических данных в Припятском, Оршанском, Подляско-Брестском бассейнах на основе изучения структурно-вещественных характеристик низкопроницаемых формаций с рассеянной (дискретной) битуминозностью, а также структур с тяжелыми нефтями. Приводятся научные выводы относительно широкого развития в девонских отложениях Припятского прогиба низкопроницаемых нефтеперспективных полуколлекторов.

Предназначена для научных сотрудников и специалистов, работающих по направлениям соответствующего профиля.



Махнач, А. А. Геохимия стабільных ізатопаў у платформенным чэхле Беларусі / А. А. Махнач, Н. А. Махнач, Б. Г. Покровскі ; Нац. акад. наук Беларусі, Ін-т прыродопользавання. – Мінск : Беларуская навука, 2022. – 373 с.

Монографія ўключае матэрыялы па геохіміі стабільных ізатопаў углерада, кісларода і серы ў платформенным чэхле Беларусі, атрычаныя ў тэчэнне 30 апошніх лет. Ахарактэрызавана ізатопная хемотраціграфія р'яду разрэзаў, дано апісанне разрабатаных аўтарамі ізатопных індікатараў абстаноўкі седымента- і літагенеза адкладаў ад р'іфея да квартэра. Паказаны магчымасці ізатопных індікатараў для палеагеаграфічных, палеакліматычных, палеагідралагічных рэканструкцый, рэшэння геаэкалагічных задач. Прадстаўлен б'ольшой ісходны аналітычны матэрыял.

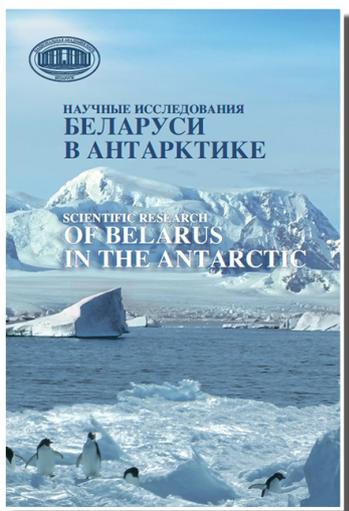
Кніга прызначана для геохімікаў, геалагаў, географіаў, геаэкалагаў. Можа быць карысна студэнтам, магістрантам, аспірантам і прафэсарам геалагічных і географічных спецыяльнасцей.



Зерніцкая, В. П. Позднеледніков'е і голоцен Беларусі : геохроналогія, асадконакапленне, расцінальнасць і клімат / В. П. Зерніцкая. – Мінск : Беларуская навука, 2022. – 303 с.

У кнізе прадстаўлены палеарэканструкцыі (клімат, расцінальнасць, асабнасці асадконакаплення) дынамікі акаражаючай сроды ў позднеледніков'е і голоцене на тэрыторыі Беларусі. Атрычаныя рэзультаты аснованы на дэталічным ізаучэнні адкладаў (озерных, болотных, алювіяльных) ў разрэзах, раз'ясненых ў разлічных раёнах краіны з прымяненнем многіпрофільнага падыхода, уключаючага спарова-пыльцевыя ізадледавання, апрадэляне $\delta^{13}\text{C}$ і $\delta^{18}\text{O}$, ^{14}C , арганічнага рэчыва, мінеральнай саставляючай, CaCO_3 і др. Новыя даныя пазвалі ўстанавіць хроналогію наапалення і паліналагічныя прызнакі слоў нарочанскага падгорызонта (позднеледніков'е) і судобльскага горызонта (голоцен), апрадэляць прыродныя маркеры, атражаючыя кліматычныя сабытты, выяўленыя па ізатопна-кіслародным даным у ледяных кернах Грэнландыі; правесці ландшафтна-кліматычныя рэканструкцыі і выдэліць этапы антрапагеннага ўздзеяння на лесныя экосістэмы; пастроіць пыльцевыя карты, якія ілюстравуць прастранственна-времённую дынаміку дрэвесных парод за апошнія 15 000 лет, апрадэляць этапы і пуці іх міграцыі ў прадэлы Беларусі.

