ISSN 2218-0311

ВЕСНІК
БРЭСЦКАГА ЎНІВЕРСІТЭТА

Рэдакцыйная калегія

галоўны рэдактар
Ю. П. Голубеў

намеснік галоўнага рэдактара
М. А. Багдасараў

адказны рэдактар
Н. С. Ступень

І. В. Абрамава (Беларусь)
К. А. Анціпава (Беларусь)
А. М. Вітчанка (Беларусь)
Б. П. Уласаў (Беларусь)
А. А. Волчак (Беларусь)
В. В. Грычык (Беларусь)
А. І. Градунова (Беларусь)
С. В. Емяльянчык (Беларусь)
Д. Д. Жарнасекаў (Беларусь)
В. Ф. Кулеш (Беларусь)
Г. І. Літвінюк (Беларусь)
В. У. Марцірасян (Расія)
А. А. Махнач (Беларусь)
Д. П. Плакс (Беларусь)
У. У. Салтанаў (Беларусь)
А. А. Сідаровіч (Беларусь)
А. М. Тарасюк (Беларусь)

Пасведчанне аб рэгістрацыі
ў Міністэрстве інфармацыі
Рэспублікі Беларусь
№ 1339 ад 28 красавіка 2010 г.

Адрас рэдакцыі:
224016, г. Брэст,
бульвар Касманаўтаў, 21
тэл.: +375 (162) 21-72-07
e-mail: vesnik@brsu.by

Часопіс «Веснік Брэсцкага
ўніверсітэта» выдаецца
са снежня 1997 г.

Серыя 5

БІЯЛОГІЯ
НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

НАВУКОВА-ТЭАРЭТЫЧНЫ ЧАСОПІС

Выходзіць два разы на год

Заснавальнік – Установа адукацыі
«Брэсцкі дзяржаўны ўніверсітэт імя А. С. Пушкіна»

№ 1 / 2026

У адпаведнасці з Дадаткам да загада
Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь
ад 09.02.2026 № 30 (са змяненнямі, унесенымі загадам
ад 23.06.2026 № 158)
часопіс «Веснік Брэсцкага ўніверсітэта.
Серыя 5. Біялогія. Навукі аб Зямлі»
ўключаны ў Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь
для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў у 2026 г.
па біялагічных, геаграфічных і геолага-мінералагічных навуках

◊ ◊ ◊

У адпаведнасці з дагаворам паміж установай адукацыі
«Брэсцкі дзяржаўны ўніверсітэт імя А. С. Пушкіна»
і ТАА «Навуковая электронная бібліятэка» (ліцэнзійны дагавор
№ 457-11/2020 ад 03.11.2020) часопіс «Веснік Брэсцкага ўніверсітэта.
Серыя 5. Біялогія. Навукі аб Зямлі»
размяшчаецца на платформе eLIBRARY.RU
і ўключаны ў Расійскі індэкс навуковага цытавання (РІНЦ)

ЗМЕСТ

БІЯЛОГІЯ

Абрамова И. В.
Трофическая структура орнитокомплексов дубовых лесов
на разных стадиях сукцессии в юго-западной Беларуси 5

Колбас Н. Ю., Василевская А. В.
Влияние эпикастастерона и его конъюгатов с кислотами
на морфометрические и физиолого-биохимические параметры *silphium perfoliatum* L. 13

Кравчук В. Г., Лукьянчик М. А.
Особенности экологии и распространения *Pseudorhizina sphaerospora*
в Национальном парке «Беловежская пуща» 23

Хомич Г. Е., Саваневская Е. Н.
Функциональное состояние кровообращения у молодых лиц,
проживающих в условиях хронического воздействия малых доз радиации 32

Шкуратова Н. В.
Особенности анатомии вегетативных органов *Populus diversifolia* Schrenk.
и *Populus bolleana* Lauche. (*Salicaceae* Mirb.)
в связи с систематическим положением 44

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

Богдасаров М. А., Зазерская В. В., Калугина Т. В., Шадраков А. В.
Региональная стратегия устойчивого развития Брестской области на период до 2040 г. 57

Галкин А. Н., Торбенко А. Б., Павловский А. И.,
Кологривко А. А., Е. Ю. Нарыжнова, Кузьмич В. А.
Оценка нарушенности земель Минской области при добыче общераспространенных
полезных ископаемых с использованием данных дистанционного зондирования
и ГИС-технологий 73

Гусев А. П., Флерко Т. Г.
Аэрозольный индекс как индикатор состояния атмосферы в городах 83

Котов С. Г., Кухарик Е. А., Аронов Г. А.
О постановке непрерывных радонометрических исследований
в геодинамически активных зонах территории Беларуси 91

Маевская А. Н., Богдасаров М. А.
Концепция создания цифровой инженерно-геологической модели территории города Бреста
как основы принятия обоснованных градостроительных решений 103

Плакс Д. П.
История стратиграфо-палеонтологических исследований силурийских отложений
на территории Беларуси 114

Рылова Т. Б.
Палинологическое обоснование беловежского возраста плейстоценовых отложений,
вскрытых скв. мг-2 у д. Голубовка в Могилевской области 140

Сидорович А. А.
Трудоресурсный потенциал регионов Беларуси:
геодемографическая оценка повышения общеустановленного пенсионного возраста 153

Соколов А. С.
Пространственно-временная динамика этнической структуры населения Гомельской области 161

Токарчук О. В.
Особенности размещения населения как местный фактор
потенциальной антропогенной нагрузки на поверхностные воды
юго-запада Брестской области 176

Токарчук С. М., Цибульский Е. А., Земцова Е. А.
Историко-культурные ценности малых городов Беларуси 186

Токарчук А. А., Сухонос Н. И., Маевская А. Н.
Опыт разработки туристического маршрута по местам киносъемок в Беларуси 195

НАШЫ ЮБІЛЯРЫ

К 90-летию профессора Василия Емельяновича Гайдука 205

© Выдавецтва БрДУ імя А. С. Пушкіна, 2026

ISSN 2218-0311

VESNIK OF BREST UNIVERSITY

Editorial Board

editor-in-chief
Yu. P. Golubeu

deputy editor-in-chief
M. A. Bahdasarau

managing editor
N. S. Stupen

I. V. Abramava (Belarus)
K. I. Antsipava (Belarus)
A. M. Vitchanka (Belarus)
B. P. Ulasau (Belarus)
A. A. Volchak (Belarus)
V. V. Hrychyk (Belarus)
A. I. Hradunova (Belarus)
S. V. Yemialianchyk (Belarus)
D. D. Zharnasiekau (Belarus)
V. F. Kulesh (Belarus)
H. I. Litvinyuk (Belarus)
V. U. Martsirasyan (Russia)
A. A. Makhnach (Belarus)
D. P. Plax (Belarus)
U. U. Saltanau (Belarus)
A. A. Sidarovich (Belarus)
A. M. Tarasiuk (Belarus)

Registration Certificate
by Ministry of Information
of the Republic of Belarus
nr 1339 from April 28, 2010

Editorial Office:
224016, Brest,
21, Kosmonavtov Boulevard
tel.: +375 (162) 21-72-07
e-mail: vesnik@brsu.by

Published since December 1997

Series 5

BIOLOGY
SCIENCES ABOUT EARTH

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL

Issued twice a year

Founder – Educational Establishment
«Brest State A. S. Pushkin University»

№ 1 / 2026

According to the Supplement to the order of Supreme Certification Commission of the Republic of Belarus from February 09, 2026 nr 30 (as amended by order of June 23, 2026, nr 158) the journal «Vesnik of Brest University. Series 5. Biology. Sciences about Earth» has been included to the List of scientific editions of the Republic of Belarus for publication of the results of scientific research in 2026 in biological, geographical and geological-mineralogical sciences

◊ ◊ ◊

According to the agreement between Educational Establishment «Brest State A. S. Pushkin University» and Pvt Ltd «Scientific Electronic Library» (licence contract № 457-11/2020 from 03.11.2020) the journal «Vesnik of Brest University. Series 5. Biology. Sciences about Earth» is placed on the platform eLIBRARY.RU and included in the Russian Science Citation Index (RSCI)

CONTENTS

BIOLOGY

Iryna Abramava.
Trophic Organization of Bird Assemblages
in Oak Forests During Post-Clearcut Succession in Southwestern Belarus 5
Natallia Kolbas, Aliona Vasileuskaya.
The Effect of Epicasterone and its Conjugates with Acids Morphometric
and Physiological-biochemical Parameters of *silphium perfoliatum* L. 13
Vyacheslav Kravchuk, Mikhail Lukyanchik.
Ecological Features and Distribution of *Pseudorhizina sphaerospora*
in Belovezhskaya Pushcha National Park 23
Halina Khomich, Alena Savaneuskaya.
Functional Status of the Circulatory System
in Young Individuals Exposed to Chronic Low-Dose Radiation 32
Natalia Shkuratova.
Features of Anatomy of Vegetative Organs *Populus diversifolia* Schrenk.
and *Populus bolleana* Lauche. (*Salicaceae* Mirb.)
in Connection with Systematic Position 44

SCIENCES ABOUT EARTH

Maksim Bahdasarau, Victoria Zazerskaya, Tatsiana Kaluhina, Alexey Shadrakov.
Regional Strategy for Sustainable Development of Brest Region for the Period up to 2040 57
Alexander Galkin, Andrei Torbenko, Alexander Pavlovsky,
Andrei Kologrivko, Evgenia Naryzhnova, Valentina Kuzmich.
Assessment of Land Disturbance in the Minsk Region during the Extraction
of Common Minerals Using Remote Sensing and GIS Technologies 73
Andrei Gusev, Tatyana Flerko.
Aerosol Index as an Indicator of the State of the Atmosphere in Cities 83
Sergey Kotov, Evgeniy Kukharik, Gennady Aronov.
On Conducting of Continuous Radonometry Studies
in Geodynamic Active Zones of the Territory of Belarus 91
Anna Maevskaya, Maksim Bahdasarau.
The Concept of Creating a Digital Engineering-Geological Model of the Territory of the City of Brest
as a Basis for Making Informed Urban Planning Decisions 103
Dmitry Plax.
History of the Stratigraphic and Palaeontological Investigations
of the Silurian Deposits within the Territory of Belarus 114
Tatyana Rylova.
Palynological Substantiation of the Belovezhian Age of Pleistocene Deposits Exposed
by Borehole MG-2 near the Village of Golubovka in the Mogilev Region 140
Alexandr Sidorovich.
Labor Resource Potential of the Regions of Belarus:
Geodemographic Assessment of the Increase of the Retirement Age 153
Aleksandr Sokolov.
Spatial-Temporal Dynamics of Ethnic Structure of the Population of Gomel Region 161
Oleg Tokarchuk.
Population Distribution Features as a Local Factor of Potential Anthropogenic Load on Surface Waters
in the Southwest of the Brest Region 176
Svetlana Tokarchuk, Egor Cybulski, Elizaveta Zemtsova.
Historical and Cultural Heritage of Small Towns in Belarus 186
Anna Tokarchuk, Natalya Sukhonos, Anna Maevskaya.
Experience in Developing a Tourist Route to Film Locations in Belarus 195

OUR ANNIVERSARIES

On the 90th Anniversary of Professor Vasily Gaiduk 205

© Publishing House of Brest State A. S. Pushkin University, 2026

БІЯЛОГІЯ

УДК 598.2(476.7) + 504.74.05:500.054:66/67 DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-5-12

Ирина Васильевна Абрамова
канд. биол. наук, доц., доц. каф. городского и регионального развития
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
Iryna Abramava
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Urban and Regional Development
of Brest State A. S. Pushkin University
e-mail: abramova@brsu.by

ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ОРНИТОКОМПЛЕКСОВ ДУБОВЫХ ЛЕСОВ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ СУКЦЕССИИ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ

Изучение трофической структуры орнитокомплексов является важным инструментом оценки функционального разнообразия и устойчивости лесных экосистем. Цель работы – выявление закономерностей трансформации трофической структуры сообществ птиц в процессе демутационной сукцессии дубрав юго-западной Беларуси. Исследования проводились в 1995–2017 гг. методом маршрутных учетов на шести стадиях восстановительной сукцессии (от свежей вырубки до спелого леса). Анализ данных выполнен с использованием кластерного анализа (индекс Мориситы – Хорна) и теста Мантеля. Характерной чертой ранних стадий сукцессии (1–9 лет) является доминирование фитоэнтомофагов и энтомофагов, использующих наземную кормежку (78,2 – 90,9 % суммарного обилия). По мере формирования древостоя доля видов, добывающих корм в кронах деревьев и кустарниках и на стволах, возрастает до 41,3 и 6,9 % соответственно. В период гнездования основу рациона орнитокомплексов всех стадий составляют беспозвоночные (54,6 – 93,6 % суммарного обилия). Однако на ранних сукцессионных этапах высока доля фитоэнтомофагов. Кластерный анализ выявил четкое разделение орнитокомплексов на две группы: ранние постлесосечные стадии (1–9 лет) и сформированные лесные сообщества (30–150 лет). Обнаружена сильная положительная корреляция между трофической структурой орнитокомплексов и распределением видов по ярусам кормодобывания (r = 0,825, p = 0,003). Трофическая структура орнитокомплексов является надежным индикатором сукцессионного состояния дубрав. Полученные данные подтверждают необходимость сохранения структурной неоднородности древостоя для поддержания функционального разнообразия орнитофауны при ведении лесного хозяйства.

Ключевые слова: *сукцессия, орнитокомплекс, трофическая структура, функциональное разнообразие, гильдии, ярусы кормодобывания, дубравы, юго-западная Беларусь.*

Trophic Organization of Bird Assemblages in Oak Forests During Post-Clearcut Succession in Southwestern Belarus

Studying the trophic structure of bird assemblages is an important tool for assessing functional diversity and stability of forest ecosystems. To identify patterns of transformation in the trophic structure of bird communities during secondary (demutation) succession in oak forests of southwestern Belarus. Field studies were conducted from 1995 to 2017 using line transect surveys across six stages of restorative succession (from recent clearcuts to mature forest). Data analysis was performed using cluster analysis (Morisita – Horn index) and the Mantel test. A characteristic feature of early successional stages (1–9 years) is the dominance of phytoentomophages and insectivores employing ground foraging strategies (78,2 – 90,9 % of total abundance). As the forest stand develops, the proportion of species foraging in tree and shrub canopies and on trunks increases to 41,3 and 6,9 %, respectively. During the breeding season, invertebrates constitute the primary component of the diet across all successional stages (54,6 – 93,6 % of total abundance). However, at early successional stages, phytoentomophages contribute substantially to total biomass. Cluster analysis revealed a clear separation of bird assemblages into two groups: early post-clearcut stages (1–9 years) and established forest communities (30–150 years). A strong positive correlation was detected between the trophic structure of bird assemblages and the distribution of species across foraging strata (r = 0,825, p = 0,003). The trophic structure of bird assemblages serves as a reliable indicator of the successional status of oak forests. The findings support the necessity of maintaining stand structural heterogeneity to preserve the functional diversity of avian fauna under sustainable forest management practices.

Key words: *succession, bird assemblage, trophic structure, functional diversity, foraging guilds, foraging strata, oak forests, southwestern Belarus.*

Введение

Трофическая структура сообществ птиц является ключевым индикатором потоков энергии в экосистемах, отражая распределение видов по трофическим уровням. Современные данные свидетельствуют о том, что формирование сообществ птиц в лесах Европы подвержено процессам функциональной конвергенции, которые определяются преимущественно биоклиматическими факторами и продуктивностью экосистем [1; 2]. Однако на локальном уровне функциональное разнообразие орнитокомплексов, базирующееся на трофической специализации и ярусах кормодобывания, существенно варьирует вдоль градиентов среды, включая сукцессионные стадии развития леса. Ключевыми драйверами этих изменений выступают структурные параметры древостоя: сомкнутость крон, развитие подлеска, наличие старых дуплистых деревьев [3–5].

Анализ трофической структуры орнитокомплексов имеет важное значение для прогнозирования адаптивных реакций птиц на антропогенные воздействия и изменения климата, а также для оценки устойчивости лесных биоценозов. Несмотря на достаточную изученность сукцессионной динамики видового богатства и обилия птиц в Европе, закономерности трансформации трофической структуры в ходе восстановления исследованы фрагментарно. Особый научный интерес представляют гемибореальные леса, произрастающие в условиях экотона.

Юго-западная Беларусь является репрезентативным регионом для изучения гемибореальных комплексов, однако до настоящего времени данная территория не охвачена детальными исследованиями трофической структуры сообществ птиц в контексте восстановительных сукцессий дубовых лесов.

Цель работы – установление трофической структуры орнитокомплексов дубрав в процессе демутационной сукцессии в юго-западной Беларуси. Полученные результаты позволят уточнить подходы к сохранению функционального разнообразия орнитофауны при ведении лесного хозяйства в регионе.

Материал и методы

Сбор материалов для данной работы проводился в 1995–2017 гг. в юго-западной Беларуси (Брестский, Ивацевичский и Лунинецкий лесхозы [6]. Дубовые леса в юго-западной Беларуси имеют мозаичное распространение. Основу древостоя составляет дуб черешчатый, к которому примешиваются сосна обыкновенная, ель обыкновенная, граб обыкновенный, береза бородавчатая. Полесские дубравы отличаются значительным участием клена остролистного, липы мелколиственной, ясеня обыкновенного. Плакорные дубравы в юго-западной Беларуси представлены семью типами леса: орляковая, черничная, кисличная, снытевая, крапивная, папоротниковая и луговиковая.

В сукцессионной серии дубовых лесов нами выделено шесть стадий развития растительности после сплошной рубки: 1–3 года – травянистая растительность лугового типа (свежая лесосека); 4–9 лет – поросль кустарников, березы и осины, молодые культуры дуба; 10–20 лет – сплошные заросли кустарников, поросли и подроста; 30–50 лет – лесные культуры дуба среднего возраста; 80–100 лет – высокоствольный дубовый лес; 120–150 лет – спелый дубовый лес.

Изучение видового состава и численности птиц осуществляли методом маршрутных учетов [7; 8]. Учет птиц в экосистемах на каждой из шести стадий сукцессии проводили не менее 10 раз с 15.05 по 30.06 в ясную погоду. Места добычи корма распределяли в зависимости от яруса древостоя по семи категориям, предпочитаемые корма (основной тип питания в первой половине лета) – по шести категориям. Названия таксонов приведены в соответствии с единым глобальным таксономическим списком «AviList» [9]. Анализ данных проводили с использованием Excel (Microsoft, 2010) и языка R (R Core Team 2025) [10].

Результаты и их обсуждение

В дубовых лесах на разных стадиях демутационной сукцессии отмечено 67 видов птиц, которые относятся к 12 отрядам и 28 семействам [1]: от 10 на зарастающей вырубке до 58 видов в приспевающем и спелом лесу.

Половина от общего количества видов (34), которые попали в учеты в дубовых лесах, относятся к группе птиц, добывающих корм на земле: лесной жаворонок *Lullula arborea* (14,0 – 28,6 ос./км^2), лесной конек *Anthus trivialis* (20,0 – 42,5 ос./км^2), обыкновенная овсянка *Emberiza citrinella* (10,0 – 28,5 ос./км^2), зарянка *Erithacus rubecula* (5,4 – 46,9 ос./км^2), черный дрозд *Turdus merula* (3,5 – 31,7 ос./км^2), певчий дрозд *Turdus philomelos* (4,5 – 45,7 ос./км^2), зяблик *Fringilla coelebs* (34,1 – 275,0 ос./км^2), сойка *Garrulus glandarius* (7,7 – 12,8 ос./км^2), зеленый дятел *Picus viridis* (1,2 – 1,5 ос./км^2), перепел *Coturnix coturnix* (1,4–5,0 ос./км^2), серая куропатка *Perdix perdix* (1,3 – 3,3 ос./км^2) и др. На зарастающих вырубках наземную кормежку использует большинство видов (66,7 – 90,0 % видового состава, 78,2 – 90,9 % суммарного обилия, 86,8 – 96,4 % суммарной биомассы), на четвертой – шестой стадиях их доля значительно уменьшается и составляет 35,3 – 41,4 % видов, 50,5 – 55,6 % общего обилия и 66,7 – 76,6 % общей биомассы (таблица, рисунок 1).

Таблица – Распределение птиц дубовых лесов по гильдиям и ярусам кормодобывания в ходе сукцессии (обилие, ос./км^2)

Ярус сбора корма	**Возраст сукцессии, лет**					
	1–3	**4–9**	**10–20**	**30–50**	**80–100**	**120–150**
	QO1	**QO2**	**QO3**	**QO4**	**QO5**	**QO6**
воздух	0	0	0	0	10,2	12,6
стволы	0	0	0	20,8	58,0	78,4
кроны	0	5,3	13,5	69,7	154,2	176,6
кроны, кустарники	0	0	39,2	117,0	236,6	254,0
кустарники	14,0	38,2	31,7	8,4	12,7	16,2
земля, кроны	0	0	0	7,7	17,6	20,8
земля	139,2	156,4	119,6	280,4	501,6	570,3
Состав кормов (май – первая половина лета)	**1–3**	**4–9**	**10–20**	**30–50**	**80–100**	**120–150**
беспозвоночные	83,7	149,8	173,1	471,9	919	1041,1
животные корма	0	0	0	0	4,2	5,6
позвоночные	0	0	0	0	6,6	8,4
семена и сочные плоды	0	0	0	2,9	9,2	12,1
беспозвоночные, вегетативные части растений	0	0	0	0	2,8	3,7
беспозвоночные, семена и сочные плоды	69,5	50,1	30,9	29,2	49,1	58,0
Количество видов	10	18	20	34	58	58
Суммарное обилие, ос./км^2	153,2	199,9	204,0	504,0	990,9	1128,9
Суммарная биомасса, кг/км^2	5,85	5,52	4,65	16,05	55,91	67,36

Кустарники и кроны деревьев используют для добычи корма 12 видов птиц: пеночка-трещотка *Phylloscopus sibilatrix* (10,2 – 74,0 ос./км^2), пеночка-теньковка *Ph. collybita* (8,3 – 63,3 ос./км^2), пеночка-весничка *Ph. trochilus* (11,5 – 69,4 ос./км^2), большая синица *Parus major* (9,2 – 24,9 ос./км^2), серая славка *Curruca communis* (5,0 – 11,1 ос./км^2), луговой чекан *Saxicola rubetra* (3,0 – 8,0 ос./км^2) и др.

К группе кронников также относятся 12 видов: серая мухоловка *Muscicapa striata* (11,3 – 33,6 ос./км^2), мухоловка-пеструшка *Ficedula hypoleuca* (15,0 – 38,2 ос./км^2),

черноголовая славка *Sylvia atricapilla* (5,1 – 33,5 ос./км^2), обыкновенная иволга *Oriolus oriolus* (12,4 – 28,0 ос./км^2) и др. В сумме на долю видов, которые добывают корм в кронах деревьев и кустарников, приходится 10,0 – 52,9 % видов, 9,1 – 41,3 % суммарного обилия и 3,6 – 26,3 % суммарной биомассы (таблица, рисунок 1), при этом максимальные показатели наблюдаются на третьей стадии сукцессии.

Восемь видов птиц находят корм в ходе обследования стволов деревьев с использованием когтелазания, – это дятлы (пестрый *Dendrocopos major* (10,9 – 25,0 ос./км^2), средний *Dendrocopos medius* седой *Picus canus* (1,8 – 2,5 ос./км^2), белоспинный *Dendrocopos leucotos* (1,9 – 2,2 ос./км^2), вертишейка *Jynx torquilla* (3,9 – 4,8 ос./км^2) и желна *Dryocopus martius* (1,3 – 1,7 ос./км^2)), а также обыкновенная пищуха *Certhia familiaris* (6,3 – 15,8 ос./км^2) и обыкновенный поползень *Sitta europaea* (3,6 – 10,4 ос./км^2).

Эта группа представлена на третьей – шестой стадиях сукцессии: 8,8 – 13,8 % видов, 4,1 – 6,9 % суммарного обилия и 6,2 – 6,7 % суммарной биомассы (таблица, рисунок 1). В воздухе добывает корм черный стриж *Apus apus* (10,2 – 12,6 ос./км^2).

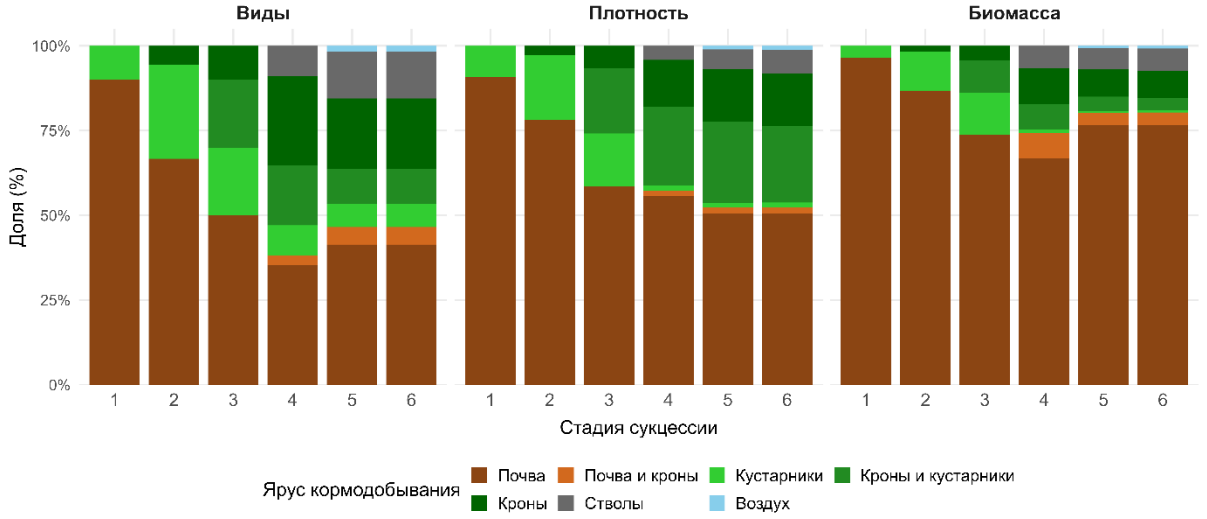


Рисунок 1 – Структура орнитокомплексов дубовых лесов на разных стадиях сукцессии по ярусам кормодобывания (1–6 – стадии сукцессии)

В период гнездования (май – первая половина лета) основу кормового рациона большинства видов орнитокомплексов дубовых лесов составляют беспозвоночные животные, преимущественно насекомые. Доля данной гильдии варьирует в пределах 50,0 – 88,2 % видов, 54,6 – 93,6 % суммарного обилия и 30,9 – 80,4 % суммарной биомассы (таблица, рисунок 2). Для представителей этой трофической группы характерен полиморфизм стратегий фуражирования: здесь присутствуют истинные собиратели (зяблик, славки), собиратели-извлекатели (синицы), специализированные собиратели (зарянка), подстерегатели (мухоловки), преследователи (пеночки) и др.