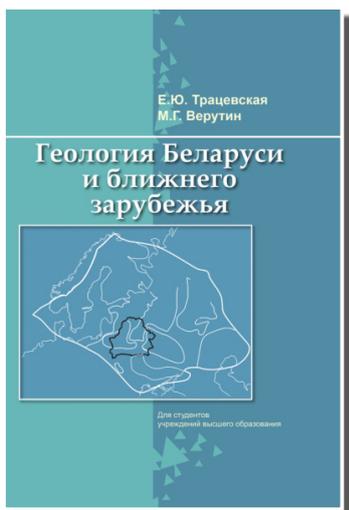
Кніга адрэсавана шырокаму кругу спецыялістаў ў абласці географіі, геалагіі, кліматалогіі, археалагіі і лімналагіі. Рэзультаты ізадледаванняў могуць іспаўзавацца пры чтэнні лекцый па палеагеаграфіі ў вузах краіны.



Научные исследования Беларуси в Антарктике = Scientific research of Belarus in the Antarctic / В. Ф. Логинов [и др.] ; под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Беларуская навука, 2021. – 176 с.

В книге представлены основные результаты научных исследований, выполненных учеными Беларуси в Антарктике начиная с 2006 г. Приведена краткая информация об истории развития исследований, создания правового обеспечения деятельности в Антарктике, основных направлениях исследований в рамках Антарктических государственных программ, а также о международной деятельности Республики Беларусь в рамках Договора об Антарктике. Охарактеризовано состояние строительства Белорусской антарктической станции в оазисе Вечернем (Земля Эндерби, Восточная Антарктика). Изложены результаты наземных и спутниковых исследований атмосферы, земной поверхности и атмосферных процессов в Антарктике, изучения геофизических полей, мониторинга окружающей среды и оценки воздействия, а также биологических исследований.

Книга предназначена для специалистов, занимающихся изучением полярных регионов Земли, а также историей развития исследований в Антарктике.



Трацевская, Е. Ю. Геология Беларуси и ближнего зарубежья : учебное пособие / Е. Ю. Трацевская, М. Г. Верутин. – Минск : Вышэйшая школа, 2021. – 280 с.

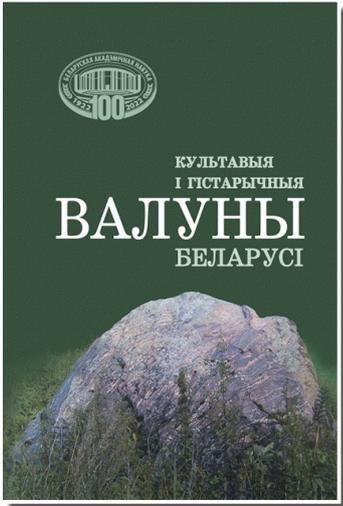
Приведены основные представления о геологии Восточно-Европейской платформы, а также ее обрамления: областей позднебайкальской, каледонской, герцинской и киммерийско-альпийской складчатостей, сыгравших значительную роль в становлении платформенного чехла платформы. Большая часть пособия посвящена непосредственно геологии Беларуси, обобщены классические представления и современные достижения белорусских ученых, адаптированные для студенческой аудитории, скорректированы геологические материалы в соответствии с требованиями современных действующих нормативных документов.

Для студентов учреждений высшего образования по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых».



Тектоника и геодинамика земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2022 : материалы ЛПТ Тектонического совещания : в 2 т. / отв. ред. К. Е. Дегтярев. – Москва : ГЕОС, 2022. – Т. 1.

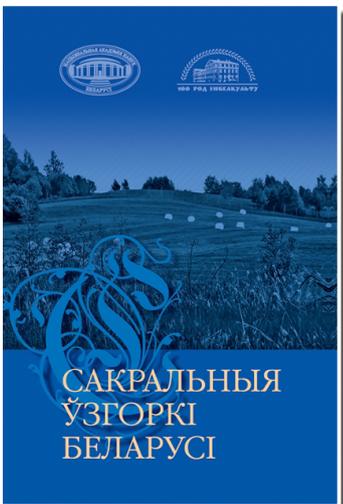
В двух томах представлены материалы 53-го Тектонического совещания «Тектоника и геодинамика земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2022», которое состоялось в Геологическом институте РАН с 1 по 5 февраля 2022 года. Рассмотрен широкий круг вопросов геотектоники и геодинамики. Среди прочих размещенных в сборниках работ большой интерес для белорусских геологов может представлять статья «Древние осадочные бассейны запада Восточно-Европейской платформы: тектонические аспекты нефтегазоносности», подготовленная Р.Е. Айзбергом, Я.Г. Грибиком и Р.Г. Гарецким.