На ранних сукцессионных стадиях (зарастающие вырубки) второй по значимости трофической группой являются виды со смешанным типом питания (фитоэнтомофаги): лесной и полевой жаворонки, коноплянка *Linaria cannabina*, перепел, серая куропатка, коростель *Crex crex*. Их вклад в суммарные показатели составляет: 33,3 – 50,0 % видов, 25,1 – 45,4 % суммарного обилия и 37,1 – 60,1 % суммарной биомассы. По мере формирования приспевающих и спелых древостоев участие данной гильдии достоверно снижается, доля в суммарных показателях сообществ птиц на двух последних стадиях сукцессии составляет 10,3 % видов, 5,3 – 5,4 % обилия и 13,8 – 14,5 % биомассы.

Основу рациона черного *Ciconia nigra* и белого аистов *Ciconia ciconia*, тетеревятника *Astur gentilis* и серой неясыти *Strix aluco* составляют позвоночные животные. Рацион ворона *Corvus corax* и обыкновенного канюка *Buteo buteo* помимо позвоночных животных включает и беспозвоночных. На двух последних стадиях сукцессии на эти две гильдии приходится 10,3 % видового состава и 32,5 – 35,4 % суммарной биомассы, при этом их вклад в суммарное обилие незначителен (около 1 %).

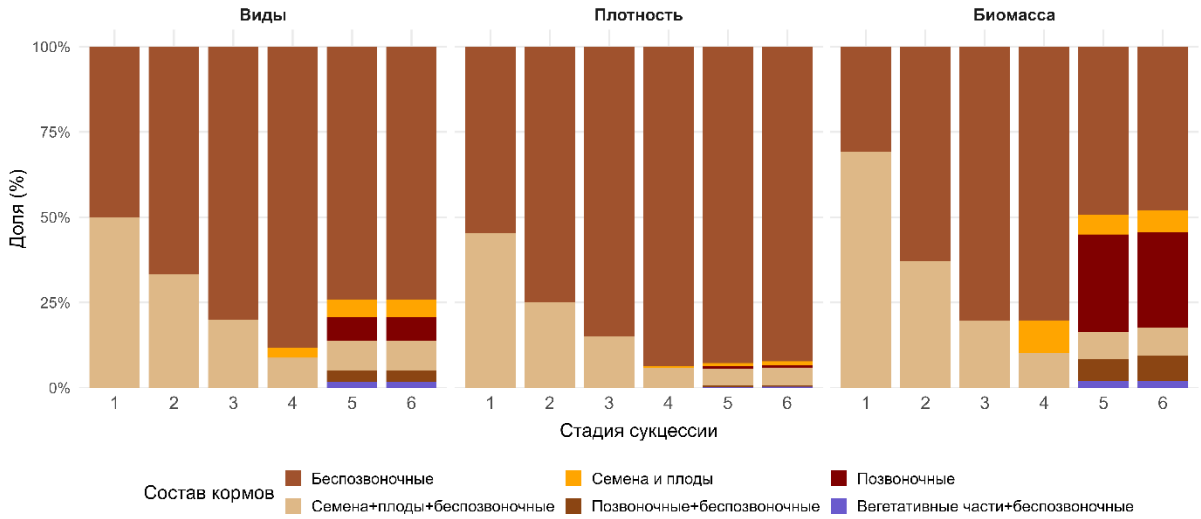


Рисунок 2 – Трофическая структура орнитокомплексов дубовых лесов на разных стадиях сукцессии (1–6 – стадии сукцессии)

Кластерный анализ с использованием индекса Мориситы – Хорна (рисунок 3) выявил разделение сукцессионного ряда на два кластера: ранние постлесосечные стадии (1–9 лет) и сформированные лесные сообщества (30–150 лет), что свидетельтсвует о кардинальной перестройке трофической структуры в процессе формирования дубовых лесов.

При этом анализ по гильдиям выявляет еще более резкое обособление первой стадии (свежей лесосеки), структура сообщества птиц на которой отличается от всех последующих этапов по спектру используемых кормов, тогда как по ярусам кормодобывания первая и вторая стадии сукцессии образуют единый кластер с высоким уровнем сходства. Пятая и шестая стадии (приспевающие и спелые леса) в обоих случаях характеризуются максимальным сходством, что указывает на стабилизацию трофической структуры орнитокомплексов с достижением климаксного состояния.

Сравнение дендрограмм показывает, что распределение птиц по ярусам кормодобывания претерпевает более резкие изменения между стадиями, тогда как структура сообществ птиц по кормовым объектам изменяется плавно.

Полученные данные подтверждают, что формирование ярусности древостоя по мере роста основной лесообразующей породы является ключевым фактором, определяющим трансформацию трофической структуры орнитокомплексов в ходе сукцессии дубрав.

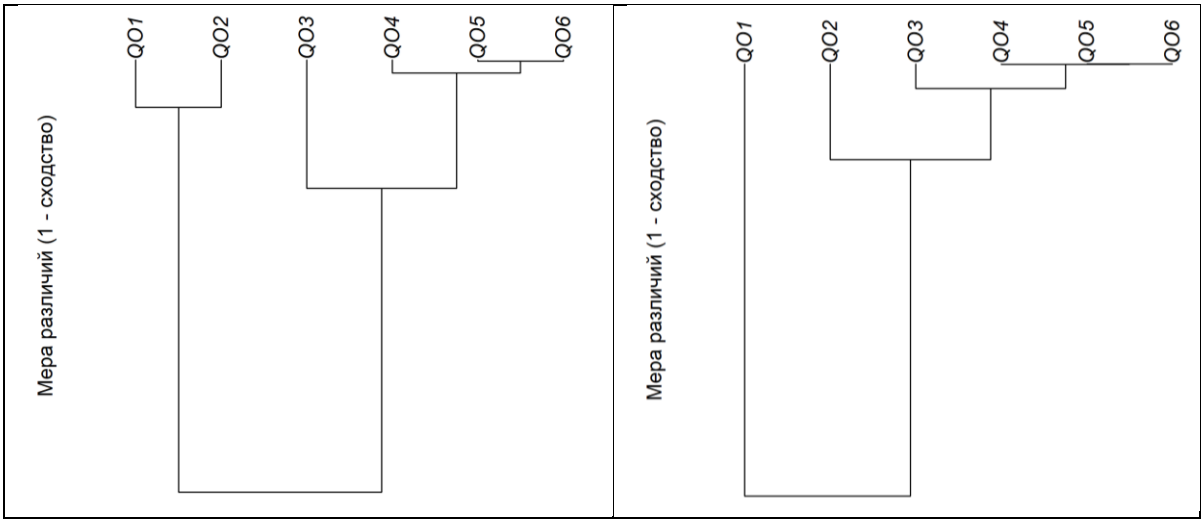


Рисунок 3 – Дендрограмма сходства трофической структуры орнитокомплексов дубовых лесов на основе евклидовых дистанций между обилием экологических групп (метод невзвешенного попарного среднего UPGMA), слева – ярусы кормодобывания, справа – кормовые объекты QO1–QO6 – стадии сукцессии

Между трофической структурой и распределением по ярусам кормодобывания выявлена сильная положительная корреляция (тест Мантеля: r = 0,825, p = 0,003), таким образом, трофическая структура орнитокомплексов является надежным индикатором сукцессионного состояния экосистемы, и ее можно использовать для мониторинга и оценки динамики лесных сообществ.

Заключение

Проведенное исследование подтверждает гипотезу о том, что структурные параметры древостоя выступают ключевыми драйверами трансформации трофической структуры орнитокомплексов в ходе восстановительной сукцессии.

В экосистемах сукцессионного ряда дубовых лесов зарегистрировано 67 видов птиц. Наблюдается достоверное увеличение видового разнообразия от ранних стадий (10 видов на свежих вырубках) к климаксным сообществам (58 видов в спелых дубравах). Суммарное обилие птиц возрастает более чем в 7 раз (с 153,2 до 1128,9 ос./км²), а биомасса – более чем в 11 раз (с 5,85 до 67,36 кг/км²), что отражает повышение трофической емкости местообитаний по мере формирования многоярусного древостоя и увеличения пространственной гетерогенности.

Характерной чертой ранних стадий сукцессии (1–9 лет) является доминирование фитоэнтомофагов и энтомофагов, использующих наземную кормежку (78,2 – 90,9 % суммарного обилия), что отражает приуроченность этих групп к открытым местообитаниям с развитым травяно-кустарничковым ярусом. По мере увеличения возраста основной лесообразующей породы, сопровождающегося развитием подлеска и увеличением степени сомкнутости крон, возрастает доля видов, добывающих корм в кронах деревьев и кустарников, а также на стволах. Максимальное разнообразие трофических гильдий фиксируется начиная со стадии средневозрастных (30–50 лет) насаждений.

В период гнездования основу рациона орнитокомплексов всех стадий составляют беспозвоночные (54,6 – 93,6 % суммарного обилия). Однако на ранних сукцессионных этапах высока доля фитоэнтомофагов со смешанным типом питания (до 60,1 % суммарной биомассы), тогда как в зрелых лесах возрастает роль специализированных энтомофагов и – в меньшей степени – хищных птиц, питающихся позвоночными. Последние,

при низкой численности (около 1 % суммарного обилия), вносят существенный вклад в суммарную биомассу (32,5 – 35,4 %).

Многомерный анализ выявил четкое разделение орнитокомплексов на две функциональные группы: сообщества ранних постлесосечных стадий (1–9 лет) и сформированные лесные биоценозы (30–150 лет). При этом распределение птиц по ярусам кормодобывания демонстрирует более резкие изменения между стадиями, нежели структура по кормвым объектам, что указывает на приоритетное влияние вертикальной структуры растительности на организацию трофических связей.

Установлена сильная положительная корреляция между трофической структурой и распределением птиц по ярусам кормодобывания (тест Мантеля: $r = 0{,}825$, $p = 0{,}003$). Это позволяет рекомендовать показатели трофической организации орнитокомплексов в качестве надежного инструмента для мониторинга сукцессионного состояния лесных экосистем и оценки эффективности лесовосстановительных мероприятий.

Полученные результаты обосновывают необходимость сохранения структурной неоднородности дубрав (наличие фаутных деревьев, развитого подлеска, мозаичности полога) для поддержания функционального разнообразия орнитофауны. При ведении лесного хозяйства в юго-западной Беларуси целесообразно применять дифференцированные подходы к рубкам и лесовосстановлению, учитывающие потребности различных трофических гильдий птиц на разных этапах сукцессии.

Дальнейшее изучение может быть направлено на сравнительный анализ трофической структуры орнитокомплексов дубрав и других типов гемибореальных лесов, а также на оценку влияния климатических изменений на сукцессионную динамику функционального разнообразия птиц в регионе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Convergence in foraging guild structure of forest breeding bird assemblages across three continents is related to habitat structure and foraging opportunities / M. Korňan, R. Holmes, H. Recher [et al.] // Community Ecology. – 2013. – Vol. 14. – P. 89–100. – Doi: 10.1556/comec.14.2013.1.10.

2. Mendoza, M. Biogeography of bird and mammal trophic structures / M. Mendoza, M. B. Araujo // Ecography. – 2022. – e06289. – Doi: 10.1111/ecog.06289.

3. Tall, large-diameter trees and dense shrub layer as key determinants of the abundance and composition of bird communities in oak-dominated forests / M. Komlós, Z. Botta-Dukát, J. Bölöni [et al.] // Journal of Forestry Research. – 2024. – Vol. 35. – Art. nr 62. – Doi: 10.1007/s11676-024-01714-w.

4. Hanle, J. Legacy forest structure increases bird diversity and abundance in aging young forests / J. Hanle, M. C. Duguid, M. S. Ashton // Ecology and Evolution. – 2020. – Vol. 10. – P. 1193–1208. – Doi: 10.1002/ece3.5967.

5. Salas Correa, Á. D. Relationships between bird diversity and vegetation structure in four secondary forest successional stages, Antioquia, Colombia / Á. D. Salas Correa, N. J. Mancera Rodríguez // Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica. – 2018. – Vol. 21. – P. 519–529. – Doi: 10.31910/rudca.v21.n2.2018.970.

6. Абрамова, И. В. Динамика обилия видов птиц в ходе сукцессии дубовых лесов юго-западной Беларуси / И. В. Абрамова // Зоологический журнал. – 2022. – Т. 101, № 11. – С. 1232–1242. – DOI: 10.31857/S0044513422110034.

7. Бибби, К. Методы полевых экспедиционных исследований. Исследования и учеты птиц / К. Бибби, М. Джонс, С. Мардсен. – М. : Союз охраны птиц, 2000. – 186 с.

8. Равкин, Ю. С. К методике учета птиц лесных ландшафтов / Ю. С. Равкин // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. – Новосибирск, 1967. – С. 66–75.

9. AviList Core Team. 2025. AviList : The Global Avian Checklist, v2025 : [сайт]. – 2025. – URL: https://doi.org/10.2173/avilist.v2025 (дата обращения: 15.01.2026).

10. The R Project for Statistical Computing v2025 : [сайт]. – 2025. – URL: https://www.r-project.org/ (дата обращения: 15.01.2026).

REFERENCES

1. Convergence in foraging guild structure of forest breeding bird assemblages across three continents is related to habitat structure and foraging opportunities / M. Korňan, R. Holmes, H. Recher [et al.] // Community Ecology. – 2013. – Vol. 14. – P. 89–100. – Doi: 10.1556/comec.14.2013.1.10.

2. Mendoza, M. Biogeography of bird and mammal trophic structures / M. Mendoza, M. B. Araujo // Ecography. – 2022. – e06289. – Doi: 10.1111/ecog.06289.

3. Tall, large-diameter trees and dense shrub layer as key determinants of the abundance and composition of bird communities in oak-dominated forests / M. Komlós, Z. Botta-Dukát, J. Bölöni [et al.] // Journal of Forestry Research. – 2024. – Vol. 35. – Art. nr 62. – Doi: 10.1007/s11676-024-01714-w.

4. Hanle, J. Legacy forest structure increases bird diversity and abundance in aging young forests / J. Hanle, M. C. Duguid, M. S. Ashton // Ecology and Evolution. – 2020. – Vol. 10. – P. 1193–1208. – Doi: 10.1002/ece3.5967.

5. Salas Correa, Á. D. Relationships between bird diversity and vegetation structure in four secondary forest successional stages, Antioquia, Colombia / Á. D. Salas Correa, N. J. Mancera Rodríguez // Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica. – 2018. – Vol. 21. – P. 519–529. – Doi: 10.31910/rudca.v21.n2.2018.970.

6. Abramova, I. V. Dinamika obiliya vidov ptits v khode suktsessii dubovykh lesov yugo-zapadnoy Belarusi / I. V. Abramova // Zoologicheskiy zhurnal. – 2022. – T. 101, № 11. – S. 1232–1242. – DOI: 10.31857/S0044513422110034.

7. Bibbi, K. Metody polevykh ekspeditsionnykh issledovaniy. Issledovaniya i uchety ptits / K. Bibbi, M. Dzhons, S. Mardsen. – M. : Soyuz okhrany ptits, 2000. – 186 s.

8. Ravkin, Yu. S. K metodike ucheta ptits lesnykh landshaftov / Yu. S. Ravkin // Priroda ochagov kleshchevogo entsefalita na Altae. – Novosibirsk, 1967. – S. 66–75.

9. AviList Core Team. 2025. AviList : The Global Avian Checklist, v2025 : [sait]. – 2025. – URL: https://doi.org/10.2173/avilist.v2025 (data obrashcheniya: 15.01.2026).

10. The R Project for Statistical Computing v2025 : [sait]. – 2025. – URL: https://www.r-project.org/ (data obrashcheniya: 15.01.2026).

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 14.04.2026

УДК 577.13:581.14:633.2 DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-13-22

Наталья Юрьевна Колбас[1], Алёна Владимировна Василевская[2]
[1]канд. биол. наук, доц., доц. каф. биологических и химических технологий
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина,
ст. науч. сотрудник Полесского аграрно-экологического института
Национальной академии наук Беларуси
[2]преподаватель каф. биологических и химических технологий
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
Natallia Kolbas[1], Aliona Vasileuskaya[2]
[1]Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Biological and Chemical Technologies
of Brest State A. S. Pushkin University,
Senior Researcher of the Polesie Agrarian Ecological Institute
of National Academy of Sciences of Belarus
[2]Lecturer of the Department of Biological and Chemical Technologies
of Brest State A. S. Pushkin University
e-mail: [1]n.kolbas@gmail.com; [2]alyonakhovrekova@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ЭПИКАСТАСТЕРОНА И ЕГО КОНЪЮГАТОВ С КИСЛОТАМИ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ *Silphium Perfoliatum* L.

Изучено влияние трех брассиностероидов: 24-эпикастастерона (ЭК), 2-моносалицилата 24-эпикастастерона (S23) и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона (S31) на всхожесть, энергию прорастания семян, а также на начальные этапы роста, содержание фотосинтетических пигментов и белка в растениях сильфии пронзённолистной (Silphium perfoliatum) сорта Первый Белорусский. Установлено, что обработка семян 10^{-10} М растворами ЭК и S31 повышает лабораторную всхожесть (до 78,7 %), снижает число слабых и непроросших, стимулирует рост корневой системы и увеличивает массу проростков. Предпосевное замачивание семян сильфии в 10^{-10} М S23 способствует накоплению фотосинтетических пигментов (до 27 %), а в 10^{-10} М S31 – повышает содержание белка (на 13,0 %).

Ключевые слова: *24-эпикастастерон, всхожесть, конъюгаты 24-эпикастастерона с кислотами, каротиноиды, росторегулирующая активность, сильфия пронзеннолистная, содержание белка, хлорофилл, энергия прорастания.*

The Effect of Epicasterone and its Conjugates with Acids Morphometric and Physiological-biochemical Parameters of Silphium Perfoliatum L.

The effect of three brassinosteroids, 24-epicastasterone (EC), 2-monosalicylate of 24-epicastasterone (S23), and tetraindolyl acetate of 24-epicastasterone (S31), on seed germination, germination energy, as well as on the initial stages of growth, the content of photosynthetic pigments and protein in Silphium perfoliatum plants of the Pervy Belorussky variety was studied. It was found that seed treatment with 10^{-10} M solutions of EC and S31 increased laboratory germination (up to 78,7 %), reduced the number of weak and non-germinated seeds, stimulated root growth, and increased seedling weight. Pre-sowing soaking of silphium seeds in 10^{-10} M S23 promotes the accumulation of photosynthetic pigments (up to 27 %), and in 10^{-10} M S31 increases the protein content (13,0 %).

Key words: *24-epicastasterone, germination, 24-epicastasterone conjugates with acids, carotenoids, growth-regulating activity, Silphium perfoliatum, protein content, chlorophyll, germination energy.*

Введение

Род *Silphium* относится к семейству Астровые (*Asteraceae* Bercht. & J. Presl), или Сложноцветные (*Compositeae* Giseke), и включает более 30 видов, представленных травянистыми формами. Среди них сильфия пронзённолистная (*Silphium perfoliatum* L.) – относительно новая для Республики Беларусь кормовая многолетняя культура, обладающая высокой хозяйственной ценностью. В настоящее время в Брестской области пло-

щади, занятые под выращивание сильфии, занимают более 40 га в хозяйствах Малоритского, Каменецкого, Пинского, Ивановского, Дрогичинского, Жабинковского районов [1].

Сильфия характеризуется высокой экологической пластичностью и долголетием (до 15 и более лет произрастания на одном месте), является одной из самых урожайных кормовых культур по биомассе. Так, в зонах с выпадением осадков до 500 мм сильфия способна давать урожай зеленой массы и более 1500–1600 ц/га [1; 2].

Отличительной особенностью этой культуры является достаточно высокое содержание в зеленой массе протеина. По данным В. А. Емелина [2], зеленая масса сильфии пронзённолистной имеет следующие показатели химического состава: содержание общей влаги – 87,11 %, сырого протеина – 2,03 %, сырой золы – 1,7 %, сырой клетчатки – 3,0 %, сырого жира – 0,4 %. В 1 кг корма каротина – 23,57 мг, кормовых единиц – 0,12, обменной энергии – 1,41 МДж. Полученные данные этого же образца, но в пересчете на сухое вещество составили: сырого протеина – 15,6 %, сырой золы – 13,08 %, сырой клетчатки – 23,1 %, сырого жира – 3,1 %. В 1 кг корма каротина – 181,3 мг, кормовых единиц – 0,96, обменной энергии – 10,86 МДж. Сухое вещество сильфии пронзённолистной содержит оптимальное количество сырого протеина (15,6 %) и сырого жира (3,1 %). Содержание сырой клетчатки составляет 23,1 %. В зеленой массе сильфии обнаружено в свободном состоянии 17 аминокислот: цистин, лизин, гистидин, аргинин, глицин, серин, аспарагиновая кислота, глютаминовая кислота, треонин, аланин, пролин, тирозин, метионин, валин, фенилаланин, лейцин, триптофан. Стоит отметить, что в 100 г протеина содержится 48,8 % незаменимых аминокислот и 51,2 % заменимых [3].

Сильфия пронзённолистная размножается семенами, рассадой и отрезками корневищ. При этом посев семенами имеет свои особенности, т. к. значительная их часть после созревания сразу не всхожи из-за состояния глубокого покоя, причины которого пока еще не изучены. При холодной стратификации всхожесть семян уже в течение месяца увеличивается вдвое. Семена имеют не только плохую всхожесть, но и растянутый период прорастания. Всходы растут медленно, и заметный прирост наступает во второй половине вегетации [1–3].

Таким образом, для большей эффективности выращивания сильфии необходимо изучить способы повышения всхожести семян и снижения сроков их прорастания, а также приемы увеличения скорости роста растений на начальных этапах вегетации. Одним из мероприятий, решающих вышеописанные задачи, является использование стимуляторов роста и развития растений.

Брассиностероиды (БС) – уникальные растительные стероидные гормоны, имеющие структурное сходство с животными стероидами. Результаты опубликованных исследований свидетельствуют о положительном эффекте этих фитогормонов при предпосевной обработке (замачивании) семян на их всхожесть и энергию прорастания [6].

Ранее были получены результаты оценки действия натурального брассинолида на всхожесть и срок прорастания семян пяти кормовых культур, в том числе, сильфии пронзённолистной: после обработки семян раствором натурального брассинолида в концентрации 0,4 мг/л всхожесть семян увеличилась на 26,7 %, а средняя продолжительность прорастания семян сократилась на 1,2 дня, также отмечается удлинение корешка и гипокотиля [7].

Однако выделение натурального брассинолида является очень сложным технологическим процессом, поэтому целью нашего исследования является изучение влияния структурного аналога – 24-эпикастастерона (ЭК) и его конъюгатов с кислотами – на морфометрические и физиолого-биохимические параметры *S. perfoliatum* сорта Первый Белорусский.

Материалы и методы

Первый этап лабораторного эксперимента по оценке влияния ЭК и его конъюгатов с кислотами на основные показатели, характеризующие начальные этапы роста и развития сельскохозяйственных культур, проводился по стандартной методике проращивания в соответствии с ГОСТом 12038–84) [4]. Семена сильфии замачивали 5 ч в растворах трех брассиностероидов: ЭК, 2-моносалицилата 24-эпикастастерона (S23) и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона (S31) в широком спектре концентраций (от 10^{-7} до 10^{-11} моль/л). В качестве контроля использовалась дистиллированная вода. Определяли энергию прорастания, всхожесть, высоту проростков, длину корней, а также массу этих органов. Для сильфии пронзённолистной, учитывая весь пул данных о длине корня и побега, сильными считали проростки с длиной корня и длиной побега более 20 мм. В структуре сильных проростков выделили проростки с баллами 3, 4 и 5 (таблица 1).

Таблица 1 – Критерии оценки длины сильных проростков сильфии пронзённолистной, мм [5]

Балл 3		Балл 4		Балл 5	
корень	побег	корень	побег	корень	побег
20–40	20–40	41–70	41–50	более 70	более 50

Все опыты выполнены в четырехкратной повторности.

Второй блок исследований посвящен влиянию ЭК и его конъюгатов с кислотами на всхожесть, морфометрические (длина и масса корня и побега) и физиолого-биохимические (содержание фотосинтетических пигментов и белка) параметры растений сильфии, выращенных в контролируемых условиях. В вегетационном опыте для предпосевной обработки семян была использована наиболее эффективная концентрация ЭК, его конъюгатов (S23 и S31) – 10^{-10} М. Растения выращивали в пластиковых контейнерах объемом 0,81 л на универсальном почвогрунте («Хозяин», Карио, Республика Беларусь; азот общий – 5795 мг/кг, калий общий – 3223 мг/кг, фосфор общий – 1838 мг/кг, Cu – 6,15 мкг/кг, Zn – 24 мкг/кг) в лабораторных условиях при постоянной влажности почвы. Вегетационные емкости перемещали ежедневно по схеме, обеспечивающей однородные условия роста и развития растений.

Экстракцию фотосинтетических пигментов проводили с использованием 100 %-ного ацетона. Содержание определяли спектрофотометрически (МС 122, СООО «Проскан специальные инструменты», Республика Беларусь), согласно методике [8] при λ = 662, 644 и 440,5 нм. Содержание хлорофиллов *a, b* и каротиноидов выражали в пересчете на грамм сырой массы согласно формуле: $A = V \cdot C / 1000 \cdot P$, где C – концентрация пигментов по Wettstein [8], мг/л; V – объем вытяжки, мл; P – навеска растительного материала, г.

Белки из растительного материала экстрагировали фосфатным буферным раствором (pH = 8). Содержание белка определяли спектрофотометрически по методу Лоури с реактивом Фолина при длине волны 750 нм [9].

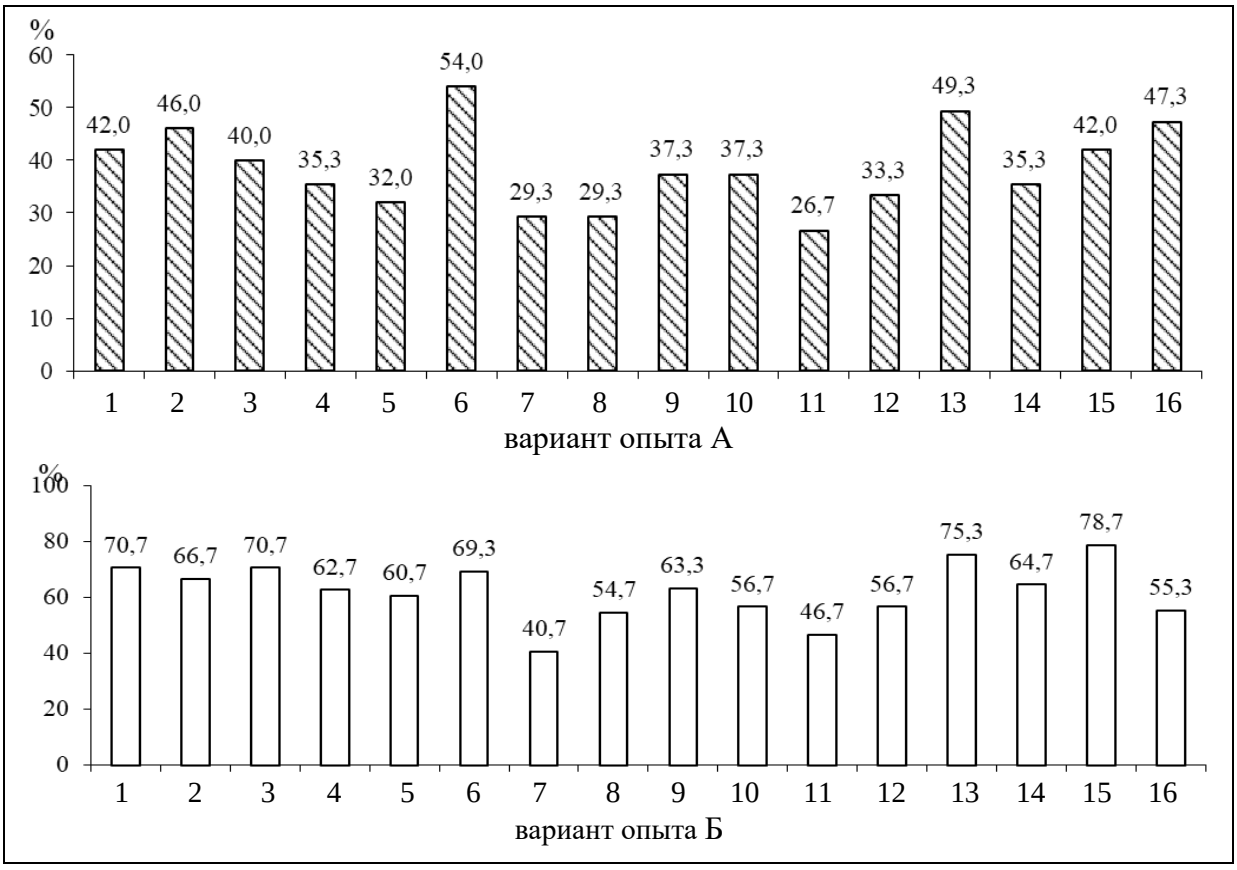
Все опыты выполнены в трехкратной повторности. Статистический анализ был проведен с использованием программы Microsoft Excel и t-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Энергия прорастания семенами сильфии пронзённолистной в контроле лабораторного эксперимента составила 42 %, при обработке ЭК варьировала от 32 до 54 %, при обработке S23 – от 26,7 до 37,3 %, при обработке S31 – от 33,3 до 49,3 %. Наилучший эффект выявлен при обработке ЭК в концентрации 10^{-7} М (рисунок 1-А).

Лабораторная всхожесть в контроле составила 70,7 %, при обработке ЭК варьировала от 60,7 до 70,7 %. При обработке S23 значение параметра было значительно ниже

и варьировало от 40,7 до 63,3 %. При обработке S31 значение параметра было выше и колебалось от 55,3 до 78,7 %. Наилучший эффект выявлен при обработке S31 в концентрациях 10^{-10} М и 10^{-8} М (рисунок 1-Б).



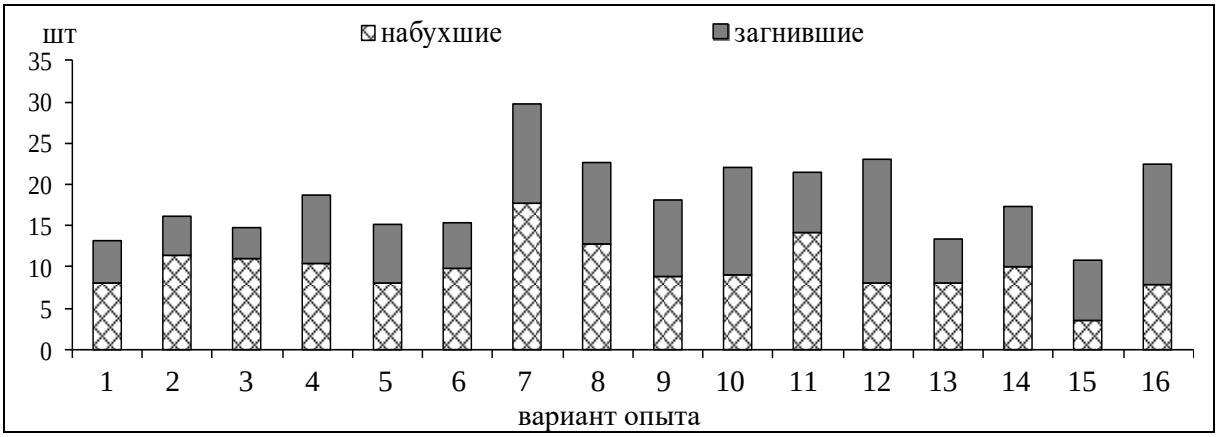
1 – контроль, 2–6 – ЭК в концентрациях 10^{-11} – 10^{-7} М,
7–11 – S23 в концентрациях 10^{-11} – 10^{-7} М, 12–16 – S31 в концентрациях 10^{-11} – 10^{-7} М

Рисунок 1 – Энергия прорастания (А) и лабораторная всхожесть (Б) семян сильфии пронзённолистной сорта Первый Белорусский при обработке брассиностероидами

На 10-е сутки число загнивших семян варьировало от 2 до 10 шт. При обработке 10^{-10} М и 10^{-7} М растворами ЭК и 10^{-11} М и 10^{-7} М S31 их количество достоверно снижалось по сравнению с контролем. Согласно ГОСТу 12038–84 [4] после снятия параметров загнившие семена из чашек Петри удаляли.

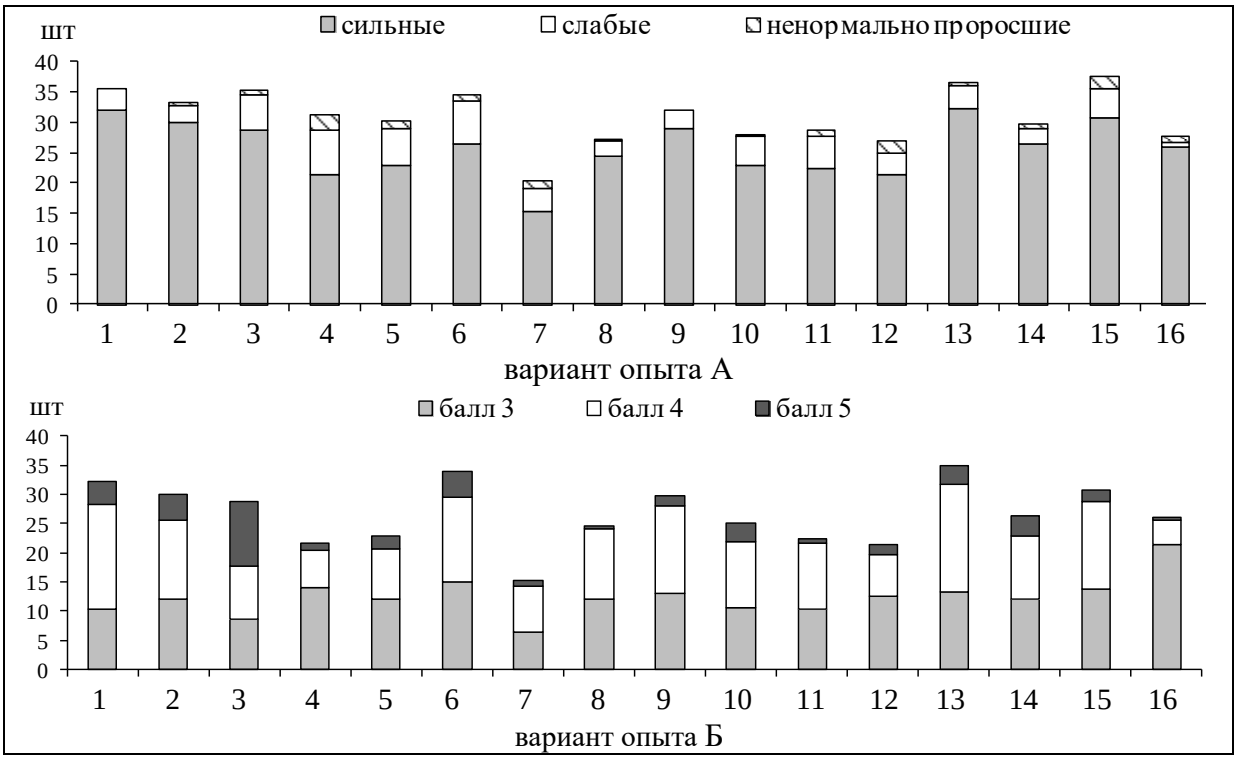
На 21-е сутки в контроле было пять загнивших семян, при обработке БС – от четырех до 15 штук (рисунок 2), при этом количество загнивших семян достоверно снижалось только при обработке 10^{-10} М и 10^{-11} М раствором ЭК.

Количественная структура проростков в контроле включала: 32 штуки – сильные, четыре штуки – слабые, ненормально проросшие отсутствовали. Число слабых проростков снижалось при обработке 10^{-11} и 10^{-7} М раствором ЭК и 10^{-10} М S31 (рисунок 3-А). В структуре сильных больше всего было проростков с баллом 3. Обработка БС не повышает количество проростков с баллом 4, при этом число проростков с баллом 5 увеличивается при обработке 10^{-10} и 10^{-7} М растворами ЭК (рисунок 3-Б).



1 – контроль, 2–6 – ЭК в концентрациях 10^{-11} – 10^{-7} М,
7–11 – S23 в концентрациях 10^{-11} – 10^{-7} М, 12–16 – S31 в концентрациях 10^{-11} – 10^{-7} М

Рисунок 2 – Структура непроросших семян сильфии пронзённолистной



1 – контроль, 2–6 – ЭК в концентрациях 10^{-11} – 10^{-7} М, 7–11 – S23 в концентрациях 10^{-11} – 10^{-7} М, 12–16 – S31 в концентрациях 10^{-11} – 10^{-7} М

Рисунок 3 – Количественная структура проростков сильфии пронзённолистной сорта Первый Белорусский при обработке брассиностероидами

При обработке ЭК средняя длина корней проростков варьировала от 45,14 до 79,01 мм, при обработке S23 – от 44,23 до 52,28 мм, S31 – от 45,08 до 61,81 мм (таблица 2). По сравнению с контролем параметр повышался при использовании ЭК (на 40,44 %) и S31 (на 9,87 %) в концентрациях 10^{-10} М.Средняя длина побегов проростков сильфии при обработке ЭК варьировала от 42,84 до 48,93 мм, при обработке S23 – от 46,32 до 49,34 мм, при обработке S31 – от 33,5 до 52,41 мм.

По сравнению с контролем параметр незначительно повышался при обработке S31 в концентрации 10^{-10} М (на 12,34 %) и достоверно снижался (на 28,8 %) при обработке этим же производным, но в концентрации 10^{-7} М (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на морфометрические параметры начальных этапов роста сильфии пронзённолистной сорта Первый Белорусский

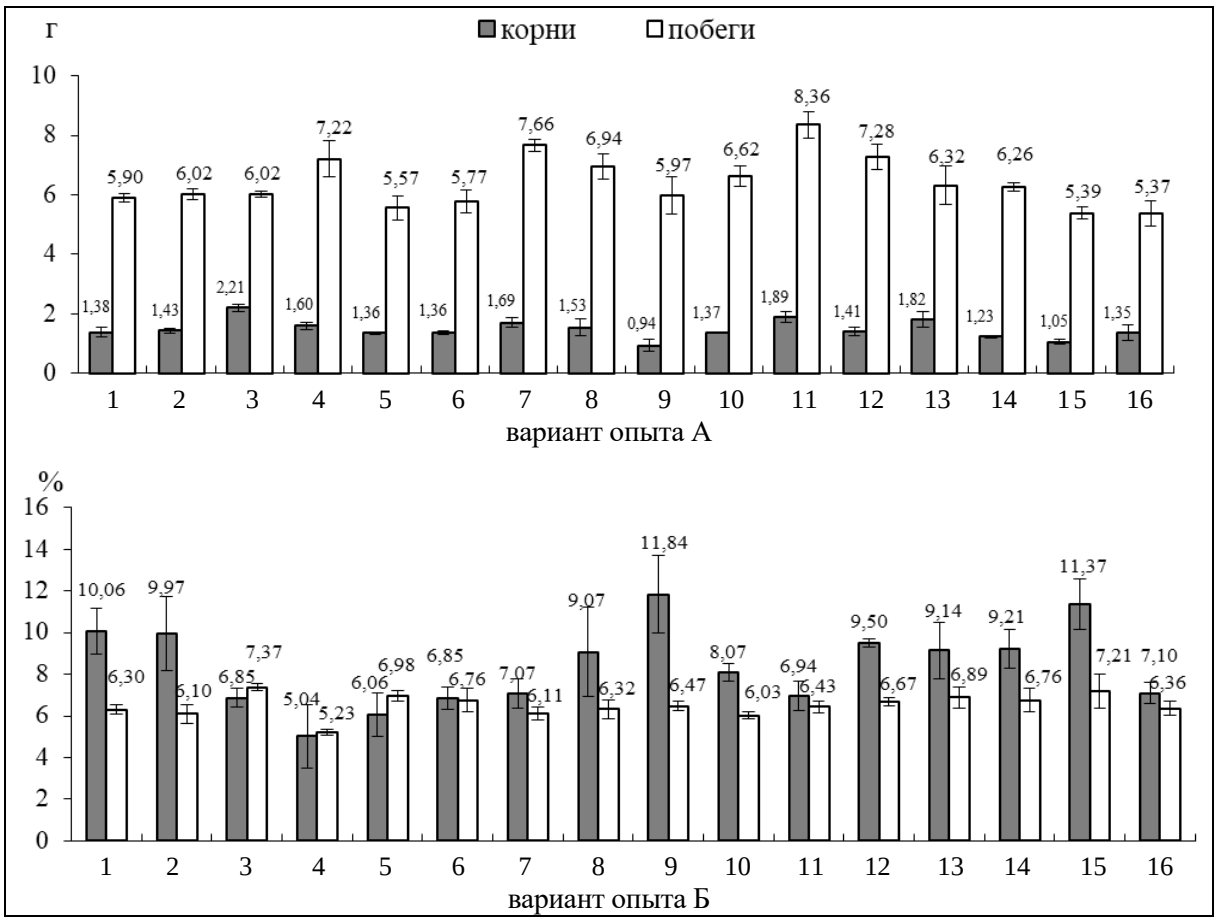
Вариант опыта	Корень		Побег	
	длина, мм	% к контролю	длина, мм	% к контролю
Контроль	56,26 ± 2,23	–	46,66 ± 0,94	100
Эпикастастерон				
10^{-11} М	55,46 ± 2,55	98,57	47,11 ± 1,27	100,97
10^{-10} М	79,01 ± 3,22**	140,44	48,93 ± 1,94	104,87
10^{-9} М	45,14 ± 2,49	80,24	47,88 ± 1,29	102,61
10^{-8} М	48,33 ± 2,22	85,91	47,19 ± 1,24	101,2
10^{-7} М	55,7 ± 4,04	99,01	42,84 ± 1,44	91,82
2-моносалицилат 24-эпикастастерона (S23)				
10^{-11} М	52,28 ± 2,37	92,93	46,32 ± 1,01	96,59
10^{-10} М	44,23 ± 2,08	78,62	49,34 ± 1,09	99,27
10^{-9} М	47,84 ± 1,98	85,03	47,19 ± 1,24	105,76
10^{-8} М	49,17 ± 2,02	87,4	47,22 ± 1,21	101,20
10^{-7} М	46,37 ± 1,99	82,43	48,90 ± 1,02	104,80
тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона (S31)				
10^{-11} М	53,36 ± 2,42	94,84	40,27 ± 1,45	86,3
10^{-10} М	61,81 ± 1,98	109,87	52,41 ± 1,2	112,34
10^{-9} М	49,81 ± 2,52	88,53	48,67 ± 1,08	104,32
10^{-8} М	55,75 ± 2,16	99,09	42,41 ± 1,26	90,91
10^{-7} М	45,08 ± 1,95	80,12	33,50 ± 1,18**	71,8

*Примечание – ** – достоверно при $P \leq 0,05$.*

В контроле средняя масса корней в пересчете на 50 проростков составила 1,38 г, содержание сухого вещества – 10,06 %. При обработке ЭК средняя масса корней варьировала от 1,36 до 2,2 г, содержание сухого вещества – от 5,04 до 9,97 %, при обработке S23 – соответственно от 0,94 до 1,89 г и от 6,94 до 11,84 %, при обработке S31 – соответственно от 1,05 до 1,82 г и от 7,1 до 11,37 % (рисунок 4). Достоверное отличие массы корней при обработке фитогормонами относительно контроля не выявлено. Содержание сухого вещества в корнях проростков сильфии может быть повышено при обработке 10^{-9} М S23 (на 17,65 % при уровне значимости $P \leq 0,01$) и 10^{-8} М S31 (на 13,02 %, при $P \leq 0,05$).

Средняя масса побегов 50 контрольных растений составила 5,9 г, содержание сухого вещества – 6,3 %. При обработке ЭК средняя масса побегов варьировала от 5,57 до 7,22 г, содержание сухого вещества – от 5,23 до 7,37 %, при обработке S23 – соответственно от 5,97 до 8,36 г и от 6,03 до 6,47 %, при обработке S31 – соответственно от 5,37 до 7,28 г и от 6,36 до 7,21 % (рисунок 4).

Масса побегов повышается при обра ботке 10^{-9} М ЭК (22,4 %, при этом содержание сухого вещества снижается на 17 %, вероятно, идет накопление воды), растворами S23 (кроме 10^{-9} М) и 10^{-11} М S31. Масса корней проростков сильфии увеличивается при обработке 10^{-10} М ЭК (59 %, при этом содержание сухого вещества снижается на 32 %, вероятно, идет накопление воды) и 10^{-11} М S23 (36 %). Достоверное повышение содержания сухого вещества в корнях относительно контроля при обработке фитогормонами не выявлено, а в побегах – при использовании 10^{-10} М ЭК (17,0 %) и 10^{-8} М ЭК (10,8 %).



1 – контроль, 2–6 – ЭК в концентрациях 10^{-11} – 10^{-7} М, 7–11 – S23 в концентрациях 10^{-11} – 10^{-7} М, 12–16 – S31 в концентрациях 10^{-11} – 10^{-7} М

Рисунок 4 – Масса (А) и содержание сухого вещества (Б) корней и побегов проростков сильфии пронзённолистной сорта Первый Белорусский при обработке брассиностероидами

В вегетационном опыте всхожесть растений сильфии в контроле составила 50,1 %, при замачивании в растворе ЭК – 62,5 %, в растворе S23 – 45 %, в растворе S31 – 67,5 %. Наилучший эффект выявлен при обработке семян сильфии раствором S31 и ЭК.

Длина корня контрольных растений в среднем составила 28,1 мм, а при обработке ЭК и его производными варьировала от 24,0 до 32,1 мм, отличия от контроля не были статистически достоверны. Однако выявлена тенденция селективного действия тестируемых веществ на рост корня сильфии: при обработке 10^{-10} М раствором S23 происходит незначительное стимулирование роста корня (на 13,9 %), при действии 10^{-10} М раствора S31 – ингибирование на 14,6 % (таблица 3).

лина стебля контрольных растений в среднем составила 57,5 мм, при обработке ЭК и его производными варьировала от 55,0 до 58,8 мм, отличия от контроля не были статистически достоверны.

Выявлено достоверное повышение (при $P \leq 0{,}01$) массы сырых корней при обработке ЭК и S31 (соответственно на 297,6 % и 361,3 % относительно контроля). Аналогичная тенденция отмечена для массы побега (таблица 3).

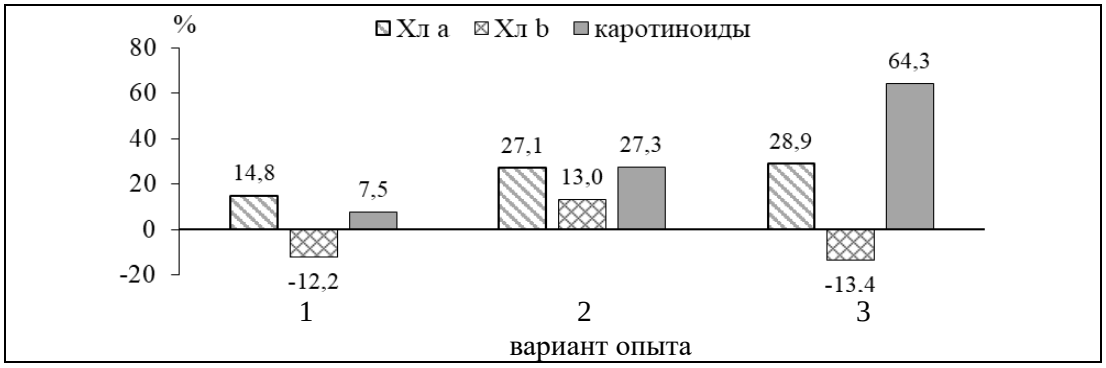
Таблица 3 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на морфометрические параметры сильфии пронзённолистной сорта Первый Белорусский (вегетационный опыт)

Вариант опыта	Корень		Побег	
	значение	% к контролю	значение	% к контролю
длина, мм				
Контроль	28,1 ± 3,16	100	57,5 ± 1,91	100
ЭК$^{-10}$ М	28,9 ± 3,37	102,6	57,2 ± 2,52	99,6
S23^{-10} М	32,1 ± 2,56	113,9	58,8 ± 3,7	102,2
S31^{-10} М	24,0 ± 1,95	85,4	55,0 ± 3,2	95,6
масса, г				
Контроль	0,28 ± 0,05	100	2,06 ± 0,19	100
ЭК$^{-10}$ М	1,31 ± 0,084***	461,3	9,64 ± 0,35***	467,7
S23^{-10} М	0,32 ± 0,03	112,5	2,18 ± 0,25	105,5
S31^{-10} М	1,13 ± 0,09***	397,6	9,77 ± 0,6***	473,7

*Примечание – *** – достоверно при $P \leq 0,01$.*

Содержание хлорофилла *a* в контроле было 2,68 мг/г и при обработке фитогормонами повышалось на 14,8 – 28,9 % (рисунок 5), содержание хлорофилла *b* в контроле было 0,43 мг/г, при обработке S23 повышалось на 13,0 %, а при действии ЭК и S31 – снижалось, соответственно, на 12,2 и 13,4 %.

Отметим, что стимулирующее действие изученных брассиностероидов по отношению к содержанию фотосинтетических пигментов сильфии снижается в последовательности S23 > S31 > ЭК (рисунок 5).



1 – ЭК в концентрации 10^{-10} М, 2 – S23 в концентрации 10^{-10} М, 3 – S31 в концентрации 10^{-10} М

Рисунок 5 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на содержание основных фотосинтетических пигментов сильфии пронзённолистной, % относительно контроля

Наиболее отзывчивым на обработку БС было содержание каротиноидов, которое варьировало от 0,14 мг/г в контроле до 0,24 при действии S31.

Содержание белка в контрольных растениях составило 8,13 мг/г, при обработке брассиностероидами варьировало от 6,93 до 9,17 мг/г (таблица 4).