Культавыя і гістарычныя валуны Беларусі / А. К. Карабанаў [і інш.] ; Нац. акад. навук Беларусі, Ін-т прыродакарыстання. – 2-е выд., дап. і перапрац. – Мінск : Беларуская навука, 2022. – 404 с.

Кніга прысвечана актуальнай праблеме выяўлення і вывучэння на тэрыторыі Беларусі валуноў – адметных прыродных аб’ектаў, помнікаў язычніцкіх і хрысціянскіх культаў, з якімі звязаны легенды, паданні, розныя гістарычныя звесткі. Прыведзены апісанні больш за 500 камянёў, дадзена іх геалагічная і этнаграфічная характарыстыка.

Прызначана для спецыялістаў у галіне прыродакарыстання, гісторыкаў, археолагаў, даследчыкаў народнай культуры, а таксама для шырокага кола чытачоў.



Сакральныя ўзгоркі Беларусі / В. Ф. Вінакураў [і інш.] ; навук. рэд. С. П. Віцязь. – Мінск : Беларуская навука, 2021. – 268 с.

У калектыўнай манаграфіі ўзгоркі Беларусі паказаны ў комплексным кантэксце як прыродныя ландшафтныя аб’екты і як своеасаблівая этнакультурная прастора ў міфалагічнай і рытуальнай традыцыях. Абагульняецца інфармацыя пра каля тысячы сакральных пагоркаў, сабраная па гістарычнай, геалагічнай, краязнаўчай літаратуры, па архіўных даных і ў час асабістых экспедыцый за апошнія дзесяцігоддзі. Разглядаюцца ўзвышшы, звязаныя з міфалагічнымі персанажамі, хрысціянскімі святымі, гістарычнымі асобамі і воінамі-чужынцамі, згадваюцца легенды пра скарбы і прывіды. Расказваецца пра ўзгоркі, дзе паводле паданняў «праваліўся храм». Асаблівая ўвага надаецца Святым і Лысым горам, якія шырока распаўсюджаны ў Беларусі.

Кніга будзе карыснай для спецыялістаў у галіне прыродакарыстання і аховы прыроднай і гісторыка-культурнай спадчыны, а таксама для шырокага кола чытачоў.



Иогансон, Л. И. К истории геологии и не только / Лидия Иогансон. – Москва : ГЕОС, 2021. – 432 с.

Книга состоит из двух частей. Первая часть включает избранные статьи, посвященные крупным ученым в области наук о Земле, в том числе отечественным исследователям XX в. Во второй части помещены тексты, написанные в разное время и по разному поводу, о тех (не всех), «которые наш свет своим сопутствием для нас животворили». Среди них – и наши современники, и авторы, давно ушедшие из жизни, но написавшие поистине животворящие строки.

Книга адресована представителям наук о Земле, а также широкому кругу читателей.

навуковае выданне

ЛІТАСФЕРА

1 (56)

2022

Карэктары Н. Я. Анапрэенка, К. І. Вяргейчык-Лабецкая, А. В. Шарпіла
Дызайн, камп'ютарная вёрстка, рэдагаванне табліц і малюнкаў Д. В. Макарэвіча

Падпісана ў друк 30.05.2022 г. Фармат 60x90 ¹/₈. Лічбавы друк.
Гарнітура Minion Pro. Ум. друк. арк. 27,66. Ул.-выд. арк. 15,66.
Наклад 100 экз. Заказ 1115.

Заснавальнік: Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства
«Навукова-вытворчы цэнтр па геалогіі».
Вул. Купрэвіча, 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, Kuprevicha str., 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.