Различия между контролем и опытными образцами не было достоверным. Отмечена следующая тенденция изменения параметра при обработке изученными брассиностероидами: незначительное повышение при обработке 10^{-10} М конъюгатами (на 7,34 и 12,85 %) и снижение на 14,75 % при обработке 10^{-10} М ЭК (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на содержание белка в надземных частях сильфии пронзённолистной сорта Первый Белорусский (вегетационный опыт)

Вариант опыта	Содержание белка	
	мг/г сырой массы	% к контролю
Контроль	8,13 ± 0,74	100
ЭК$^{-10}$ М	6,93 ± 0,41	85,25
S23^{-10} М	8,73 ± 0,52	107,34
S31^{-10} М	9,17 ± 0,56	112,85

Анализ данных показал, что увеличение массы растений сильфии при обработке 10^{-10} М ЭК происходило не за счет синтеза белков, а за счет других веществ, и в первую очередь углеводов, асимиляция которых обеспечивалась повышеннием содержания фотосинтетических пигментов. В случае с обработкой 10^{-10} М S31 увеличение массы растений, вероятно, происходило за счет синтеза белков.

Заключение

Для улучшения посевных качеств семян (энергия прорастания, всхожесть, снижение слабых и ненормально проросших) сильфии пронзённолистной сорта Первый Белорусский рекомендуем использовать предпосевную обработку 10^{-10} М раствором ЭК или 10^{-10} М раствором S31 (тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона). Обработка 10^{-10} М ЭК повышает длину корня проростка (в среднем на 40 %), содержание сухого вещества в побегах проростков сильфии (в среднем на 17 %), а также массу корней (в 4,6 раза) и побегов (4,7 раза) на ранних этапах вегетации.

В растениях сильфии пронзённолистной на ранних этапах вегетации может быть повышено до 27 % содержание фотосинтетических пигментов при предпосевном замачивании семян в 10^{-10} М растворе брассиностероида S23 и на 13,0 % белка при использовании 10^{-10} М S31.

Авторы выражают благодарность академику, доктору биологических наук, профессору Владимиру Александровичу Хрипачу и доктору биологических наук, профессору Раисе Павловне Литвиновской за предоставленные препараты брассиностероидов, а также кандидату сельскохозяйственных наук Марине Александровне Пастуховой за оригинальные семена сильфии пронзённолистной сорта Первый Белорусский.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шелюто, Б. В. Рост и развитие сильфии пронзённолистной в зависимости от почвенных разновидностей в условиях Брестской области / Б. В. Шелюто, М. А. Пастухова // Мелиорация. – 2019. – № 1 (87). – С. 38–42.

2. Емелин, В. А. Сильфия пронзённолистная: хозяйственная ценность, биология и технология возделывания / В. А. Емелин. – Витебск : ВГАВМ, 2011. – 36 с.

3. Пастухова, М. А. Возделывание сильфии пронзённолистной под покровом сельскохозяйственных культур / М. А. Пастухова, Б. В. Шелюто // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 83–88.

4. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – Межгосударственный стандарт : ГОСТ 12038–84. – Введ. 01.07.86. – М. : Стандартинформ, 2011. – 29 с.

5. Методика определения силы роста семян кормовых культур / В. И. Карпин [и др.]. – М. : МСХА, 2012. – 16 с.

6. Биологическая активность брассиностероидов и стероидных гликозидов / С. Э. Кароза [и др.]. – Брест : Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушикна, 2019. – 261 с.

7. Li, K. R. Effects of natural brassinolide on germination radicle and hypocotyls elongation of five herbage seeds / K. R. Li, P. Wang J., X. X. He // Agricultural Research in the Arid Areas. – 2008. – Nr 1. – P. 221–225.

8. Шульгин, И. А. Расчет содержания пигментов с помощью номограмм / И. А. Шульгин, А. А. Ничипорович // Хлорофилл : сб. науч. ст. под ред. А. А. Шлыка. – Мн. : Наука и техника, 1974. – С. 121–136.

9. Скоупс, Р. Методы очистки белков / Р. Скоупс. – М. : Мир, 1985. – 358 с.

REFERENCES

1. Sheliuto, B. V. Rost i razvitie sil’fii pronzennolistnoi v zavisimosti ot pochvennykh raznovidnostei v usloviyakh Brestskoi oblasti / B. V. Sheliuto, M. A. Pastukhova // Melioratsiya. – 2019. – № 1 (87). – S. 38–42.

2. Yemelin, V. A. Sil’fiya pronzennolistnaya: khoziaistvennaya tsennost’, biologiya i tekhnologiya vozdelyvaniya / V. A. Yemelin. – Vitebsk : VGAVM, 2011. – 36 s.

3. Pastukhova, M. A. Vozdelyvanie sil’fii pronzennolistnoi pod pokrovom sel’skohoziaistvennykh kul’tur / M. A. Pastukhova, B. V. Sheliuto // Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel’skokhoziaistvennoi akademii. – 2019. – № 2. – S. 83–88.

4. Semena sel’skohoziaistvennykh kul’tur. Metody opredeleniya vskhozhesti : GOST 12038–84. – Vved. 01.07.86. – M. : Standartinform, 2011. – 29 s.

5. Metodika opredeleniya sily rosta semian kormovykh kul’tur / V. I. Karpin [i dr.]. – M. : MSKhA, 2012. – 16 s.

6. Biologicheskaya aktivnost’ brassinosteroidov i steroidnykh glikozidov / S. Ye. Karoza [i dr.]. – Brest : Brest. gos. un-t im. A. S. Pushikna, 2019. – 261 s.

7. Li, K. R. Effects of natural brassinolide on germination radicle and hypocotyls elongation of five herbage seeds / K. R. Li, P. Wang J., X. X. He // Agricultural Research in the Arid Areas. – 2008. – Nr 1. – P. 221–225.

8. Shul’gin, I. A. Raschet soderzhaniya pigmentov s pomoshch’yu nomogram / I. A. Shul’gin, A. A. Nichiporovich // Khlorofill : sb. nauch. st. pod red. A. A. Shlyka. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1974. – S. 121–136.

9. Skoups, R. Metody ochistki belkov / R. Skoups. – M. : Mir, 1985. – 358 s.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 14.04.2026

УДК 582.282: 574.34 DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-23-31

Вячеслав Григорьевич Кравчук[1], Михаил Александрович Лукьянчик[2]
[1]зам. генерального директора Государственного природоохранного учреждения «Национальный парк "Беловежская пуща"»
[2]мл. науч. сотрудник научного отдела Государственного природоохранного учреждения «Национальный парк "Беловежская пуща"»
Vyacheslav Kravchuk[1], Mikhail Lukyanchik[2]
[1]Deputy General Director of the State Environmental Institution Belovezhskaya Pushcha National Park
[2]Junior Researcher at the Scientific Department of the State Environmental Institution Belovezhskaya Pushcha National Park
e-mail: [1]nauka@npbp.by; [2]mal.zhabin@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ *Pseudorhizina sphaerospora* В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

Изучена экология и распространение редкого аскомицета Pseudorhizina sphaerospora (Peck) Harmaja в Национальном парке «Беловежская пуща» в период 2022–2025 гг. Установлены закономерности распространения вида в условиях девственного леса. Определена зависимость данного вида от породного состава древостоя и влагообеспеченности места произрастания. Выявлены особенности фенологии и демографии Pseudorhizina sphaerospora в национальном парке. Проведена сравнительная оценка беловежской популяции с аналогичными в Европе. Оценен охранный потенциал Pseudorhizina sphaerospora, беловежская популяция которого имеет ключевое значение для сохранения генофонда вида в восточноевропейском регионе. Выявлена субстратная пластичность вида с освоением древесины лиственных пород наряду с хвойными. Установлена узкая экологическая приуроченность к пойменным и приболотным лесным комплексам, что ранее детально не описывалось. Сделан вывод, что лимитирующим фактором для вида является не столько отсутствие антропогенного влияния, сколько специфическое сочетание устойчивого запаса крупномерного валежа в условиях повышенной влажности и низких температур, которые в равнинной части Европы сохраняются только в крупных массивах девственных лесов.

Ключевые слова: *Pseudorhizina sphaerospora, распространение, субстраты, ареал, охрана, фенология, Беловежская пуща, Европа, гидрологический фактор, рефугиум.*

Ecological Features and Distribution of Pseudorhizina Sphaerospora in Belovezhskaya Pushcha National Park

The ecology and distribution of the rare ascomycete Pseudorhizina sphaerospora (Peck) Harmaja were studied in the Belovezhskaya Pushcha NP during 2022–2025. Distribution patterns of the species under primeval forest conditions were established. The dependence of the species on stand composition and site moisture availability was determined. Features of phenology and demography of Pseudorhizina sphaerospora in the National Park were revealed. A comparative assessment of the Belovezhskaya population with similar ones in Europe was conducted. The conservation potential of Pseudorhizina sphaerospora was assessed; the Belovezhskaya population plays a key role in preserving the species' gene pool in the Eastern European region. Substrate plasticity of the species was revealed, with colonization of deciduous wood alongside coniferous. A narrow ecological affinity for floodplain and swamp forest complexes was established, which has not been previously described in detail. It is concluded that the limiting factor for the species is not so much the absence of anthropogenic influence, but rather a specific combination of a stable reserve of coarse woody debris under conditions of high humidity and low temperatures, which are preserved in lowland Europe only within deep primeval forests.

Key words: *Pseudorhizina sphaerospora, distribution, substrates, range, protection, phenology, Belovezhskaya Pushcha, Europe, hydrological factor, refugium.*

Введение

Pseudorhizina sphaerospora (Peck) Harmaja (syn. *Gyromitra sphaerospora*), или строчевик круглоспоровый, – редкий весенний аскомицет, включенный в Красные книги ряда европейских стран. Плодовое тело гриба состоит из полой подушкообразной коричнево-оливковой шляпки и беловато-розовато-фиолетовой ребристой ножки. Апотеции *P. sphaerospora* достигают 200 мм в диаметре и 100 мм в высоту. Шляпка тонкая;

на ранних стадиях развития округлая или плоско-выпуклая с незначительной центральной депрессией, позже – симметрично-лопастная с волнистым гимением. В процессе онтогенеза симметрия нарушается: края апотеция приподнимаются, а выступы удлиняются, формируя сложную конфигурацию (седловидную, складчатую, широкобугорчатую или волнисто-лопастную), внешне близкую к видам родов *Gyromitra* Fr. и *Discina* (Fr.) Fr. однако (в отличие от последних) выступы остаются более округлыми и выпуклыми, никогда не приобретая выраженную мозговидную структуру. Характерной особенностью является свободный, подвернутый внутрь край шляпки, который при асимметричном росте может значительно приподниматься, обнажая ножку.

Гимениальная поверхность гладкая, вариабельна по цвету: от темно-коричневой и почти черной до светло-бежевой или палево-желтой. С возрастом наблюдается выцветание пигмента; в местах десквамации (отслоения) эпителия проступают желтовато-белые пятна. Стерильная (нижняя) поверхность ребристая, мелкозернистая, имеет сероватый, розовато-белый или кремовый оттенок. Ножка плотная, сплошная или с немногочисленными внутренними полостями; в апикальной части заметно утолщена. Поверхность характеризуется выраженной широкоребристой архитектурой, при этом острые края ребер отчетливо заходят на нижнюю сторону апотеция.

На ранних стадиях развития ножка имеет однородный беловатый или кремовый оттенок. В процессе созревания проявляется характерный диагностический признак – лиловая или розовая пигментация. Изначально локализованный в базальной части, антоциановый оттенок варьируется по интенсивности от слабовыраженного до насыщенного. У зрелых экземпляров лиловая окраска может распространяться на ¾ высоты или полностью охватывать поверхность ножки, что является ключевым морфологическим отличием от морфологически близких видов аскомицетов.

На территории Беларуси *Pseudorhizina sphaerospora* известен только по современным находкам из Беловежской пущи, без проведения систематических исследований его экологии и распространения [1]. В Центральной и Восточной Европе вид является индикатором малонарушенных лесных экосистем и нуждается в детальном изучении для разработки возможных мер охраны [11; 13].

Во всех местах произрастания *P. sphaerospora* имеет низкую численность и встречается на одних и тех же местах на протяжении многих лет, неохотно осваивая аналогичные субстраты неподалеку. Основная масса европейских находок связана с естественным смешанным лесом, состоящим из *Abies alba, Picea abies, Fagus sylvatica*, с примесью других лиственных пород, [5; 7]. Основным субстратом в данных биотопах является естественная валежная древесина *Abies alba* и *Picea abies,* а также известно несколько находок *P. sphaerospora* на *Fagus sylvatica*. Помимо естественных субстратов в странах Северной Европы, вид осваивает искусственные местообитания, такие как свалки остатков хвойной, реже – лиственной древесины, а также кучи опилок [6; 8; 10]. В Европейской же части России вид встречается в основном на лиственных субстратах.

В таком контексте территория Национального парка «Беловежская пуща» представляет большой интерес с точки зрения изучения данного вида дискомицетов благодаря нетронутости и уникальности ее природных комплексов, а также географическому расположению на стыке бореальной и европейской широколиственной зон.

Цель статьи – выявить закономерности пространственного распределения и экологические особенности *Pseudorhizina sphaerospora* в Национальном парке «Беловежская пуща».

Материалы и методы исследований

Полевые исследования проводились в весенне-летний период 2022–2025 гг. маршрутным методом в 16 лесничествах Национального парка «Беловежская пуща».

Геоботаническое описание выполнялось на пробных площадях размером 0,05 – 0,1 га, а также с использованием таксационных данных лесоустроительного проекта. Степень разложения валежной древесины оценивалась по стандартной 5-балльной шкале классификации Стороженко:

1 балл (свежевыпавший валеж, кора сохранена полностью (более 90 %), древесина твердая, мелкие веточки присутствуют, хвоя или листья могут быть засохшими, но еще удерживаются на ветвях);

2 балла (кора начинает отслаиваться (сохранность 50–90 %), мелкие ветви опадают, древесина остается твердой, нож входит в нее лишь на несколько миллиметров);

3 балла (кора практически отсутствует или сохраняется отдельными фрагментами, поверхностные слои древесины начинают размягчаться, видны следы деятельности дереворазрушающих грибов и насекомых, нож входит в древесину на 1–3 см);

4 балла (древесина мягкая по всей толщине, легко ломается руками или рассыпается на куски, ствол оброс мхами и лишайниками, теряет первоначальную форму (сплющивается));

5 баллов (древесина превратилась в труху, ствол погружен в лесную подстилку и часто полностью скрыт моховым покровом или травянистой растительностью, границы валежа определяются лишь по характерному возвышению почвенного микрорельефа).

Для определения места беловежской популяции *Pseudorhizina sphaerospora* в контексте европейского ареала, были проанализированы материалы общедоступной базы данных по биоразнообразию (GBIF), глобальной открытой платформы гражданских наблюдений для записи и обмена данных о биоразнообразии (iNaturalist), а также литературные источники [2–4; 9; 11; 12].

Результаты и их обсуждение

В результате мониторинговых исследований на территории Национального парка «Беловежская пуща» было выявлено 7 новых мест произрастания редкого аскомицета *Pseudorhizina sphaerospora* (Peck) Harmaja (рисунок 1). Локалитеты обнаружены в пяти лесничествах: Ощепском (кв. 145, 206), Хвойникском (кв. 262), Никорском (кв. 557), Белянском (кв. 932) и Ясеньском (кв. 884, 892). Общая численность учтенных плодовых тел составила 24 экземпляра, что является наиболее репрезентативной выборкой для территории Беларуси и Европы за весь период наблюдений [1; 9; 12].

Типологическая структура местообитаний. Вид отмечен в широком спектре лесных формаций: от кисличных и снытевых дубрав (три находки) до черничных и кисличных осинников (2 находки), а также в ельниках кисличных и сосняках черничных с примесью широколиственных пород. Анализ возрастной структуры древостоев показал, что *P. sphaerospora* тяготеет к высоковозрастным сообществам (80–210 лет). Присутствие в 85-летних осинниках (кв. 884) свидетельствует о возможности заселения средневозрастных насаждений при условии накопления крупномерного валежа, однако абсолютное большинство находок приурочено к участкам с участием деревьев старше 130–150 лет, что подтверждает индикаторную роль вида по отношению к экологически непрерывным (высоковозрастным) лесам.

Также установлено, что в условиях Беловежской пущи плодовые тела развиваются исключительно на крупномерной валежной древесине. Основными субстратообразователями выступают ель европейская (*Picea abies*) – 4 находки (57 %) (рисунок 2), и осина (*Populus tremula*) – 3 находки (43 %) (рисунок 3). Стадии разложения валежа варьируют от трех до пяти по пятибалльной шкале, с явным оптимумом на четыре стадии (мягкая древесина с развитым моховым покровом). Данный факт существенно дополняет европейские представления о трофической специализации вида.

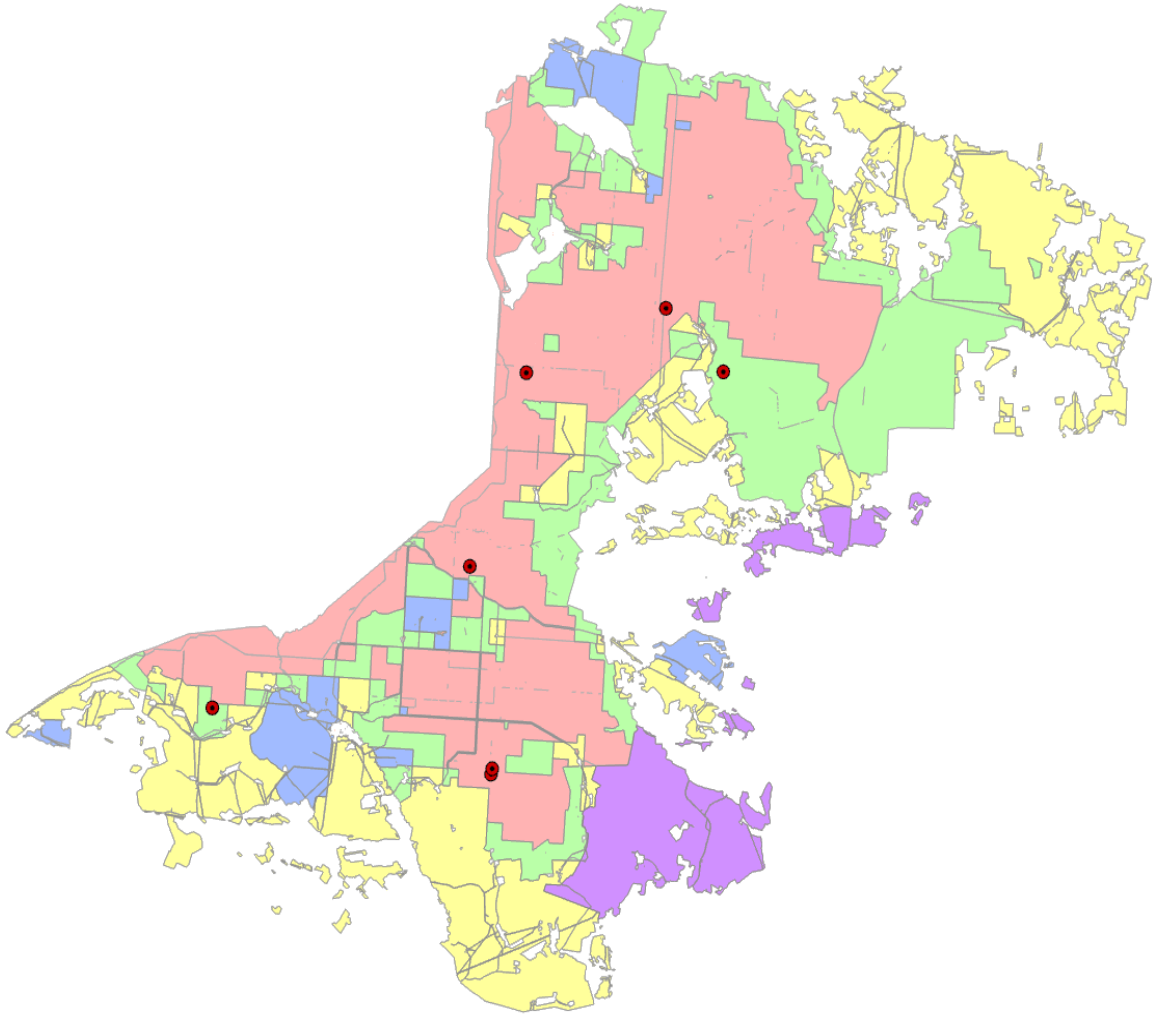


Рисунок 1 – Распространение *Pseudorhizina sphaerospora* в Национальном парке «Беловежская пуща»

Если в горных лесах Центральной Европы *P. sphaerospora* традиционно считается консортом *Abies alba* и *Picea abies*, то в равнинных условиях Беловежской пущи, на существенном удалении от основного ареала *A. alba*, данный дискомицет успешно осваивает лиственные субстраты. Особого внимания заслуживает роль осины, которая в Европе крайне редко указывается в качестве субстрата [9; 11; 12]. В Беловежской пуще осина является одним из двух основных древесных пород, на которых встречается гриб, причем плодоношение на осине отмечено уже на три стадии разложения. Это может указывать на более ранние сроки колонизации осинового субстрата по сравнению с еловым (4 и 5 стадии).

Пространственное распределение. Все выявленные микропопуляции обнаруживают четкую приуроченность к элементам гидрографической сети. Пять из семи локалитетов расположены в непосредственной близости от водотоков (поймы рек Нарев, Гвозна, Переровница) либо в зоне влияния старичных понижений (исчезнувшее русло р. Плюсковки). Две находки приурочены к окраинам заболоченных территорий (болотный массив «Дикое» и мелиорированный торфяник в урочище «Галево Болото».

Такая топографическая привязка свидетельствует о высокой гигрофильности вида и критической зависимости плодоношения от стабильно высокой влажности воздуха и субстрата в весенний период, что соответствует аналогичным данным из Европы

и России [3; 11; 14]. Очевидно, именно микроклиматические условия пойм и приболотных территорий, характеризующиеся пониженными суточными амплитудами температур и повышенной влажностью, лимитируют распространение вида в равнинных условиях.



Рисунок 2 – Плодовые тела *Pseudorhizina sphaerospora* на валежном стволе *Picea abies*

Фенология и демография популяций. Фенологические наблюдения охватывают период с 23 апреля по 5 июня, что входит в оптимум по всему ареалу вида [12]. Самая ранняя находка молодых плодовых тел зафиксирована 23 апреля (Белянское лесничество), что соответствует началу вегетационного сезона для весенних дискомицетов. Массовое появление зрелых экземпляров приходится на первую – вторую декады мая. К началу июня плодовые тела утрачивают тургор и переходят в фазу старения. Таким образом, идеальный период для обнаружения плодовых тел не превышает в условиях Беловежской пущи 50 календарных дней, однако может незначительно изменяться в зависимости от условий среды.

Численность микропопуляций варьирует от одиночных экземпляров (кв. 932, Белянское лесничество) до относительно крупных групп. Максимальное количество плодовых тел (7 экз.) отмечено в 85-летнем осиннике черничном (кв. 884, Ясенское лесничество) и 210-летней дубраве снытевой (кв. 262, Хвойникское лесничество), что является наивысшим показателем для территории Беларуси и сопоставимо с наиболее продуктивными европейскими популяциями [9; 12].



Рисунок 3 – Плодовые тела *Pseudorhizina sphaerospora* на валежных стволах *Populus tremula*

Зонирование и охрана. Четыре из семи обнаруженных микропопуляций находятся в заповедной зоне Национального парка (степень охраны по классификации МСОП соответствует I категории – строгая охрана), где антропогенное воздействие сведено к минимуму. Три оставшиеся популяции расположены в зоне регулируемого пользования (степень охраны по классификации МСОП соответствует II категории – активная охрана). Полученные данные указывают на то, что ключевым фактором сохранения вида является не столько абсолютная заповедность, сколько поддержание естественной динамики лесных экосистем – наличие старовозрастного древостоя, устойчивый запас крупномерного валежа и сохранение гидрологического режима (рисунок 4). Учитывая, что данный вид включен в Красный список МСОП (NT), региональные Красные книги областей России, а также в Красные книги и списки редких видов Польши (категория VU), Чехии (CR), Германии (VU), Швейцарии (EN), Швеции (VU) Норвегии (VU) и Финляндии (VU), что приравнивается к III, II и I категориям охраны Красной книги Республики Беларусь, то беловежская популяция приобретает ключевое значение для сохранения генофонда *P. sphaerospora* в восточноевропейском регионе, а данный вид заслуживает включения в национальную красную книгу [2–4; 11; 12].

Сравнительный анализ показывает, что популяция *P. sphaerospora* в Беловежской пуще является уникальной для Европы по ряду параметров. Во-первых, это одна из немногих крупных равнинных популяций вида (большинство европейских локалитетов приурочены к горным районам). Во-вторых, в Пуще вид демонстрирует необычную субстратную пластичность, активно осваивая древесину осины наряду с елью, тогда как

в Европе доминирует хвойная (пихта, ель) специализация и вид считается индикатором вековой нетронутости леса.



Рисунок 4 – Пример подходящего биотопа для *Pseudorhizina sphaerospora* в Беловежской пуще

В европейской части России и Сибири вид ведет себя как классический обитатель девственных или малонарушенных лесов, предпочитая лиственный валежник. В то же время исследования в Скандинавии чаще ассоциируют вид с хвойными породами, однако здесь гриб, сохраняя свою редкость, также встречается в обычных хвойных лесах и даже на местах складирования опилок и остатков древесины. В-третьих, в условиях Беловежской пущи для вида выявлена узкая экологическая приуроченность к пойменным и приболотным комплексам, что ранее детально не описывалось.

Заключение

В результате проведенной работы выявлены закономерности пространственного распределения и экологические особенности *Pseudorhizina sphaerospor*а в Беловежской пуще. Полученные данные позволяют сделать вывод, что лимитирующим фактором для вида является не столько отсутствие антропогенного влияния, сколько специфическое сочетание устойчивого запаса крупномерного валежа в условиях повышенной влажности и низких температур, которые в равнинной части Европы сохраняются только в обширных сплошных массивах девственных лесов. Этот факт дает основание рассматривать современную территорию Национального парка как один из рефугиумов вида в Восточной Европе и подчеркивает необходимость дальнейшего мониторинга известных и выявления новых микропопуляций, а *P. sphaerospora* и места его произрастания заслуживают полноценной охраны как на местном, так и на национальном уровнях.

В очередной раз подтверждена высокая роль Беловежской пущи в сохранении биоразнообразия редких видов, зависимых от старовозрастных лесных экосистем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Находки редких и новых для Беловежской пущи видов грибов / В. Г. Кравчук, В. В. Кравчук, В. А. Самусенко, А. Н. Кузьмицкий // Беловежская пуща. Исследования : сб. науч. ст. – Брест : Альтернатива, 2024. – Вып. 19. – С. 45–68.

2. Красная книга Красноярского края. В 2 т. Т. 2. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений и грибов / отв. ред. Н. В. Степанов. – Изд. 2-е .– Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 529 с.

3. Красная книга Ленинградской области. Объекты растительного мира / Адм. Ленингр. обл., Ком. по природ. ресурсам Ленингр. обл., Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова РАН ; редкол.: Д. В. Гельтман (гл. ред.) [и др.]. – СПб. : Маракуйя, 2018. – 848 с.

4. Красная книга Республики Мордовия. В 2 т. Т. 1. Редкие виды растений и грибов / науч. ред. и сост. Т. Б. Силаева. – Изд. 2-е, перераб. – Саранск : Изд-во Морд. ун-та, 2017. – 409 с.

5. Albrecht, J. Českobudějovicko (Českobudějovicko region) / J. Albrecht, P. Mackovčin, M. Sedláček // Chráněná území ČR, svazek. – 2003. – VIII. – P. 1–808.

6. Sopp. Fungi / T. E. Brandrud // Norsk Rødliste / T. E. Brandrud [et al.] // Norwegian Red List. – 2006. – P. 103–128.

7. Chytrý, M. Katalog biotopů České republiky / M. Chytrý, T. Kučera, M. Kočí // Habitat catalogue of the Czech Republic, 2001. – 304 p.

8. Dissing, H. Gyromitra Fr. / H. Dissing, L. Hansen, H. Knudsen // Nordic macromycetes. – 2000. – Vol. 19. – P. 165–177.

9. GBIF.org : [sait]. – URL: https://www.gbif.org/species/7257922) (date of access: 20.03.2026).

10. Gärdenfors, U. Rödlistade arter i Sverige 2005 / U. Gärdenfors // The 2005 redlist of Swedish species. – 2005. – 496 p.

11. Holec, J. Distribution, ecology and fructification of a rare ascomycete, Pseudorhizina sphaerospora, in the Czech Republic and its habitats in Europe / J. Holec, M. Beran // Czech Mycology. – 2007. – Vol. 59 (1). – P. 51–66.

12. Naturalist.org. – URL: https://www.inaturalist.org/observations?subview=map&taxon_id=-1613976 (date of access: 20.03.2026).

13. Irsenaite, R. Diversity and conservation of macromycetes in Dusetos forest, Sartai Regional Park / R. Irsenaite // Botanica Lithuanica. – 2004. – Vol. 10 (3). – P. 177–194.

14. Stappung, L. Pseudorhizina sphaerospora (Peck) Pouz / L. Stappung // Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde. – 1985. – Vol. 63 (7). – P. 134–136.

REFERENCES

1. Nakhodki redkikh i novykh dlia Belovezhskoi pushchi vidov gribov / V. G. Kravchuk, V. V. Kravchuk, V. A. Samusenko, A. N. Kuzmitskii // Belovezhskaya pushcha. Issledovaniya : sb. nauch. st. – Brest : Al’ternativa, 2024. – Vyp. 19. – S. 45–68.

2. Krasnaya kniga Krasnoyarskogo kraya. V 2 t. T. 2. Redkiye i nakhodyashchiesia pod ugrozoi ischeznoveniya vidy dikorastushchikh rastenii i gribov / otv. red. N. V. Stepanov. – Izd. 2-ye. – Krasnoyarsk : Sib. feder. un-t, 2012. – 529 s.

3. Krasnaya kniga Leningradskoi oblasti. Ob’ekty rastitel’nogo mira / Adm. Leningr. obl., Kom. po prirod. resursam Leningr. obl., Botan. in-t im. V. L. Komarova RAN ; redkol.: D. V. Geltman (gl. red.) [i dr.]. – SP. : Marakuyya, 2018. – 848 s.

4. Krasnaya kniga Respubliki Mordoviya. V 2 t. T. 1. Redkiye vidy rastenii i gribov / nauch. red. i sost. T. B. Silaeva. – Izd. 2-ye, pererab. – Saransk : Izd-vo Mord. un-ta, 2017. – 409 s.

5. Albrecht, J. Českobudějovicko (Českobudějovicko region) / J. Albrecht, P. Mackovčin, M. Sedláček // Chráněná území ČR, svazek. – 2003. – VIII. – P. 1–808.

6. Sopp. Fungi / T. E. Brandrud // Norsk Rødliste / T. E. Brandrud [et al.] // Norwegian Red List. – 2006. – P. 103–128.

7. Chytrý, M. Katalog biotopů České republiky / M. Chytrý, T. Kučera, M. Kočí // Habitat catalogue of the Czech Republic, 2001. – 304 p.

8. Dissing, H. Gyromitra Fr. / H. Dissing, L. Hansen, H. Knudsen // Nordic macromycetes. – 2000. – Vol. 19. – P. 165–177.

9. GBIF.org : [sait]. – URL: https://www.gbif.org/species/7257922) (date of access: 20.03.2026).

10. Gärdenfors, U. Rödlistade arter i Sverige 2005 / U. Gärdenfors // The 2005 redlist of Swedish species. – 2005. – 496 p.

11. Holec, J. Distribution, ecology and fructification of a rare ascomycete, Pseudorhizina sphaerospora, in the Czech Republic and its habitats in Europe / J. Holec, M. Beran // Czech Mycology. – 2007. – Vol. 59 (1). – P. 51–66.

12. Naturalist.org. – URL: https://www.inaturalist.org/observations?subview=map&taxon_id=-1613976 (date of access: 20.03.2026).

13. Irsenaite, R. Diversity and conservation of macromycetes in Dusetos forest, Sartai Regional Park / R. Irsenaite // Botanica Lithuanica. – 2004. – Vol. 10 (3). – P. 177–194.

14. Stappung, L. Pseudorhizina sphaerospora (Peck) Pouz / L. Stappung // Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde. – 1985. – Vol. 63 (7). – P. 134–136.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 14.04.2026

УДК 612.176 DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-32-43

Галина Евгеньевна Хомич[1], Елена Николаевна Савaневская[2]
[1]канд. биол. наук, доц., доц. каф. медико-биологических дисциплин, технологий оздоровительной и адаптивной физической культуры Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
[2]канд. биол. наук, доц., доц. каф. физиологии человека и животных Белорусского государственного университета
Halina Khomich[1], Alena Savaneuskaya[2]
[1]Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Medical and Biological Disciplines, Technologies of Health and Adaptive Physical Culture of Brest State A. S. Pushkin University
[2]Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Human and Animal Physiology of Belarusian State University
e-mail: [1]medicine@brsu.by; [2]esavanevskaja@gmail.com

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ КРОВООБРАЩЕНИЯ У МОЛОДЫХ ЛИЦ, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАЛЫХ ДОЗ РАДИАЦИИ

Исследование посвящено определению функционального состояния сердечно-сосудистой системы и реакций периферического сосудистого тонуса на ортостатические и антиортостатическую нагрузки у девушек, длительно проживавших на территориях с повышенным радиационным фоном. Установлено, что у данной группы при изменении положения тела в пространстве достоверно чаще наблюдались отклонения от нормального тонуса сосудов и ослабленные компенсаторные реакции микрососудистого русла нижних конечностей. Это проявлялось в недостаточной вазоконстрикции при ортостазе и неполной вазодилатационной реакции в положении головой вниз, что свидетельствует о снижении адаптационного резерва системы кровообращения в условиях хронического воздействия малых доз радиации.

Ключевые слова: *гемодинамика, макрососуды, микрососуды, реография, импедансометрия, амплитуда реоволны пальца, амплитуда реоволны голени, радиоактивное загрязнение.*

Functional Status of the Circulatory System in Young Individuals Exposed to Chronic Low-Dose Radiation

This study investigates the functional state of the cardiovascular system and the responses of pe-ripheral vascular tone to orthostatic and anti-orthostatic loads in young women who had been long-term residents of areas with elevated background radiation. In this group, changes in body position elicited significantly more frequent deviations from normal vascular tone and attenuated compensatory responses in the microvascular pool of the lower extremities. These effects manifested as insufficient vasocon-striction during orthostasis and an incomplete vasodilatory reaction in the head-down position. The find-ings indicate a diminished adaptive capacity of the circulatory system under conditions of chronic low-dose radiation exposure.

Key words: *hemodynamics, macrovessels, microvessels, rheography, impedance plethysmography, finger rheo-wave amplitude, leg rheo-wave amplitude, radioactive contamination.*

Введение

Сорокалетний период, истекающий с момента аварии на Чернобыльской АЭС, подводит к необходимости ревизии первоначальных прогнозов, касающихся отдаленных последствий радиоактивного загрязнения для здоровья белорусов.

За прошедшее время ряд предположений относительно воздействия радиации на здоровье населения подтвердился, другие же были опровергнуты.

На современном этапе ключевым фактором, обусловливающим негативные последствия аварии на Чернобыльской АЭС для здоровья населения, являются трансформации в организме, вызываемые продолжительным влиянием низких доз ионизирующего излучения. Как было продемонстрировано в работах белорусских исследователей, у жителей

загрязненных территорий (как детей, так и взрослых) наблюдается рост общей заболеваемости.

Особенно заметно увеличилась доля сердечно-сосудистых патологий [1; 2]. Полученные данные позволяют утверждать, что повреждения системы кровообращения, обусловленные облучением, зарождаются на клеточном уровне в результате сбоев внутриклеточных механизмов регуляции. В многолетней перспективе это ведет к ухудшению гемодинамики, начинающемуся на уровне микроциркуляторного русла.

Установлено, что постоянное облучение малыми дозами радиации провоцирует целый ряд нарушений. Среди них – снижение амплитуды и длительности потенциалов действия в клетках сердечной мышцы, ослабление ее сократительной способности у лабораторных животных, изменение чувствительности сердца и сосудов к стимуляции β- и α-адренорецепторов, снижение эластичности стенок периферических артерий, напряжение компенсаторных систем регуляции сердечной деятельности у новорожденных из загрязненных районов [3; 4]. В модельных экспериментах на животных было показано, что действие малых доз радиации сопровождается нарушением работы центральных и периферических адаптационных систем, следствием чего становится снижение приспособительных возможностей большинства физиологических систем организма, включая кровеносную [7]. Существенную роль в развитии указанных нарушений отводят расстройствам нейрогуморальной регуляции работы миокарда и сосудистого тонуса [6].

Накопление радионуклидов приводит к снижению эластичности стенок периферических сосудов тканей и органов [3], что напрямую влияет на характер гемодинамики. Для комплексного анализа уровня функционирования сердечно-сосудистой системы у людей, ежедневно подвергающихся воздействию малых доз ионизирующего излучения, эффективно применение дозированных физических нагрузок.

Обследования школьников из загрязненных областей России, Украины и Беларуси, проведенные Институтом экологической физиологии Российской академии образования, выявили высокую распространенность кардиологических нарушений, среди которых сбои работы проводящей системы сердца, нарушения проводимости, возбудимости сердечной мышечной ткани, а также дисфункции реполяризации и метаболизма миокарда [8]. Среди этих детей чаще, чем в контрольной выборке, встречаются ненормотонические (как симпатикотонические, так и ваготонические) профили вегетативной регуляции. У них обнаружен комплекс нарушений магистрального и периферического кровотока, выражающихся в снижении сосудистого тонуса мелких артерий предплечья. Выраженность этих отклонений нарастает с увеличением накопленной дозы облучения [8].

Влияние радиации на периферическое кровообращение у подростков 10–16 лет характеризуется менее однозначными признаками. Накопленные дозы облучения, отражающие уровень присутствия радионуклидов в организме с момента аварии, находятся у них в низком диапазоне. У таких лиц широко диагностируется вегетососудистая дистония с преобладанием сосудистых расстройств, наблюдается однотипный комплекс дистонических изменений напряжения мышечной стенки мелких артерий. Практически у всех обследованных школьников ведущим проявлением была гипотония [8].

У ликвидаторов последствий аварии нарушения периферического кровотока встречаются в 75 % случаев, занимая важное место среди сосудистых дисфункций и проявляясь разнообразной симптоматикой [13]. У них зафиксировано снижение кровенаполнения сосудов нижних конечностей [9].

Под воздействием ионизирующего излучения в первую очередь повреждается сосудистый эндотелий [14], что неизбежно нарушает регуляцию просвета сосудов и характер гемодинамики [10].

Эти повреждения могут приводить к тромбозу капилляров и увеличивают риск атеросклеротических поражений крупных артерий [15].

У детей ликвидаторов, продолживших проживать в загрязненных регионах, высок процент нарушений регуляции тонуса периферических, мозговых и магистральных сосудов [16].

Изучение сердечно-сосудистой функции у молодых людей, постоянно проживающих в условиях повышенного радиационного фона, крайне важно для понимания механизмов воздействия малых доз ионизирующего излучения на кровообращение. Это позволяет теоретически обосновать и в преспективе внедрить методы профилактики негативных последствий действия малых доз радиации, а также прогнозировать возможные последствия компенсаторных изменений для общего здоровья.

Хотя многочисленными исследованиями доказано отрицательное, а при высоких дозах – прямое поражающее действие ионизирующего излучения на сердце и сосуды, не до конца ясно, какие звенья сердечно-сосудистой системы страдают первыми при многолетнем воздействии малых доз радиации.

Целью статьи стало изучение изменений отдельных гемодинамических показателей в ответ на функциональные нагрузки у девушек, с детства живущих на территории, загрязненной радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Материалы и методы исследования

Работа была посвящена сравнительной оценке функционального статуса сердечно-сосудистой системы у двух групп испытуемых женского пола в условиях применения нагрузочных тестов. В первую (основную) группу вошли 36 студенток-первокурсниц Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина, которые до поступления в вуз на протяжении свыше 15 лет постоянно проживали в Лунинецком и Столинском районах Брестской области.

Данная территория характеризуется радиоактивным загрязнением цезием-137 в диапазоне от 1 до 5 Ки/км². Контрольную группу составили обучающиеся того же возраста (17–19 лет), не проживавших и не пребывавших на протяжении длительного времени на подконтрольных по радиационному фактору территориях.

Регистрация физиологических показателей осуществлялась с использованием многофункционального диагностического комплекса «Кентавр-1». В соответствии с методикой А. А. Астахова [20] синхронно с каждым сердечным сокращением фиксировались частота сердечных сокращений за прошедшую минуту (ЧСС), систолическое артериальное давление (САД), а также амплитуды реоволн, зарегистрированных с пальца ноги (АРП), голени (АРГ) и легких (АРЛ). На основе первичных данных проводился расчет моды пульсовой волны (Мо) и вариационного размаха кардиоинтервалов (ΔХ).

Испытуемая размещалась на специальном электродном покрытии, закрепленном на поворотной платформе, и фиксировалась ремнями. Данная платформа обеспечивала изменение положения тела относительно горизонтали на угол до 90°. Биполярные электроды накладывались на поверхность спины, грудной клетки, а также на плечевые и бедренные сегменты конечностей, правую голень и большой палец правой стопы.

Прибор Р4-02 измерял импеданс тканей между электродами, после чего сигналы поступали в комплекс «Кентавр-1» для автоматизированной компьютерной обработки. С каждым ударом сердца регистрировались показатели артериального кровенаполнения, тонуса сосудов нижних конечностей и легких различного диаметра, уровень САД и ЧСС в покое и при нагрузке.

В качестве функциональных тестов применялись:

1) ортостатическая проба (нахождение в вертикальном положении в течение 10 мин.);

2) клиностатическая проба (переход из вертикального и нахождение в горизонтальном положении в течение 10 мин.);

3) позиционная нагрузка с наклоном головой вниз под углом 30° к горизонту продолжительностью 1 мин.

Смена положений тела осуществлялась пассивно, путем поворота платформы экспериментатором.

Состояние микроциркуляторного русла оценивалось по величине АРП, а магистральных сосудов – по АРГ [21]. Референсные значения для взрослого человека при нормотонии составляют: АРП – 80–140 мОм, АРГ – 80–120 мОм. Показатели 150–300 мОм для АРП и 120–300 мОм для АРГ соответствуют хронической вазодилатации и гипотонусу сосудов. Умеренная вазоконстрикция характеризуется снижением амплитуд реоволны пальца и голени до 70–30 мОм, а выраженный спазмический тонус сосудов – их падением ниже 30 мОм [22].

Значение моды (Мо) отражает активность гуморальных механизмов управления сердечным ритмом: величина более 0,78 с указывает на доминирование холинергических влияний, менее 0,67 с – адренергических, а диапазон 0,67–0,78 с свидетельствует об их балансе.

Параметр ΔX является индикатором активности парасимпатического звена вегетативной нервной системы: более 0,31 с – преобладающее участие, 0,24 – 0,31 с – адекватное, <0,24 с – слабовыраженное участие в регуляции ЧСС [23; 24].

Оценка достоверности межгрупповых различий проводилась с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ сосудистого тонуса нижних конечностей у участниц из загрязненных и условно чистых районов позволил оценить уровень функционирования ключевых регуляторных механизмов. Основное влияние на тонус артериол и периферический кровоток оказывают эластические свойства сосудистых стенок, локальные метаболические вазодилататоры, а также симпатическая вазоконстрикция, опосредованная через α-адренорецепторы.

Наибольшей отзывчивостью к внешним, в т. ч. компрессионным, воздействиям отличаются вены, диаметр которых напрямую определяет объем депонированной крови в тканях [25–27].

В ходе исследования были идентифицированы несколько паттернов тонуса как микроциркуляторного, так и магистрального сосудистого русла. Ключевым наблюдением стала неоднотипность динамики амплитуд реографических волн (АРП, АРГ, АРЛ) в ответ на нагрузку, связанная с диаметром сосудов в контроле. В состоянии покоя у испытуемых зафиксировано 6 комбинаций функционального состояния сосудов:

1) нормальный тонус микрососудов и магистральных сосудов;

2) вазоконстрикция микрососудов при нормотонусе магистральных;

3) констрикция обоих типов сосудов;

4) спазмический тонус микрососудов при констрикции магистральных;

5) спазмический тонус микрососудов и магистральных сосудов;

6) дилатация (гипотония) обоих типов сосудов.

Встречаемость этих комбинаций статистически значимо различалась между группами. В контрольной группе распределение было следующим: нормотонус – 51,28 %; констрикция микрососудов при норме магистральных – 25,64 %; констрикция обоих типов сосудов – 12,82 %; спазм микрососудов при констрикции магистральных – 5,14 %; спазм обоих типов сосудов – 2,56 %; дилатация – 2,56 %.

В основной группе картина отличалась: нормотонус – 32,14 %; констрикция микрососудов при нормальном тонусе магистральных – 10,71 %; констрикция обоих типов

сосудов – 10,71 %; спазм микрососудов при констрикции магистральных – 14,29 %; спазм обоих типов – 17,86 %; дилатация – 14,29 %.

Таким образом, у проживавших в зоне загрязнения девушек отклонения от нормального сосудистого тонуса встречались достоверно чаще (67,86 % случаев против 48,72 % в контроле). Ранние постчернобыльские исследования чаще отмечали вазоконстрикторные реакции [28]. Однако в последние годы [9] стали преобладать описания феномена вазодилатации.

Анализ исходного тонуса показал, что диаметр сосудов и, следовательно, объем периферического депо крови наиболее чувствительны к симпатическим влияниям, изменениям внутрисосудистого давления и внешней компрессии [25–27].

Учитывая, что воздействие низкоинтенсивной радиации повышает реактивность сосудов при стимуляции α-адренорецепторов и снижает восприимчивость к агонистам β-адренорецепторов [6], нами было проведено исследование периферического тонуса у данной группы испытуемых.

Исходный тонус микрососудов в горизонтальном положении варьировал внутри обеих групп, что может быть связано с индивидуальными особенностями развития сердечно-сосудистой системы и уровнем тренированности.

Согласно критериям [21; 22], нормальный тонус (АРП 80–140 мОм) в исследуемой группе наблюдался реже, чем в контроле. Распределение показателей представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение обследованных по тонусу микрососудов нижних конечностей в покое (горизонтальное положение)

Контингент обследованных	Всего	С нормальным тонусом		С тонусом выше нормы		С тонусом ниже нормы	
		кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%
Обследуемая группа (горизонтальное положение, фон)	36	12	33,3	10	27,8	14	38,9
Контрольная группа (горизонтальное положение, фон)	30	18	60,0	7	23,3	5	16,7

Так, в основной группе нормотонус был зафиксирован лишь у 33,3 % участниц, тогда как отклонения (гипо- или гипертензивный статус) – у 66,7 %. В контрольной группе соотношение было обратным: 60,0 % с нормотонией и 40,0 % с отклонениями от нормального сосудистого тонуса ($p < 0,05$).

Между представительницами обеих когорт, имеющими исходно нормальный сосудистый тонус, были выявлены различия в характере реакции на гравитационные пробы (таблица 2).

В покое среднее значение АРП в контрольной группе составило 104,7 ± 0,9 мОм, в основной – 96,8 ± 1,2 мОм. Переход в вертикальное положение (пассивная ортопроба) вызывал выраженную вазоконстрикцию. Однако степень снижения АРП различалась: в контроле – на 75,5 % (до 25,6 ± 1,3 мОм), в основной группе – лишь на 55,1 % (до 43,5 ± 1,7 мОм).

Значения АРП около 43,5 мОм указывают на относительно широкий просвет микрососудов и значительную способность их к депонированию крови, что может сопровождаться снижением венозного возврата и провоцировать недостаточность кровообращения в верхней половине тела.

Более адекватной можно считать антигравитационную реакцию контрольной группы (АРП около 25,6 мОм), где сильная вазоконстрикция препятствует избыточному

оттоку крови в нижние конечности и способствует быстрому венозному возврату, что снижает риск ортостатических нарушений и гравитационного коллапса [29; 30].

Таблица 2 – АРП у лиц с исходным нормотонусом при различных функциональных пробах

№ серии	Серия опытов	Кол-во опытов	Кол-во измерений	АРП (мОм)	
				$x \pm S_{\bar{x}}$	P
1	Горизонтальное положение в покое	72	8182	104,7 ± 0,9	
2	Горизонтальное положение в покое (обследуемая группа)	36	4748	96,8 ± 1,6	<0,001**
3	Ортостатическая проба (контрольная группа)	36	14642	25,6 ± 1,3	<0,001*
4	Ортостатическая проба (обследуемая группа)	24	9122	43,5 ± 1,7	<0,001* <0,001*
5	Клиностатическая проба (контрольная группа)	36	8524	102,4 ± 1,2	>0,05*
6	Клиностатическая проба (обследуемая группа)	24	6424	107,3 ± 1,8	<0,001* <0,001*
7	Положение вниз головой (контрольная группа)	36	2462	179,6 ± 1,7	<0,001*
8	Положение вниз головой (обследуемая группа)	24	1648	131,2 ± 2,1	<0,001* <0,001*

Примечание – Различия по отношению к покою обозначены одной звездочкой, по отношению к аналогичной серии контрольной группы – двумя звездочками.

Возврат в горизонтальное положение (клиностатическая проба) приводил к быстрой нормализации АРП в контрольной группе (на 2-й минуте – 102,4 ± 1,2 мОм, $p > 0,05$ к покою). В основной группе восстановление шло медленнее (на 2-й минуте – 107,3 ± 1,8 мОм, $p < 0,001$ к покою), что может свидетельствовать о дисфункции регуляторных механизмов.

Перевод в положение головой вниз сопровождался вазодилатацией. Однако ее выраженность в основной группе (увеличение АРП на 54,7 %, до 131,2 ± 2,1 мОм) была меньше, чем в контроле (увеличение на 77,3 %, до 179,6 ± 1,7 мОм).

Это указывает на сниженние способности микрососудов к депонированию крови, необходимой для противодействия гравитационному перераспределению крови, у лиц, проживавших в зоне загрязнения.

У лиц с гипотонией в горизонтальном положении (таблица 3) значения АРП в покое были выше, особенно в основной группе (197,9 ± 1,2 мОм против 178,5 ± 1,3 мОм в контроле, $p < 0,001$), что подтверждает более выраженную вазодилатацию.

Ортопроба вызывала констрикцию, но ее эффекты были менее заметны в основной группе (снижение АРП на 61,4 % (до 96,1 ± 1,7 мОм) против 70,1 % (до 53,4 ± 1,5 мОм) в контроле).

Значения АРП около 96 мОм указывают на сохранение широкого просвета сосудов, что может сопровождаться падением систолического давления и свидетельствует о неудовлетворительной компенсаторной реакции.

Таблица 3 – АРП у лиц с исходным пониженным тонусом микрососудов

№ серии	Серия опытов	Кол-во опытов	Кол-во измерений	АРП (мОм)	
				x ± Sx	P
1	Горизонтальное положение в покое (контрольная группа)	36	4642	178,5 ± 1,3	
2	Горизонтальное положение в покое	42	5532	197,9 ± 1,2	<0,001**
3	Ортостатическая проба	18	7456	53,4 ± 1,5	<0,001*
4	Ортостатическая проба	28	9144	96,1 ± 1,7	<0,001*
5	Клиностатическая проба	18	3824	176,7 ± 2,0	>0,05*
6	Клиностатическая проба	28	7228	167,9 ± 2,3	<0,001*
7	Положение головой вниз	18	1172	162,5 ± 1,7	<0,001*
8	Положение головой вниз	28	1828	99,2 ± 2,8	<0,001*

Примечание – Различия по отношению к покою обозначены одной звездочкой, по отношению к аналогичной серии контрольной группы – двумя звездочками.

В положении головой вниз у гипотоников наблюдалось снижение АРП, более выраженное в основной группе (падение на 49,9 % до 99,2 ± 2,8 мОм против снижения на 9,0 % до 162,5 ± 1,7 мОм в контроле). Это свидетельствует об отсутствии компенсаторной емкости сосудов для депонирования крови и способности их к активной вазоконстрикции на фоне исходной дилатации.

У лиц с исходным спастическим тонусом (АРП < 30 мОм) межгрупповых различий в покое не выявлено (таблица 4). Ортопроба вызывала дальнейшее незначительное сужение сосудов. Учитывая исходно малый объем депо, даже эта слабая констрикция, вероятно, препятствовала гравитационному застою крови. Положение головой вниз вызывало незначительное увеличение АРП в контроле (+17,6 %), но не в основной группе, где микрососуды практически не участвовали в компенсаторных реакциях.

Таблица 4 – АРП у лиц с исходным высоким (спастическим) тонусом микрососудов

№ серии	Серия опытов	Кол-во опытов	Кол-во измерений	АРП (мОм)	
				x ± Sx	P
1	Горизонтальное положение в покое (контрольная группа)	30	4212	26,2 ± 0,9	
2	Горизонтальное положение в покое (обследуемая группа)	30	4247	24,9 ± 1,2	>0,05**
3	Ортостатическая проба (контрольная группа)	15	5421	19,7 ± 1,2	<0,01*
4	Ортостатическая проба (обследуемая группа)	20	7151	20,2 ± 1,3	<0,05* >0,05**
5	Клиностатическая проба (контрольная группа)	15	3965	28,9 ± 1,4	>0,05*
6	Клиностатическая проба (обследуемая группа)	20	5292	25,7±1,5	>0,05* 0,05**
7	Положение головой вниз (контрольная группа)	15	1016	30,8 ± 1,5	<0,05*
8	Положение головой вниз (обследуемая группа)	20	1376	26,3 ± 1,6	>0,05* <0,05**

Примечание – Различия по отношению к покою обозначены одной звездочкой, по отношению к аналогичной серии контрольной группы – двумя звездочками.

Следовательно, можно сделать вывод, что длительное проживание в условиях хронического низкоинтенсивного радиационного воздействия приводит к существенным изменениям в регуляции периферического сосудистого тонуса. У обследованных лиц наблюдалась дисфункция микрососудистого звена, проявляющаяся в ослаблении адекватных компенсаторных реакций на ортостатический и антиортостатический стресс. Это выражалось в недостаточной вазоконстрикции при переходе в вертикальное положение и неполноценной вазодилатации в положении головой вниз.

Заключение

Полученные данные указывают на снижение адаптационного резерва сердечно-сосудистой системы, что может являться одним из ранних маркеров негативного влияния малых доз ионизирующего излучения. Нарушение тонких механизмов нейрогуморальной регуляции сосудистого тонуса, в первую очередь затрагивающее симпатоадреналовые и барорецепторные рефлексы, создает предпосылки для развития ортостатической неустойчивости и ухудшения перфузии органов при изменении положения тела.

Таким образом, проведенное исследование подтверждает гипотезу о том, что длительное проживание на радиационно загрязненных территориях даже с низким уровнем загрязнения модифицирует функциональное состояние системы кровообращения.

Выявленные сдвиги носят функциональный характер и заключаются в снижении адекватности и скорости сосудодвигательных реакций, обеспечивающих гемодинамическое равновесие.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гофман, Дж. Чернобыльская авария: радиационные последствия для настоящего и будущего поколений / Дж. Гофман. – Мн. : Высш. шк., 2014. – 574 с.

2. Лобанок, Л. М. Модификация механизмов нейрогуморальной регуляции сердечно-сосудистой системы под воздействием низкоинтенсивных ионизирующих излучений / Л. М. Лобанок // X съезд Белорусского общества физиологов : сб. науч. тр., Минск, 27 окт. 2011 г. / Бел. гос. ун-т ; редкол.: В. В. Лысак (гл. ред.) [и др.]. – Мн. : Бизнесофсет, 2001. – С. 92–93.

3. Баевский, Р. М. Ритмы сердца у спортсменов / Р. Е. Мотылянская, Р. М. Баевский. – М., 2016. – 143 с.

4. Соловьева, Н. Г. Эффекты острого и пролонгированного гамма-облучения в малых дозах на функциональные характеристики кровеносных сосудов неполовозрелых крыс / Н. Г. Соловьева // Фундаментальные и прикладные аспекты радиобиологии : материалы науч. конф., Минск, 15–16 окт. 2018 г. / Ин-т радиобиологии НАН Беларуси ; редкол.: И. А. Чешик (гл. ред.) [и др.]. – Гомель, 2018. – С. 231.

5. Саваневский, Н. К. Регуляция ритма сердечных сокращений при статическом усилии и ортоклиностатической пробе у студенток, длительно находившихся и не находившихся в радиоактивно загрязненных районах / Н. К. Саваневский, Г. Е. Хомич, И. Г. Роменко [и др.] // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2000. – № 4. – С. 85–93.

6. Основные проблемы и тенденции здоровья детей и подростков, состоящих на учете в Госрегистре / Л. Н. Ломать, Г. Н. Гальбурт, В. В. Кулинкина [и др.] // Экология человека в постчернобыльский период : материалы 6-й междунар. науч.-практ. конф. Минск, 3–5 дек. 1999 г. / Ин-т истории НАН Беларуси ; редкол.: А. А. Коваленя (гл. ред.) [и др.]. – Мн., 1999. – С. 63.

7. Хвисковец, Г. Е. Особенности периферической гемодинамики у детей и подростков, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях Республики Беларусь / Г. Е. Хвисковец // Здоровье детей Белорусского Полесья: постчернобыльский аспект : сб. науч. тр. / Ин-т физиологии НАН Беларуси ; редкол.: В. А. Кульчицкий [и др.]. – Мн., 2003. – С. 103–105.

8. Савчук, Т. Ф. Изменение функций щитовидной железы и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у детей и подростков, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях / Т. Ф. Савчук // Здоровье детей Белорусского Полесья: постчернобыльский

аспект : сб. науч. тр. / Ин-т физиологии НАН Беларуси ; редкол.: В. А. Кульчицкий [и др.]. – Мн., 2003. – С. 88–92.

9. Сычик, С. И. Основные схемы диспансерного наблюдения за пренатально облученными детьми, продолжающими проживать в условиях действия радиации / С. И. Сычик // Международная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения Н. В. Тимофеева-Ресовского, Минск, 17–18 окт. 2000 г. / Ин-т цитологии и генетики НАН Беларуси ; под общ. ред. А. А. Милютина, И. Б. Моссэ. – Мн., 2000. – С. 212–213.

10. Комплексная оценка состояния здоровья детского населения, постоянно проживающего на радиационно загрязненных территориях Красногорского района Брянской области / С. И. Тарасова, В. М. Чернов, В. М. Буянкин [и др.] // Педиатрия. – 1999. – № 2. – С. 99–104.

11. Физическое развитие сельских детей Гомельского района в постчернобыльский период / А. И. Киеня, В. А. Мельник, Э. М. Заика [и др.] // Морфология. – 2001. – Т. 119, № 2. – С. 7–10.

12. Парамонова, Н. С. Некоторые показатели иммунитета у клинически здоровых детей с повышенным титром антител к тироглобулину, проживающих в районах с низким уровнем радиоактивного загрязнения / Н. С. Парамонова // Международная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения Н. В.Тимофеева-Ресовского, Минск, 17–18 окт. 2000 г. / Ин-т цитологии и генетики НАН Беларуси ; под общ. ред. А. А. Милютина, И. Б. Моссэ. – Мн., 2000. – С. 154–156.

13. Парфеевец, А. П. Анализ особенностей сердечно-сосудистых заболеваний у детей Пинского района / А. П. Парфеевец // Здоровье детей Белорусского Полесья: постчернобыльский аспект : сб. науч. тр. / Ин-т физиологии НАН Беларуси ; редкол.: В. А. Кульчицкий [и др.]. – Мн., 2003. – С. 78–81.

14. Киеня, А. И. Возрастно-половые особенности сенсомоторной реактивности детей, проживающих в различных районах г. Гомеля / А. И. Киеня, О. В. Кириченко // Медицинские новости. – 1998. – № 10. – С. 49–51.

15. Киеня, А. И. Сенсомоторная реактивность детей, проживающих на территории, загрязненной радионуклидами / А. И. Киеня, О. В. Кириченко, Э. М. Заика // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. – 1998. – № 2. – С. 8.

16. Ярмоненко, С. П. Радиобиология человека и животных / С. П. Ярмоненко. – М. : Высш. шк., 1988. – 424 с.

17. Структурно-функциональные эффекты инкорпорированных в организм радионуклидов / Ю. И. Бандажевский [и др.]. – Гомель : ГГМУ, 2017. – 156 с.

18. Возрастная характеристика развития силовых качеств школьников, проживающих на территории, загрязненной радионуклидами / Э. М. Заика, А. И. Киеня, Н. М. Ермолицкий [и др.] // Чернобыль : Экология и здоровье. – 1996. – № 3. – С. 21–24.

19. Состояние артериального кровяного давления у детей с различным уровнем инкорпорированного цезия-137 / А. И. Киеня, Н. М. Ермолицкий, Э. М. Заика [и др.] // Чернобыль – Висельде – VII : материалы междунар. научн. конгр., Гомель, 14 апр. 1997 г. – Гомель, 1997. – С. 60–61.

20. Бандажевский, Ю. И. Структурно-функциональные эффекты инкорпорированных в организм радионуклидов / Ю. И. Бандажевский. – Гомель, 1997. – 156 с.

21. Гумега, М. Д. Особенности тиреоидного статуса жителей радиационно контролируемых территорий, прибывших на курорт Трускавец / М. Д. Гумега // Диагностика и профилактика негативных последствий радиации : материалы 3-го симпозиума, Киев, 16–17 дек. 1997 г. / Ин-т проблем онкологии им. Р. Е. Кавецкого. – Киев, 1997. – С. 86–87.

22. Колпаков, И. Е. Функциональное состояние системы дыхания детей, проживающих в зоне жестокого радиационного контроля / И. Е. Колпаков // Диагностика и профилактика негативных последствий радиации : материалы 3-го симпозиума, Киев, 16–17 дек. 1997 г. / Ин-т проблем онкологии им. Р. Е. Кавецкого. – Киев, 1997. – С. 137–139.

23. Федирко, П. А. Характеристика гемодинамики глаза у участников аварийных работ на ЧАЭС и обоснование лечебных подходов / П. А. Федирко // Диагностика и профилактика негативных последствий радиации : материалы 3-го симпозиума, Киев, 16–17 дек. 1997 г. / Ин-т проблем онкологии им. Р. Е. Кавецкого. – Киев, 1997. – С. 257–258.

24. Характеристика некоторых иммунологических показателей в динамике у детей, родившихся у женщин, эвакуированных из 30-км зоны радиационного загрязнения / Ю. Г. Антипкин, В. П. Чернышев, О. М. Васюк [и др.] // Диагностика и профилактика негативных последствий радиации : материалы 3-го симпозиума, Киев, 16–17 дек. 1997 г. / Ин-т проблем онкологии им. Р. Е. Кавецкого. – Киев, 1997. – С. 12.

25. Алгоритмический подход в определении риска развития эндокринной недостаточности детей, пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС / О. Я. Боярська, О. В. Копилова, Д. Е. Афанасьев [и др.] // Диагностика и профилактика негативных последствий радиации : материалы 3-го симпозиума, Киев, 16–17 дек. 1997 г. / Ин-т проблем онкологии им. Р. Е. Кавецкого. – Киев, 1997. – С. 42–46.

26. Клинические последствия внутриутробного облучения детей / Е. Л. Степанова, В. Г. Кондрашова, Т. Я. Галичанска // Диагностика и профилактика негативных последствий радиации : материалы 3-го симпозиума, Киев, 16–17 дек. 1997 г. / Ин-т проблем онкологии им. Р. Е. Кавецкого. – Киев, 1997. – С. 248–249.

27. Кубергер, М. Б. Руководство по клинической электрокардиографии детского возраста / М. Б. Кубергер. – Л., 1983. – 156 с.

28. Астахов, А. А. Многофункциональный импедансный мониторинг сердечно-сосудистой системы и легких / А. А. Астахов. – Челябинск, 1989. – 18 с.

29. Виноградова, Т. С. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы / Т. С. Виноградова. – М. : Медицина, 1986. – 416 с.

30. Баевский, Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. М. Клецкин. – М. : Медицина, 1984. – 218 с.

REFERENCES

1. Gofman, Dzh. Chernobyl’skaya avariya: radiatsionnyye posledstviya dlya nastoyashchego i budushchego pokoleniy / Dzh. Gofman. – Mn. : Vyssh. shk., 2014. – 574 s.

2. Lobanok, L. M. Modifikatsiya mekhanizmov neyrogumoral’noi regulyatsii serdechno-sosudistoi sistemy pod vozdeystviyem nizkointensivnykh ioniziruyushchikh izlucheniy / L. M. Lobanok // X s’yezd Belorusskogo obshchestva fiziologov : sb. nauch. tr., Minsk, 27 okt. 2011 g. / Belorus. gos. un-t ; redkol.: V. V. Lysak (gl. red.) [i dr.]. – Mn. : Biznesofset, 2001. – S. 92–93.

3. Bayevskii, R. M. Ritmy serdtsa u sportsmenov / R. M. Bayevskiy, R. Ye. Motylianskaya. – M., 2016. – 143 s.

4. Solov’ieva, N. G. Effekty ostrogo i prolongirovannogo gamma-oblucheniya v malykh dozakh na funktsional’nyye kharakteristiki krovonosnykh sosudov nepolovozrelykh krys / N. G. Solov’iva // Fundamental’nyye i prikladnyye aspekty radiobiologii : materialy nauch. konf., Minsk, 15–16 okt. 2018 g. / In-t radiobiologii NAN Belarusi ; redkol.: I. A. Cheshik (gl. red.) [i dr.]. – Gomel’, 2018. – S. 231.

5. Regulyatsiya ritma serdechnykh sokrashcheniy pri staticheskom usilii i ortoklinostaticheskoi probe u studentok, dolgo nakhodivshikhsia i ne nakhodivshikhsia v radioaktivno zagryaznennykh raionakh / N. K. Savanevskii, G. Ye. Khomich, I. G. Romenko [i dr.] // Vesnik Brestskaga universiteta. Seryya 5, Khimia. Biyalogiya. Navuki ab Ziamli. – 2000. – № 4. – S. 85–93.

6. Osnovnyye problemy i tendentsii zdorov’ya detei i podrostkov, sostoyashchikh na uchete v Gosregistre / L. N. Lomat’, G. N. Gal’burt, V. V. Kulinkina [i dr.] // Ekologiya cheloveka v postchernobyl’skiy period : materialy 6-i mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Minsk, 3–5 dek. 1999 g. / In-t istorii NAN Belarusi ; redkol.: A. A. Kovalena (gl. red.) [i dr.]. – Mn., 1999. – S. 63.

7. Khviskovets, G. Ye. Osobennosti perifericheskoi gemodinamiki u detei i podrostkov, prozhivayushchikh na zagryaznennykh radionuklidami territoriyakh Respubliki Belarus’ / G. Ye. Khviskovets // Zdorov’ye detei Belorusskogo Poles’ya: postchernobyl’skii aspekt : sb. nauch. tr. / In-t fiziologii NAN Belarusi ; redkol.: V. A. Kul’chitskii [i dr.]. – Mn., 2003. – S. 103–105.

8. Savchuk, T. F. Izmeneniye funktsii shchitovidnoi zhelezy i funktsional’noye sostoyaniye serdechno-sosudistoi sistemy u detei i podrostkov, prozhivayushchikh na zagryaznennykh radionuklidami territoriyakh / T. F. Savchuk // Zdorov’ye detei Belorusskogo Poles’ya: postchernobyl’skii aspekt : sb. nauch. tr. / In-t fiziologii NAN Belarusi ; redkol.: V. A. Kul’chitskii [i dr.]. – Mn., 2003. – S. 88–92.

9. Sychik, S. I. Osnovnyye skhemy dispansernogo nablyudeniya za prenatal'no obluchennymi det'mi, prodolzhayushchimi prozhivat' v usloviyakh deistviya radiatsii / S. I. Sychik // Mezhdunar. konf., posvyashch. 100-letiyu so dnia rozhdeniya N. V. Timofeyeva-Resovskogo, Minsk, 17–18 okt. 2000 g. / In-t tsitologii i genetiki NAN Belarusi ; pod obshch. red. A. A. Miliutina, I. B. Mosse. – Mn., 2000. – S. 212–213.

10. Kompleksnaya otsenka sostoyaniya zdorov'ya detskogo naseleniya, postoianno prozhivayushchego na radiatsionno zagryaznennykh territoriyakh Krasnogorskogo rayona Brianskoy oblasti / S. I. Tarasova, V. M. Chernov, V. M. Buyankin [i dr.] // Pediatriya. – 1999. – № 2. – S. 99–104.

11. Fizicheskoye razvitiye sel'skikh detei Gomel'skogo raiona v postchernobyl'skiy period / A. I. Kienya, V. A. Mel'nik, Ye. M. Zaika [i dr.] // Morfologiya. – 2001. – T. 119, № 2. – S. 7–10.

12. Paramonova, N. S. Nekotoryye pokazateli immuniteta u klinicheski zdorovykh detei s povyshennym titrom antitel k tiroglobulinu, prozhivayushchikh v rayonakh s nizkim urovnem radioaktivnogo zagryazneniya / N. S. Paramonova // Mezhdunar. konf., posvyashch. 100-letiyu so dnia rozhdeniya N. V. Timofeyeva-Resovskogo, Minsk, 17–18 okt. 2000 g. / In-t tsitologii i genetiki NAN Belarusi ; pod obshch. red. A. A. Miliutina, I. B. Mosse. – Mn., 2000. – S. 154–156.

13. Parfeyevets, A. P. Analiz osobennostey serdechno-sosudistykh zabolevaniy u detei Pinskogo raiona / A. P. Parfeyevets // Zdorov'ye detei Belorusskogo Poles'ya: postchernobyl'skii aspekt : sb. nauch. tr. / In-t fiziologii NAN Belarusi ; redkol.: V. A. Kul'chitskii [i dr.]. – Mn., 2003. – S. 78–81.

14. Kienia, A. I. Vozrastno-polovyye osobennosti sensomotornoy reaktivnosti detei, prozhivayushchikh v razlichnykh rayonakh g. Gomelia / A. I. Kienia, O. V. Kirichenko // Meditsinskiye novosti. – 1998. – № 10. – S. 49–51.

15. Kienia, A. I. Sensomotornaya reaktivnost' detey, prozhivayushchikh na territorii, zagryaznennoy radionuklidami / A. I. Kienia, O. V. Kirichenko, Ye. M. Zaika // Mediko-biologicheskiye aspekty avarii na Chernobyl'skoy AES. – 1998. – № 2. – S. 8.

16. Yarmonenko, S. P. Radiobiologiya cheloveka i zhivotnykh / S. P. Yarmonenko. – M. : Vyssh. shk., 1988. – 424 s.

17. Strukturno-funktsional'nye effekty inkorporirovannykh v organizm radionuklidov / Yu. I. Bandazhevskii [i dr.] // Gomel' : GGMU, 2017. – 156 s.

18. Vozrastnaya kharakteristika razvitiya silovykh kachestv shkol'nikov, prozhivayushchikh na territorii, zagryaznennoy radionuklidami / Ye. M. Zaika, A. I. Kienya, N. M. Yermolitskii [i dr.] // Chernobyl': Ekologiya i zdorov'ye. – 1996. – № 3. – S. 21–24.

19. Sostoyaniye arterial'nogo krovyanogo davleniya u detei s razlichnym urovnem inkorporirovannogo tseziya-137 / A. I. Kienya, N. M. Yermolitskiy, Ye. M. Zaika [i dr.] // Chernobyl' – Visel'de – VII : materialy mezhdunar. nauchn. kongressa, Gomel', 14 apr. 1997 g. – Gomel', 1997. – S. 60–61.

20. Bandazhevskii, Yu. I. Strukturno-funktsional'nyye effekty inkorporirovannykh v organizm radionuklidov / Yu. I. Bandazhevskii. – Gomel', 1997. – 156 s.

21. Gumega, M. D. Osobennosti tireoidnogo statusa zhitelei radiatsionno kontroliruyemykh territorii, pribyvshikh na kurort Truskavets / M. D. Gumega // Diagnostika i profilaktika negativnykh posledstvii radiatsii : materialy 3-go simpoziuma, Kiev, 16–17 dek. 1997 g. / In-t problem onkologii im. R. Ye. Kavetskogo. – Kiev, 1997. – S. 86–87.

22. Kolpakov, I. Ye. Funktsional'noye sostoyaniye sistemy dykhaniya detei, prozhivayushchikh v zone zhestkogo radiatsionnogo kontrolia / I. Ye. Kolpakov // Diagnostika i profilaktika negativnykh posledstviy radiatsii : materialy 3-go simpoziuma, Kiev, 16–17 dek. 1997 g. / In-t problem onkologii im. R. Ye. Kavetskogo. – Kiev, 1997. – S. 137–139.

23. Fedirko, P. A. Kharakteristika gemodinamiki glaza u uchastnikov avariynykh rabot na ChAES i obosnovaniye lechebnykh podkhodov / P. A. Fedirko // Diagnostika i profilaktika negativnykh posledstvii radiatsii : materialy 3-go simpoziuma, Kiev, 16–17 dek. 1997 g. / In-t problem onkologii im. R. Ye. Kavetskogo. – Kiev, 1997. – S. 257–258.

24. Kharakteristika nekotorykh immunologicheskikh pokazatelei v dinamike u detey, rodivshikhsya u zhenshchin, evakuirovannykh iz 30-km zony radiatsionnogo zagryazneniya / Yu. G. Antipkin, V. P. Chernyshev, O. M. Vasyuk [i dr.] // Diagnostika i profilaktika negativnykh posledstviy radiatsii : materialy 3-go simpoziuma, Kiev, 16–17 dek. 1997 g. / In-t problem onkologii im. R. Ye. Kavetskogo. – Kiev, 1997. – S. 12.

25. Algoritmicheskii podkhod v opredelenii riska razvitiya endokrinnoi nedostatochnosti detei, postradavshikh vsledstviye avarii na ChAES / O. Ya. Boyars'ka, O. V. Kopylova, D. Ye. Afanas'yev [i dr.] // Diagnostika i profilaktika negativnykh posledstviy radiatsii : materialy 3-go simpoziuma, Kiev, 16–17 dek. 1997 g. / In-t problem onkologii im. R. Ye. Kavetskogo. – Kiev, 1997. – S. 42–46.

26. Klinicheskiye posledstviya vnutriutrobnogo oblucheniya detey / Ye. L. Stepanova, V. G. Kondrashova, T. Ya. Galichans'ka [i dr.] // Diagnostika i profilaktika negativnykh posledstviy radiatsii : materialy 3-go simpoziuma, Kiev, 16–17 dek. 1997 g. / In-t problem onkologii im. R. Ye. Kavetskogo. – Kiev, 1997. – S. 248–249.

27. Kuberger, M. B. Rukovodstvo po klinicheskoi elektrokardiografii detskogo vozrasta / M. B. Kuberger. – L., 1983. – 156 s.

28. Astakhov, A. A. Mnogofunktsional'nyi impedansnyi monitoring serdechno-sosudistoi sistemy i liogkikh / A. A. Astakhov. – Chelyabinsk, 1989. – 18 s.

29. Vinogradova, T. S. Instrumental'nyye metody issledovaniya serdechno-sosudistoy sistemy / T. S. Vinogradova. – M. : Meditsina, 1986. – 416 s.

30. Bayevskii, R. M. Matematicheskii analiz izmenenii serdechnogo ritma pri stresse / R. M. Bayevskii, O. I. Kirillov, S. M. Kletskin. – M. : Meditsina, 1984. – 218 s.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 01.06.2026

УДК 581.84:582.623.2 DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-44-56

Наталья Валерьевна Шкуратова
канд. биол. наук, доц., доц. каф. биологических и химических технологий
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
Natalia Shkuratova
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Biological and Chemical Technologies
of Brest State A. S. Pushkin University
e-mail: schkuratova_n@tut.by

ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИИ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ *Populus diversifolia* SCHRENK. И *Populus bolleana* Lauche. (*Salicaceae* Mirb.) В СВЯЗИ С СИСТЕМАТИЧЕСКИМ ПОЛОЖЕНИЕМ

Изучены особенности анатомического строения листовой пластинки, черешка листа и однолетнего стебля Populus diversifolia Schrenk. *и Populus bolleana* Lauche., *характеризующие их систематическое положение. Качественные признаки анатомии черешка и ксилемы стебля подчеркивают принадлежность исследованных видов к роду* Populus L. *Для оценки принадлежности видов к подроду наиболее существенно применение в качестве диагностических признаков особенностей строения листовой пластинки. Диагностика на уровне вида наиболее эффективна на основе комплекса анатомических признаков листа и коры однолетнего стебля.*

Ключевые слова: *Populus, род, подрод, вид, анатомическое строение, листовая пластинка, черешок, стебель, кора, ксилема, диагностический признак.*

Features of Anatomy of Vegetative Organs Populus diversifolia SCHRENK. *and Populus bolleana* Lauche. *(Salicaceae* Mirb.*) in Connection with Systematic Position*

The features of the anatomical structure of the leaf blade, leaf petiole, and annual stem of Populus diversifolia Schrenk. and Populus bolleana Lauche., which characterize their systematic position, have been studied. The qualitative features of the anatomy of the leaf petiole and stem xylem emphasize the belonging of the studied species to the genus Populus L. To assess the belonging of species to a subgenus, it is most important to use the features of the leaf blade structure as diagnostic criteria. Diagnosis at the species level is most effective based on a combination of anatomical features of the leaf and the bark of the annual stem.

Key words: *Populus, genus, subgenus, species, anatomical structure, leaf blade, petiole, stem, bark, xylem, diagnostic feature.*

Введение

Представителям каждой естественной группы организмов свойственна специфическая для нее системная организация [1]. В связи с этим анатомическая структура, сложившаяся в процессе эволюции, является той основой, которая определяет возможные дальнейшие структурные изменения, обусловленные адаптацией организмов к условиям обитания.

Род *Populus* L. отделился от родственного рода *Salix* L. в позднем мелу на территории Восточной Азии, откуда представители рода впоследствии распространились в Северную Америку, Европу и Северную Африку. В семействе *Salicaceae* Mirb. род *Populus* считается самым примитивным [2]. *Populus* включает три подрода и 7 естественных групп, которым исследователями придается систематический ранг подродов, секций или рядов [3; 4]. В структуре рода *Populus* не позднее раннего палеоцена выделились группы *Turanga* Bye и *Albidae* Dode, которые являются реликтами Мадреанско-Тетисовой флористической области [5].

Цель исследования – установить особенности анатомического строения листовой пластинки, черешка листа и стебля *Populus diversifolia* Schrenk. и *Populus bolleana* Lauche., характеризующие их систематическое положение.

Материалы и методы исследования

Populus diversifolia Schrenk. – представитель малочисленного подрода *Turanga*. Туранговые тополя – небольшие деревья, внешне напоминающие осину, но с более рыхлой кроной. От остальных тополей туранги отличаются симподиальным нарастанием ствола, как у ив, и опадающим к созреванию коробочек околоцветником. У *Populus diversifolia*, как и у других видов подрода, резко отличаются по форме листья порослевых побегов и побегов в старой части кроны [2; 3; 6]. С наступлением знойного периода в наиболее сухих местообитаниях туранговые тополя сбрасывают часть листьев. Корневая система туранг хорошо развита, сильно разветвлена на уровне грунтовых вод. Вид размножается семенами и корневыми отпрысками, но дает отрицательные результаты при размножении черенками [7].

Populus diversifolia произрастает в тугаях Средней Азии, поселяется на песках или вдоль рек отдельными деревьями и группами. Туранги хорошо переносят поверхностное засоление и сухость воздуха [2; 6]. В соответствии с категориями, принятыми Комиссией по редким и исчезающим видам Международного союза охраны природы и природных ресурсов, *Populus diversifolia* рассматривается как редкий, реликтовый вид семейства *Salicaceae* с сокращающимся ареалом [4].

Populus bolleana Lauche. – представитель подрода *Leuce*, секции *Albidae*. Дерево отличается узкой колонновидной кроной. Ствол сильно сбежистый, в нижней части крупно угловатый. Листья крупные, кожистые, на нижней поверхности – войлочно-опушенные. На удлиненных побегах листья неглубоко 5–7-лопастные, на укороченных – эллиптически-округлые, угловатые. Тополь развивает мощную корневую систему. Растет быстро, особенно в условиях орошения. Засухоустойчив, солеустойчив, сравнительно зимостоек. Вид естественно произрастает в долинах и предгорьях Средней Азии, где распространяется вдоль рек [3; 6; 8].

Таким образом, оба рассматриваемых вида являются светолюбивыми, довольно засухоустойчивыми деревьями, которые используются в полезащитном лесоразведении, для укрепления склонов и песков в полупустынных условиях, а также характеризуются рядом ксероморфных признаков.

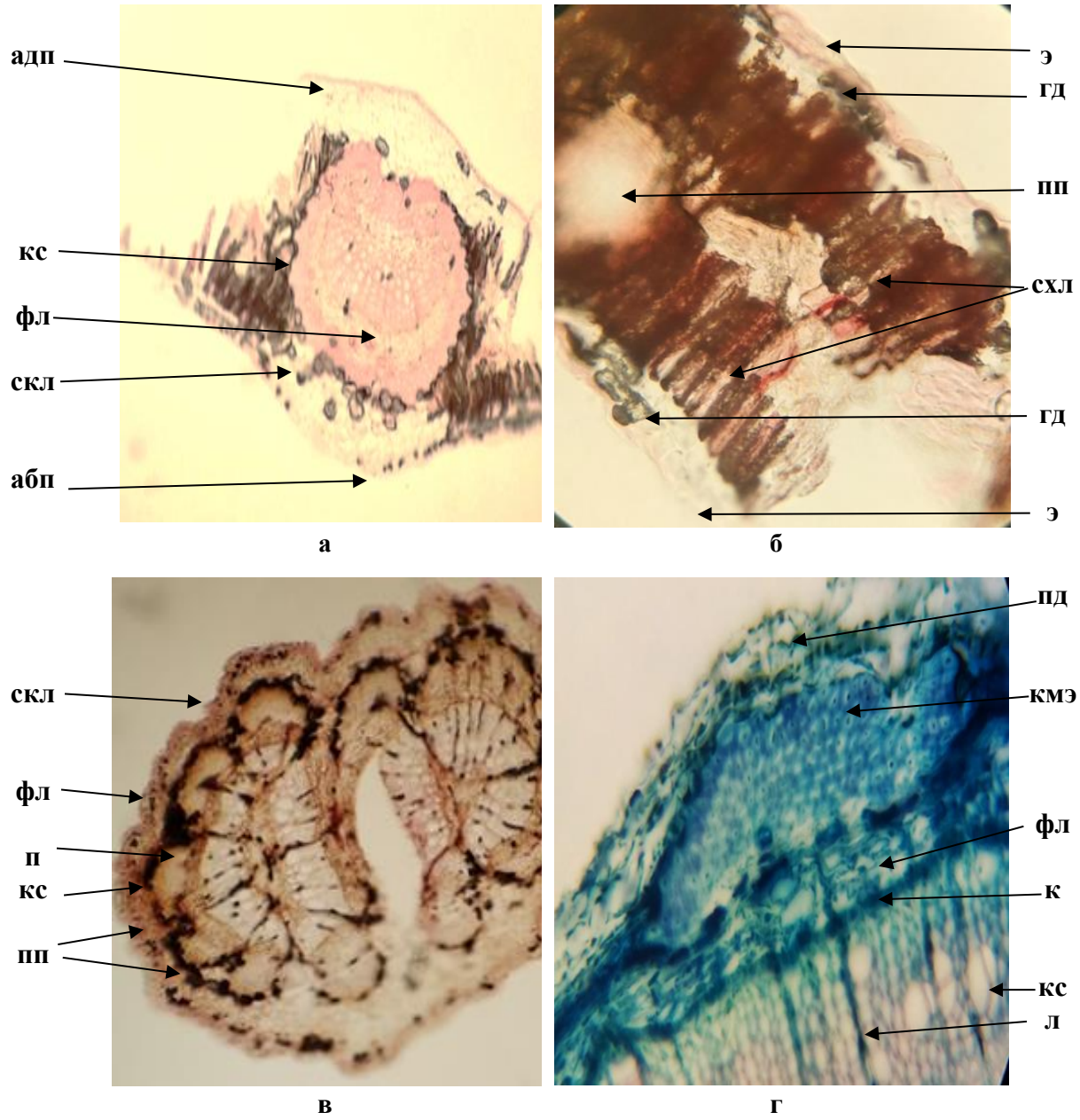
Материал для исследования получен из естественных местообитаний видов на территории Дашогузского велаята, расположенного в северной части Туркменистана. Для исследования использовались образцы стеблей и листьев, достигшие дефинитивного состояния. Отбирали образцы с одновозрастных особей, произрастающих в сходных условиях. Образцы листьев фиксировали в 96 %-ом этиловом спирте, образцы стеблей – в смеси этилового спирта и глицерина (1 : 1).

Из зафиксированных образцов однолетних стеблей и листьев с помощью микротома с замораживающим столиком (стебель, черешок) или лезвием от руки (листовая пластинка) изготавливали срезы. Из полученных срезов готовили постоянные препараты по методике, общепринятой в анатомии растений [9].

Окрашивание осуществляли регрессивным методом. Срезы выдерживали в сафранине не менее 30 мин., затем промывали водой и помещали на предметное стекло, где проводили дальнейшее окрашивание. На срезы пипеткой наносили метиленовый синий и выдерживали в нем 1–2 мин. Далее срезы поочередно проводили через 50 %-й, 75 %-й и 96 %-й спирт, выдерживая в каждом несколько минут и убирая фильтровальной бумагой. Для просветления интенсивно окрашенные срезы помещали в раствор карболксилола, а затем в ксилол. На прокрашенные и обезвоженные срезы наносили канадский бальзам, после чего закрывали покровным стеклом [9; 10]. Анатомический анализ осуществляли на световых микроскопах «Микромед-1». Фотографирование осуществляли на микроскопе с цифровой фотонасадкой «Альтами Био 1Т». Измерение структур выполняли при помощи винтового окуляр-микрометра «МОВ-1-15».

Результаты и их обсуждение

Populus diversifolia. *Листовая пластинка Populus diversifolia* плотная, ее толщина достигает до 300–330 мкм (рисунок 1 а).



а – листовая пластинка в области главной жилки на поперечном срезе;
б – листовая пластинка на поперечном срезе; в – черешок на поперечном срезе;
г – однолетний стебель на поперечном срезе; абп – абаксиальная поверхность;
адп – адаксиальная поверхность; гд – гиподерма; к – камбий; кмэ – механическое кольцо; кс – ксилема;
л – лучи; п – паренхима; пд – перидерма; пп – проводящий пучек; скл – склеренхима;
схл – столбчатая хлоренхима; фл – флоэма; э – эпидерма

Рисунок 1 – Анатомическое строение *Populus diversifolia*

Листья *Populus diversifolia* покрыты кутикулой и мелкоклеточной однослойной эпидермой. Клетки эпидермы имеют равные радиальные и тангентальные размеры, а наружная антиклинальная стенка куполообразно вытянута. Под эпидермой на адаксиальной и абаксиальной поверхностях листа залегает гиподерма. Клетки гиподермы

с утолщенными оболочками, что одновременно усиливает прочность листа и защищает от излишнего испарения. Хлоренхима листа изолатеральная, поскольку вне проводящей жилки столбчатый мезофилл располагается на обеих сторонах листа. Насчитывается по два слоя клеток столбчатого мезофилла на каждой поверхности (рисунок 1 б). В области средней жилки под гиподермой залегает от 2 до 4 слоев колленхиматозной паренхимы, сложенной крупными клетками с уголковым утолщением. Проводящая жилка представлена коллатеральным проводящим пучком, в котором флоэма обращена к абаксиальной поверхности. Проводящие пучки армированы склеренхимными волокнами в виде шапковидных групп на обеих поверхностях пучка. На абаксиальной поверхности, со стороны флоэмы, группа волокон более многочисленная.

Черешок на поперечном сечении *Populus diversifolia* овальный, несколько сжат с латеральных сторон. На адаксиальной поверхности слабо выражен желобок. Эпидерма однослойная, покрыта мощным слоем кутикулы. Поверхность черешка крупно волнистая. Эпидермальные клетки имеют квадратно-округлые полости. Наружная тангентальная стенка эпидермальных клеток утолщена, выгнута кнаружи. Субэпидермально располагаются 4–5 слоев колленхимы пластинчато-уголкового типа. Залегающая глубже основная паренхима образована однородными клетками, диаметр которых в 1,5 – 2 раза больше клеток колленхимы. Сложение ткани рыхлое, хорошо различимы межклетники. Клетки основной паренхимы тонкостенные, округлые на поперечном сечении. В паренхиме присутствуют кристаллы оксалата кальция в виде ромбоидов.

Проводящая система в средней части черешка представлена двумя кольцами, насчитывающими по 10–12 закрытых коллатеральных пучков, расположенных плотно друг к другу (рисунок 1 в). Такой тип проводящей системы можно оценить как дискретный [11]. Склеренхима образует шапковидные группы, располагающиеся напротив пучков. Сердцевинные лучи 2–3-рядные. Количество ситовидных трубок во флоэме примерно равно аксиальной паренхиме. Ситовидные трубки округлые в поперечном сечении. Элементы флоэмы не образуют ряды, они расположены диффузно. В ксилеме сосуды располагаются четкими радиальными рядами.

Однолетний стебель Populus diversifolia к концу вегетативного сезона уже не имеет эпидермы, т. к. в связи с заложением перидермы эпидерма сшелушивается (рисунок 1 г). Ширина коры составляет 170–210 мкм. Перидерма состоит из феллемы и феллогена, феллодерма отсутствует. На удлиненных побегах с волнистой поверхностью феллема насчитывает 2–5 слоев клеток, на укороченных побегах количество слоев большее – до 10–12. Феллема гомогенная, все ее клетки без содержимого, с тонкими извилистыми стенками. Радиальный размер клеток феллемы примерно равен радиальному, поэтому поперечное сечение клеток практически квадратное и клетки образуют радиальные ряды.

Перидерму подстилает тонкостенная колленхима. В удлиненных побегах насчитывается до 5 слоев клеток колленхимы, а в укороченных – 2–3 слоя. Под колленхимой залегает паренхима первичной коры. Ее доля мала: в среднем 2–3 слоя клеток, в укороченных побегах – 5–6 слоев. Ткань гомогенная. Клетки овальные на поперечном сечении, тангентальный размер больше радиального, в 1,5–2 раза крупнее клеток колленхимы. В клетках присутствуют кристаллы оксалата кальция в виде друз и ромбоиды. Ромбоиды формируют кристаллоносную обкладку у групп механических элементов.

Кольцо первичных механических элементов прерывистое, гетерогенное. Механическое кольцо состоит из овальных и эллиптических ориентированных по окружности стебля групп механических волокон и неопределенной формы брахисклереидных групп, отделенных друг от друга паренхимой. В группах насчитывается до 40–50 штук механических волокон. Волокна узкопросветные. Склереидные группы малочисленные (от 1-2 до 5-6 штук) и встречаются только на отдельных участках.

Зона флоэмы узкая, насчитывает 5–6 слоев клеток. В составе флоэмы проводящие, паренхимные, механические элементы. Преобладают проводящие элементы,

которые распределены четкими радиальными рядами. Поперечное сечение ситовидных трубок узко-прямоугольное, тангентальный размер превышает радиальный. Флоэмные лучи гетерогенные, 1–2-рядные.

Вторичная ксилема рассеянно-сосудистого типа. Годичный слой более или менее однороден по строению. Сосуды более или менее овальные на поперечном сечении, ориентированы по радиусу стебля. Диаметр сосудов – 18–24 мкм.

Во внутренней зоне соответствующей ранней древесине, радиальные размеры широкопросветных сосудов на четверть превышают таковые внутренней и периферической зоны годичного прироста. Много волокон либриформа. Ксилемные лучи узкие, гомогенные, однорядные. Первичная ксилема насчитывает 5–6 слоев клеток и окружает сердцевину. Паренхима сердцевины гомогенная, тонкостенная, рыхлосложенная, с межклетниками. В клетках сердцевины присутствуют друзы оксалата кальция.

Таким образом, у *Populus diversifolia* листовая пластинка изолатеральная и содержит двухсторонюю гиподерму; в черешке проводящая система кольцевая дискретного типа; в коре однолетнего стебля последовательно размещены перидерма, колленхима, гомогенная паренхима первичной коры, гетерогенное прерывистое кольцо первичных механических элементов, узкая зона вторичной флоэмы; ксилема рассеяно-сосудистого типа; клетки паренхимы первичной коры, флоэмы и сердцевины содержат кристаллы оксалата кальция.

Populus bolleana. Лист *Populus bolleana* имеет сильно выдающуюся среднюю жилку с мощно развитой паренхимой на абаксиальной поверхности. Толщина листовой пластинки значительно меньше (120–200 мкм) ее дорсовентрального размера в области средней жилки (рисунок 2 а). Эпидерма однослойная, покрыта кутикулой.

В области средней жилки под эпидермой находится многослойная колленхиматозная паренхима из более-менее округлых клеток с уголковым утолщением стенок (на адаксиальной поверхности ее клеток 5–6 слоев, на абаксиальной – вдвое большее). Проводящая система средней жилки дуговидная на поперечном сечении, коллатерального типа, армирована многочисленными дуговидными группами волокон.

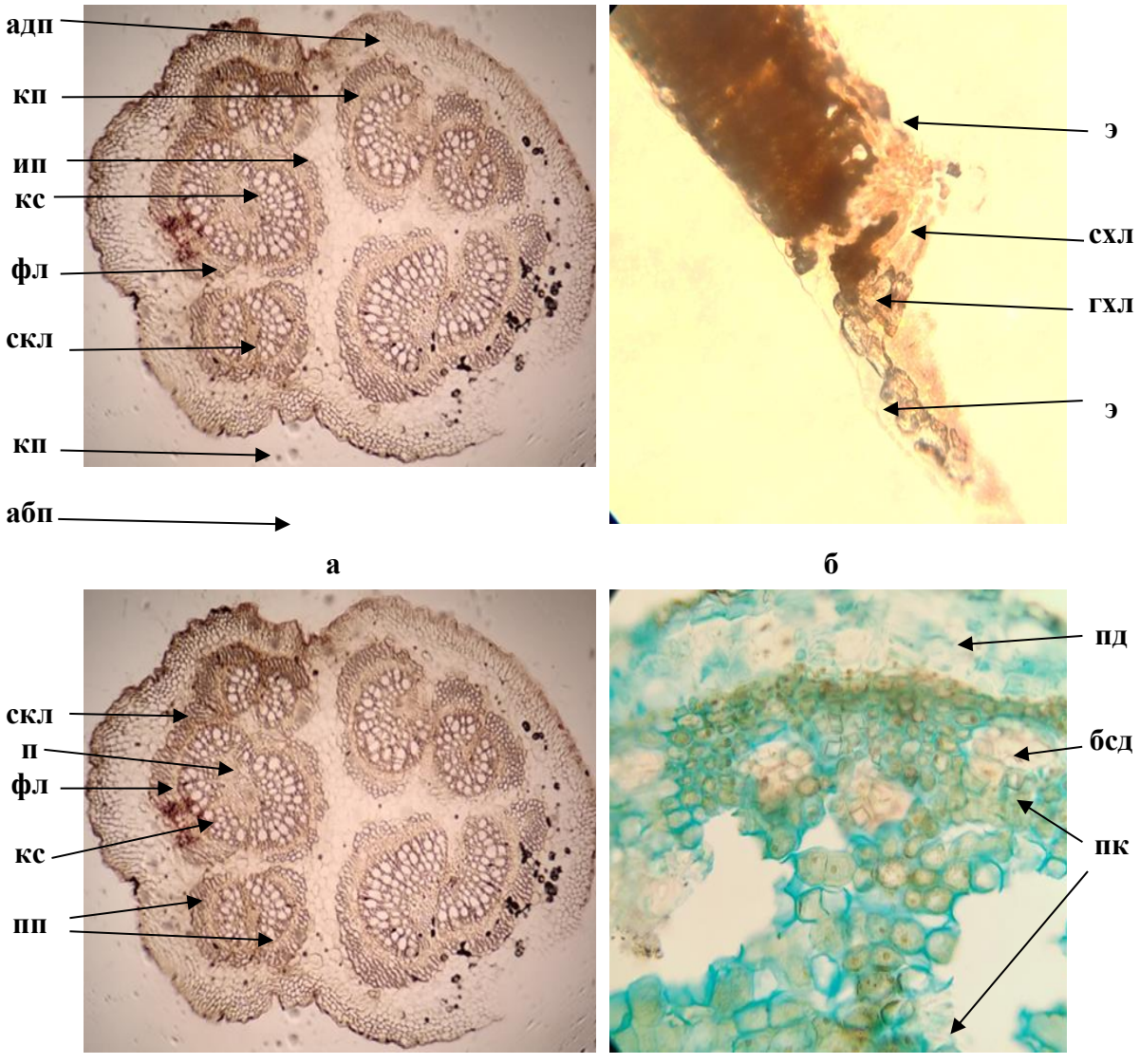
В составе листовой пластинки основные клетки эпидермы мелкие, с незначительным утолщением наружных тангентальных и радиальных стенок. На абаксиальной поверхности листовой пластинки находятся многочисленны трихомы. У *Populus bolleana* гиподерма отсутствует, а мезофилл имеет дорсовентральное строение: на адаксиальной поверхности – 1 слой столбчатой паренхимы, на абаксиальной поверхности – 2 слоя губчатой паренхимы (рисунок 2 б).

Черешок Populus bolleana на поперечном сечении округло-овальный, неравнобокий, из двух выраженных половин (рисунок 2 в). Клетки эпидермы сосочковидные, имеют несколько утолщенные наружные тангентальные и радиальные стенки. Единично встречаются длинные одноклеточные трихомы. Субэпидермально располагаются 3–4 слоя колленхимы пластинчато-уголкового типа. В некоторых клетках колленхимы присутствуют друзы оксалата кальция. Подстилает колленхиму гомогенная паренхима, сложенная крупными, округлыми, тонкостенными округлыми клетками. По всей ширине ткани распределены многочисленные друзы оксалата кальция. Другие типы кристаллов не обнаружены.

Согласно классификации Н. Г. Закорко проводящая система черешка кольцевая, дискретного типа [11]. Проводящие пучки в черешке образуют по 3 кольца в каждой половине черешка (один крупный, два мелких). В центре каждого кольца – паренхима (рисунок 2 в). Проводящие пучки закрытого коллатерального типа. Каждый пучок окружен дуговидными группами склеренхимных волокон. Во флоэме преобладают ситовидные трубки по отношению к аксиальной паренхиме. Паренхима сердцевины плотного сложения, ее клетки тонкостенные, мелкие.

Однолетний стебель Populus bolleana, достигший дефинитивного развития, включает перидерму, паренхиму первичной коры, кольцо первичных механических элементов, флоэму, ксилему, паренхиму сердцевины. Эпидерма в однолетнем стебле к концу сезона эпидерма полностью отмирает и заменяется перидермой.

Перидерма состоит из феллогена и феллемы. Феллодерма не выражена. Феллема тонкостенная, со слегка извилистыми стенками, без содержимого. Тангентальный размер клеток феллемы примерно равен или несколько превышает радиальный и клетки квадратно-прямоугольной формы на поперечном сечении. В радиальном ряду насчитывается до 8-9 слоев клеток феллемы. При этом два наружных слоя феллемы отделены от остальных феллоидом – слоем клеток с очень толстыми слоистыми оболочками, которые не опробковевают, а одревесневают.



а – листовая пластинка в области главной жилки на поперечном срезе;
б – листовая пластинка на поперечном срезе; в – черешок на поперечном срезе;
г – периферическая часть коры однолетнего стебля на поперечном срезе;
абп – абаксиальная поверхность; адп – адаксиальная поверхность; бсд – брахисклереиды;
гд – гиподерма; ип – инвертированный пучок; кп – колленхиматозная паренхима; пд – перидерма;
пк – паренхима первичной коры; пп – проводящий пучок; скл – склеренхима
схл – столбчатая хлоренхима; фл – флоэма; э – эпидерма

Рисунок 2 – Анатомическое строение *Populus bolleana*

Под перидермой находится паренхима первичной коры, колленхима не выражена. Первичная кора гетерогенная. Темноокрашенные танидоносные клетки образуют 5-6-слойный пояс по периферии первичной коры.

Группы брахисклереид (по 6-7 штук в каждой) находятся в периферической зоне первичной коры (рисунок 2 г). Их группы окружены прерывистой кристаллоносной обкладкой, содержащей ромбоидные монокристаллы. В клетках паренхимы обнаруживаются как друзы, так и монокристаллы оксалата кальция.

Кольцо первичных механических элементов прерывистое, гетерогенное (состоит из почти округлых групп волокон и групп брахисклереид). Количество волокон в группах варьирует от 18 до 28 штук. Группы брахисклереид малочисленные (4–6 штук), неопределенной формы. Кристаллоносная обкладка у групп волокон прерывистая, а у брахисклереид – сплошная. Монокристаллы обкладки имеют ромбоидную форму.

Зона флоэмы (в сравнении с *Populus diversifolia,* широкая) до 120 мкм. Флоэма включает ситовидные трубки, флоэмные волокна, аксиальную паренхиму. Ситовидные трубки на поперечном сечении расположены радиальными рядами, в которых чередуются через одну с клетками аксиальной паренхимы. Клетки ситовидных трубок прямоугольной формы со слегка извилистыми стенками на поперечном сечении. Тангентальный размер клеток больше радиального. Во флоэме преобладают ситовидные трубки. В аксиальной паренхиме присутствует кристаллический песок. Флоэмные лучи гетерогенные, преимущественно однорядные, реже – двурядные.

Вторичная ксилема рассеяннососудистого типа. Сосуды широкопросветные, овальные на поперечном сечении, ориентированы по радиусу стебля. Диаметр сосудов – 22–38 мкм. В зоне ксилемы лучи гомогенные, однорядные. Во внутренней зоне ксилемы годичного прироста относительно много волокон либриформа. Первичная ксилема насчитывает 5-6 слоев клеток и окружает сердцевину. В сердцевине стебля перимедуллярная зона выражена слабо, хорошо развита центральная зона. Центральная зона содержит типичные тонкостенные паренхимные клетки, в части клеток присутствуют кристаллы оксалата кальция в виде друз и кристаллического песка.

Таким образом, у *Populus bolleana* листовая пластинка дорсовентральная, не содержит гиподерму; толщина листовой пластинки значительно меньше дорсовентрального размера в области средней жилки; в черешке проводящая система кольцевая дискретного типа; в коре однолетнего стебля последовательно размещены перидерма, гетерогенная паренхима первичной коры, гетерогенное прерывистое кольцо первичных механических элементов, широкая зона вторичной флоэмы; ксилема рассеяннососудистого типа; паренхима первичной коры, флоэмы и сердцевины содержит кристаллы оксалата кальция.

Анализ анатомических признаков. Для выявления особенностей внутреннего строения объектов исследования, характеризующих таксономическое положение в роде *Populus*, провели сравнение анатомической структуры листовой пластинки, черешка листа и стебля двух видов тополей и сопоставили их с данными о других представителях рода *Populus* [12–20] (таблица 1).

Семейство *Salicaceae*, и род *Populus* в частности, характеризуется значительным разнообразием строения листа входящих в него видов [1; 17; 20]. Высокая пластичность анатомического строения листа представителей семейства обусловлена адаптацией к широкому диапазону условий заселяемых территорий.

В проведенном исследовании установлено, что в строении листовой пластинки *Populus diversifolia* обнаруживается мелкоклеточная эпидерма, однослойная гиподерма на обеих поверхностях листовой пластинки, изопалисадная хлоренхима, толстая листовая пластинка (толщина примерно равна толщине в области средней жилки).

Таблица – Сравнительная характеристика анатомических признаков двух тополей

Признак	*Populus diversifolia*	*Populus bolleana*
Листовая пластинка		
1. Трихомы	отсутствуют	имеются
2. Наличие гиподермы	имеется	отсутствует
3. Распределение хлоренхимы	изолатеральное	дорсовентральное
4. Толщина листовой пластинки	300–330 мкм	120–200 мкм
Черешок		
1. Форма поперечного сечения	округло-овальная	округло-овальная, неравнобокая
2. Форма поперечного сечения эпидермальных клеток	прямоугольно-квадратная	сосочковидная
3. Наличие трихом	отсутствуют	имеются
4. Распределение проводящих элементов	кольцевое дискретное	кольцевое дискретное
5. Форма склеренхимных групп	шапковидная	дуговидная, или шапковидная
6. Типы кристаллов оксалата кальция	ромбоиды	друзы
Кора однолетнего стебля		
1. Наличие эпидермы	отсутствует	отсутствует
2. Особенности перидермы	гомогенная	перидерма с феллоидом
3. Субэпидермальная колленхима	имеется	отсутствует
4. Тип паренхимы первичной коры	гомогенная	гетерогенная
5. Группы брахисклереид в первичной коре	отсутствуют	имеются
6. Кольцо первичных механических элементов	гетерогенное прерывистое	гетерогенное прерывистое
7. Кристаллоносная обкладка у групп волокон и склереид	имеется	имеется
8. Ширина флоэмы	40–60 мкм	90–120 мкм
9. Распределение аксиальной паренхимы	рядов не образует	рядов не образует
10. Соотношение ситовидных трубок и аксиальной паренхимы во флоэме	преобладают ситовидные трубки	преобладают ситовидные трубки
11. Тип флоэмных лучей	гетерогенные	гетерогенные
12. Типы кристаллов оксалата кальция в паренхиме коры	ромбоиды друзы	ромбоиды друзы
Ксилема однолетнего стебля		
1. Тип ксилемы	рассеянно сосудистая	рассеянно сосудистая
2. Тип ксилемных лучей	гомогенные	гомогенные
Сердцевина однолетнего стебля		
1. Структура сердцевины	гомогенная	гомогенная
2. Друзы оксалата кальция	имеются	имеются

Строение листовой пластинки *Populus diversifolia* сходно с таковым представителя подрода *Turanga* – *Populus pruinosa* Schrenk [15]. Как отмечает А. А. Паутов, появление двухсторонней гиподермы и изолатерального мезофилла у туранговых тополей защищает от обезвоживания в период летней засухи в естественных местах обитания [1; 14]. В листовых зачатках гиподерма закладывается у всех тополей, но в дальнейшем во взрослом листе сохраняется не у всех [1].

Наличие гиподермы в семействе *Salicaceae* считают примитивным признаком, который встречается как у тополей, так и у ив и чозении [12; 13; 17; 20]. Также

отмечается, что у представителей последних двух родов гиподерма не вполне обособлена от хлоренхимы [12].

Листовая пластинка *Populus bolleana* содержит дорзовентральную хлоренхиму, в составе хлоренхимы до 60-70 % объема приходится на палисадную паренхиму, лист не имеет гиподермы, характеризуется наличием в эпидерме трихом того же типа, который характерен для эпидермы однолетних стеблей ивовых [16]. Отсутствие гиподермы характерно для листьев других белых тополей [14]. Исходя из сказанного выше, можно заключить, что ксероморфность в анатомии листовой пластинки изученных видов достигается по-разному.

А. В. Анохина указывает, что строение средней жилки листа не может служить диагностическим признаком на межвидовом уровне, поскольку топография тканей одинакова [21]. Это же касается и исследованных видов – несмотря на принадлежность к разным подродам, структура средней жилки листа *Populus diversifolia* и *Populus bolleana* сходная.

Для оценки принадлежности вида к подроду в пределах рода *Populus* наиболее существенно применение в качестве диагностических признаков особенностей строения листовой пластинки: присутствие трихом, наличие и распределение гиподермы, распределение ассимиляционной паренхимы.

Петиолярная анатомия, основанная на особенностях внутреннего строения черешка листа, считается перспективной в анатомической диагностике [19; 20; 22; 23]. Как отмечают М. А. Гуленкова и Т. А. Дмитриева, высокая пластичность листовых пластинок обычно коррелирует с довольно постоянной структурой черешков [24]. В составе черешка наиболее важными признаками, имеющими диагностическое значение, являются форма поперечного сечения черешка, тип механической ткани, число проводящих пучков, расположение проводящих пучков, характер одревеснения основной паренхимы, наличие или отсутствие полости в центре черешка [25].

У исследованных видов различается форма поперечного сечения черешка, количество проводящих пучков, тип кристаллов оксалата кальция. При этом для исследованных видов, как и для других представителей рода *Populus* [19], характерны: кольцевой дискретный тип проводящей системы черешка; склеренхима в виде отдельных групп (дуг или шапок); наличие кристаллов оксалата кальция в паренхиме черешка; гомогенная структура коровой паренхимы. Указанные признаки свидетельствуют как о родстве подродов, так и о возможном конвергентном развитии отдельных представителей.

Анатомами продемонстрировано, что в стебле древесных растений ксилема у родственных видов устроена однотипно, ее признаки имеют родовой ранг [26; 27]. Действительно, в стебле *Populus diversifolia* и *Populus bolleana* ксилема, как и у других представителей рода *Populus,* рассеяннососудистого типа, а ксилемные лучи гомогенные.

Исходя из вышесказанного, следует, что *Populus diversifolia* и *Populus bolleana* имеют сходный план строения черешка листа и ксилемы стебля, характерный для представителей рода *Populus*.

На примере ряда древесных пород было показано, что в древесном стебле наибольшее количество диагностических признаков содержит кора [16; 28; 29]. При этом наиболее информативна кора однолетних стеблей, поскольку возрастные изменения часто ведут к унификации структуры коры [28].

Представители рода *Populus*, как и всего семейства *Salicaceae,* отличаются значительным сходством морфо-анатомического строения коры. Однако анализ анатомических особенностей коры значительного количества представителей позволил выделить комплексы диагностических признаков ранга рода и вида. К видоспецифическим признакам относятся: наличие или отсутствие трихом, их тип и строение; характер распределения аксиальной паренхимы во вторичной флоэме; величина, форма и расположение

групп волокон во вторичной флоэме; форма поперечного сечения групп волокон механического кольца; форма, величина и расположение танидоносных клеток в первичной коре; форма поперечного сечения эпидермальных клеток и характер утолщения их стенок; в многолетних стеблях – мощность повторных перидерм, расстояние между ними и характер отклонения последующих перидерм от предыдущих; тип кристаллов оксалата кальция в паренхимных клетках различных тканей [16].

Populus bolleana и *Populus diversifolia* имеют сходную топографию и состав тканей коры однолетнего стебля, за исключением колленхимы (у *Populus bolleana* колленхима не выражена). Общим в коре однолетних стеблей двух видов является: отсутствие эпидермы; содержание гетерогенного прерывистого кольца первичных механических элементов; наличие волокон и склереид во вторичной флоэме; присутствие гетерогенных флоэмных лучей; содержание монокристаллов и друз оксалата кальция в паренхимных клетках коры; преобладание во вторичной флоэме ситовидных трубок.

Кора исследованных видов, помимо содержания колленхимы, различается структурой перидермы (у *Populus bolleana* в феллеме содержится феллоид); наличием брахисклереид в первичной коре (у *Populus diversifolia* брахисклереиды отсутствуют) (таблица).

Сопоставление данных анатомии коры *Populus bolleana* и *Populus diversifolia* с другими представителями рода показало, что комплексы диагностических признаков коры однолетнего стебля позволяют подчеркнуть видовую специфику [16; 18]. Однако без учета принадлежности к подроду более эффективно применять сочетание анатомических признаков различных вегетативных органов.

Заключение

Таким образом, на основании анализа данных анатомического строения листовой пластинки, черешка листа и стебля *Populus diversifolia* и *Populus bolleana* выделили диагностические признаки, демонстрирующие их таксономию.

Качественные признаки анатомии черешка (кольцевой дискретный тип проводящей системы; склеренхима в виде отдельных групп; наличие кристаллов оксалата кальция в паренхиме; гомогенная структура коровой паренхимы) и ксилемы стебля (ксилема рассеяннососудистого типа, гомогенные ксилемные лучи) подчеркивают принадлежность исследованных видов к роду *Populus*.

Диагностические признаки, указывающие на принадлежность к подроду, выявлены в составе листовой пластинки (наличие трихом и гиподермы, тип хлоренхимы). Диагностика на уровне вида наиболее эффективна на основе комплекса анатомических признаков, среди которых могут использоваться признаки коры однолетнего стебля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Паутов, А. А. Основные направления и закономерности преобразования структуры листа в эволюции тополей : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.05 / Паутов Анатолий Александрович ; Санкт-Петерб. гос. ун-т. – СПб., 1996. – 45 с.

2. Скворцов, А. К. Порядок ивовые / А. К. Скворцов // Жизнь растений : в 6 т. – М. : Просвещение, 1981. – Т. 5 (2). – С. 81–86.

3. Тополь – *Populus* L. // Флора СССР. Т. 5 / под ред. В. Л. Комарова. — М. ; Л. : Изд-во Академии наук СССР, 1936. – С. 216–249.

4. Консенсусный документ по биологии Тополя *Populus* L. (№ 16) // Публикации ОЭСР по охране окружающей среды, здравоохранению и безопасности. Серия «Гармонизация регуляторного надзора в области биотехнологии» ; Директорат по охране окружающей среды Организации экономического сотрудничества и развития. – Париж, 2000. – 25 с.

5. Климов, А. В. Происхождение и эволюция рода *Populus* L. (семейство *Salicaceae*) / А. В. Климов, Б. В. Прошкин // Социально-экологические технологии. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 205–338.

6. Богданов, П. Л. Дендрология : учеб. для лесохозяйств. специальностей вузов / П. Л. Богданов. – М. : Лесная пром-сть, 1974. – 240 с.

7. Иманбаева, А. А. Естественные популяции туранги разнолистной в пустыне Мангистау / А. А. Иманбаева, И. Ф. Белозеров, Г. Гасанова // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии : сб. науч. ст. по материалам Тринадцатой междунар. науч.-практ. конф., Барнаул, 20–23 окт. 2014 г. / АлтГУ, Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова РАН, Центр. Сиб. ботан. сад СО РАН, Алтайс. отд. Рус. ботан. о-ва ; отв. ред. А. И. Шмаков, Т. М. Копытина. – Барнаул : Концепт, 2014. – С. 89–92.

8. Царев, А. П. Сортоведение тополя : монография / А. П. Царев. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1985. – 156 с.

9. Прозина, М. Н. Ботаническая микротехника / М. Н. Прозина. – М. : Высш. шк., 1960. – 206 с.

10. Еремин, В. М. Выпускные квалификационные работы по структурной и экологической анатомии растений : метод. рекомендации к выполнению ВКР / В. М. Еремин, Н. В. Шкуратова. – Южно-Сахалинск, 2008. – 32 с.

11. Закорко, Н. Г. О диагностической ценности анатомического строения черешка и его применение в таксономии порядка Urticales / Н. Г. Закорко // Труды Международной конференции по анатомии и морфологии растений, посвящ. 150-летию со дня рождения И. П. Бородина, Санкт-Петербург, 2–6 июня 1997 г. – СПб. : ДИАДА, 1997. – С. 60–61.

12. Скворцов, А. К. Анатомическое исследование листа ив (Salix) в связи с филогенией и систематикой рода / А. К. Скворцов, М. Д. Голышева // Бюллетень Московского общества испытателей природы, Ботаническая секция, 20–25 марта 1964 г. – М., 1964. – С. 67–69.

13. Скворцов, А. К. Ивы СССР. Систематический и географический обзор / А. К. Скворцов. – М. : Наука, 1985. – 260 с.

14. Паутов, А. А. Происхождение гиподермы в листьях ивовых / А. А. Паутов // Труды Международной конференции по анатомии и морфологии растений, посвящ. 150-летию со дня рождения И. П. Бородина, Санкт-Петербург, 2–6 июня, 1997 г. – СПб. : ДИАДА, 1997. – С. 301–302.

15. Паутов, А. А. О многослойной эпидерме листьев тополей / А. А. Паутов // Вестник СПбГУ. Серия 3, Биология. – 2002. – Вып. 1.– С. 54–59.

16. Еремин, В. М. Сравнительная анатомия коры ивовых : монография / В. М. Еремин, Н. В. Шкуратова ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2007. – 196 с.

17. Строение листьев древесных растений лесостепного Зауралья / А. А. Паутов [и др.] // Вестник СПбГУ. Серия 3, Биология. – 2008. – № 3. – С. 68–79.

18. Шкуратова, Н. В. О возможности диагностики аборигенных и интродуцированных в Республике Беларусь видов *Populus* L. по анатомическим признакам коры однолетнего стебля / Н. В. Шкуратова // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2011. – № 1. – С. 66–71.

19. Зуйкевич, В. В. Анатомия черешка *Populus Simonii* Carr. / В. В. Зуйкевич // Природа, человек и экология : сб. тез. докл. 3-й регион. науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 21 апр. 2016 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. С. Э. Карозы. – Брест : БрГУ, 2016. – С. 50.

20. Литвинова, А. М. Диагностические признаки в анатомической структуре листьев некоторых декоративных видов рода Salix L. / А. М. Литвинова, Н. В. Шкуратова // Современные проблемы экологии и наук о Земле : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Гомель, 20 сент. 2024 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т ; редкол.: О. В. Ковалева (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – С. 218–220.

21. Анохина, А. В. Анатомическое строение стебля и листа *Adenophora verticillata* Fisch. и *A. pereskiifolia* (Fisch. ex Schult.) G. Don (*Campanulaceae*) / А. В. Анохина // Вестник Дальневосточного отделения РАН. – 2019. – № 2. – С. 104–110.

22. Соколова, Е. А. Значение признаков анатомического строения черешка для систематики родов *Cerasus* Mill. и *Padus* Mill. (*Rosaceae*) / Е. А. Соколова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1989. – Т. 124. – С. 109–112.

23. Грицук, О. А. Данные петиолярной анатомии в диагностике древесных бобовых / О. А. Грицук, Н. В. Шкуратова // Проблемы оценки, мониторинга и сохранения биоразнообразия : сб. материалов III Респ. науч.-практ. экол. конф. с междунар. участием, Брест, 28 нояб. 2019 г. / редкол.: Н. В. Шкуратова, М. В. Левковская, Н. М. Матусевич. – Брест : БрГУ, 2019. – С. 61–63.

24. Гуленкова, М. А. Анатомия черешков видов *Lathyrus* L. и ее значение для систематики рода / М. А. Гуленкова, Т. А. Дмитриева // Материалы X Моск. совещ. по филогении растений / под ред. Л. И. Лотовой, А. П. Меликяна ; МГУ им. М. В. Ломоносова. – М., 1999. – С. 62–64.

25. Моторыкина, Т. Н. Анатомическое строение черешков стеблевых листьев у некоторых видов рода *Potentilla* (*Rosaceae*) / Т. Н. Моторыкина // Turczaninowia. – 2015. – № 18 (3). – С. 75–83.

26. Бенькова, В. Е. Анатомия древесины растений России / В. Е. Бенькова, Ф. Х. Швейнгрубер. – Берн ; Штутгарт ; Вена : Хаупт, 2004. – 456 с.

27. Эзау, К. Анатомия семенных растений : в 2 кн. / К. Эзау. – М. : Мир, 1980. – Кн. 1. – 226 с.

28. Анатомия коры деревьев и кустарников : монография / В. М. Еремин, Ю. Ф. Рой, В. И. Бойко [и др.] ; под ред. В. М. Еремина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2001. – 187 с.

29. Лотова, Л. И. Анатомия коры розоцветных (*Rosaceae*): разнообразие, эволюция, таксономическое значение / Л. И. Лотова, А. К. Тимонин. – М. : КМК, 2005. – 264 с.

REFERENCES

1. Pautov, A. A. Osnovnye napravleniya i zakonomernosti preobrazovaniya struktury lista v evolyutsii topolei : avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk : 03.00.05 / Pautov Anatolii Aleksandrovich ; Sankt-Peterb. gos. un-t. – SPb, 1996. – 45 s.

2. Skvortsov, A. K. Poriadok ivovye / A. K. Skvortsov // Zhizn’ rastenii : v 6 t. – M. : Prosveshchenie, 1981. – T. 5 (2). – S. 81–86.

3. Topol’ – *Populus* L. // Flora SSSR. T. 5 / pod red. V. L. Komarova. – M. ; L. : Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1936. – S. 216–249.

4. Konsensusnyi dokument po biologii Topolya *Populus* L. (№ 16) // Publikacii OESR po okhrane okruzhayushchei sredy, zdravoohraneniyu i bezopasnosti. Seriya «Garmonizaciya reguliatornogo nadzora v oblasti biotekhnologii»; Direktorat po okhrane okruzhayushchei sredy Organizacii ekonomicheskogo sotrudnichestva i razvitiya. – Parizh, 2000. – 25 s.

5. Klimov, A. V. Proiskhozhdenie i evolyutsiya roda *Populus* L. (semeistvo Salicaceae) / A. V. Klimov, B. V. Proshkin // Sotsial’no-ekologicheskie tekhnologii. – 2024. – T. 14, № 2. – S. 205–338.

6. Bogdanov, P. L. Dendrologiya : ucheb. dlia lesokhozyaistvennykh special’nostei vuzov / P. L. Bogdanov. – M. : Lesnaya prom-st’, 1974. – 240 s.

7. Imanbayeva, A. A. Yestestvennye populyatsii turangi raznolistnoi v pustyne Mangistau / A. A. Imanbayeva, I. F. Belozerov, G. Gasanova // Problemy botaniki Yuzhnoj Sibiri i Mongolii : sb. nauch. st. po materialam Trinadtsatoi mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Barnaul, 20–23 okt. 2014 g. / AltGU, Botan. in-t im. V. L. Komarova RAN, Centr. Sib. botan. sad SO RAN, Altaiskoye otd. Rus. botan. o-va ; otv. red. A. I. Shmakov, T. M. Kopytina. – Barnaul : Koncept, 2014. – S. 89–92.

8. Tsarev, A. P. Sortovedenie topolia : monografiya / A. P. Tsarev. – Voronezh : Izd-vo VGU, 1985. – 156 s.

9. Prozina, M. N. Botanicheskaya mikrotekhnika / M. N. Prozina. – M. : Vyssh. shk., 1960. – 206 s.

10. Yeremin, V. M. Vypusknye kvalifikatsionnye raboty po strukturnoi i ekologicheskoi anatomii rastenii : metod. rekomendacii k vypolneniyu VKR / V. M. Yeremin, N. V. Shkuratova. – Yuzhno-Sakhalinsk, 2008. – 32 s.

11. Zakorko, N. G. O diagnosticheskoi tsennosti anatomicheskogo stroeniya chereshka i yego primenenie v taksonomii poryadka Urticales / N. G. Zakorko // Trudy Mezhdunarodnoi konferentsii po anatomii i morfologii rastenii, posvyashch. 150-letiyu so dnia rozhdeniya I. P. Borodina, Sankt-Peterburg, 2–6 iyunia 1997 g. – SPb. : DIADA, 1997. – S. 60–61.

12. Skvortsov, A. K. Anatomicheskoe issledovanie lista iv (*Salix*) v sviazi s filogeniei i sistematikoi roda / A. K. Skvortsov, M. D. Golysheva // Biulleten’ Moskovskogo obshchestvava ispytatelei prirody, Botanicheskaia sektsiya, 20–25 marta 1964 g. – M., 1964. – S. 67–69.

13. Skvortsov, A. K. Ivy SSSR. Sistematicheskii i geograficheskii obzor/ A. K. Skvortsov. – M. : Nauka, 1985. – 260 s.

14. Pautov, A. A. Proiskhozhdenie gipodermy v list'yakh ivovyh / A. A. Pautov // Trudy Mezhdunarodnoi konferentsii po anatomii i morfologii rastenii, posvyashch. 150-letiyu so dnia rozhdeniya I. P. Borodina, Sankt-Peterburg, 2–6 iyunia 1997 g. – SPb. : DIADA, 1997. – S. 301–302.

15. Pautov, A. A. O mnogosloinoi epiderme list'ev topolei / A. A. Pautov // Vestnik SPbGU. Seriya 3, Biologiya. – 2002. – Vyp. 1. – S. 54–59.

16. Yeremin, V. M. Sravnitel'naya anatomiya kory ivovykh : monografiya / V. M. Yeremin, N. V. Shkuratova ; Brest. gos. un-t im. A. S. Pushkina. – Brest : Izd-vo BrGU, 2007. – 196 s.

17. Stroenie list'ev drevesnykh rastenii lesostepnogo Zaural'ya / A. A. Pautov [i dr.] // Vestnik SPbGU. Seriya 3, Biologiya. – 2008. – № 3. – S. 68–79.

18. Shkuratova, N. V. O vozmozhnosti diagnostiki aborigennykh i introducirovannykh v Respublike Belarus' vidov *Populus* L. po anatomicheskim priznakam kory odnoletnego steblia / N. V. Shkuratova // Vesnik Brestskaga universiteta. Seryya 5, Khimiya. Biyalogiya. Navuki ab Ziamli. – 2011. – № 1. – S. 66–71.

19. Zuikevich, V. V. Anatomiya chereshka *Populus Simonii* Carr. / V. V. Zuikevich // Priroda, chelovek i ekologiya : sb. tez. dokl. 3-i region. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh, Brest, 21 apr. 2016 g. / Brest. gos. un-t im. A. S. Pushkina ; pod obshch. red. S. E. Karozy. – Brest : BrGU, 2016. – S. 50.

20. Litvinova, A. M. Diagnosticheskie priznaki v anatomicheskoi strukture list'ev nekotorykh dekorativnykh vidov roda *Salix* L. / A. M. Litvinova, N. V. Shkuratova // Sovremennye problemy ekologii i nauk o Zemle : sb. materialov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchyonykh, Gomel', 20 sent. 2024 g. / M-vo obrazovaniya Resp. Belarus', Gomel. gos. un-t ; redkol.: O. V. Kovaliova (gl. red.) [i dr.]. – Gomel' : GGU im. F. Skoriny, 2024. – S. 218–220.

21. Anokhina, A. V. Anatomicheskoye stroyenie steblia i lista *Adenophora verticillata* Fisch. i *A. pereskiifolia* (Fisch. ex Schult.) G. Don (*Campanulaceae*) / A. V. Anokhina // Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya RAN. – 2019. – № 2. – S. 104–110.

22. Sokolova, Ye. A. Znacheniye priznakov anatomicheskogo stroyeniya chereshka dlia sistematiki rodov *Cerasus* Mill. i *Padus* Mill. (*Rosaceae*) / Ye. A. Sokolova // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. – 1989. – T. 124. – S. 109–112.

23. Gritsuk, O. A. Dannye petioliarnoi anatomii v diagnostike drevesnykh bobovykh / O. A. Gritsuk, N. V. Shkuratova // Problemy otsenki, monitoringa i sokhraneniya bioraznoobraziya : sb. materialov III Resp. nauch.-prakt. ekolog. konf. s mezhdunar. uchastiyem, Brest, 28 noyab. 2019 g. / redkol.: N. V. Shkuratova, M. V. Levkovskaya, N. M. Matusevich. – Brest : BrGU, 2019. – S. 61–63.

24. Gulenkova, M. A. Anatomiya chereshkov vidov *Lathyrus* L. i yeye znacheniye dlia sistematiki roda / M. A. Gulenkova, T. A. Dmitrieva // Materialy X Mosk. soveshchaniya po filogenii rastenii / pod red. L. I. Lotovoi, A. P. Melikyana ; MGU im. M. V. Lomonosova. – M., 1999. – S. 62–64.

25. Motorykina, T. N. Anatomicheskoye stroyeniye chereshkov steblevykh list'ev u nekotorykh vidov roda *Potentilla* (*Rosaceae*) / T. N. Motorykina // Turczaninowia. – 2015. – № 18 (3). – S. 75–83.

26. Ben'kova, V. Ye. Anatomiya drevesiny rastenii Rossii / V. Ye. Ben'kova, F. H. Shveingruber. – Bern ; Shtutgart ; Vena : Haupt, 2004. – 456 s.

27. Ezau, K. Anatomiya semennykh rastenii : v 2 kn. / K. Ezau. – M. : Mir, 1980. – Kn. 1. – 226 s.

28. Anatomiya kory derev'ev i kustarnikov : monografiya / V. M. Yeremin, Yu. F. Roy, V. I. Boyko [i dr.] ; pod red. V. M. Yeremina. – Brest : Izd-vo BrGU, 2001. – 187 s.

29. Lotova, L I. Anatomiya kory rozotsvetnykh (*Rosaceae*): raznoobraziye, evoliutsiya, taksonomicheskoye znacheniye / L. I. Lotova, A. K. Timonin. – M. : KMK, 2005. – 264 s.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 13.03.2026

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

УДК 339.1:911.3(476.7) DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-57-72

Максим Альбертович Богдасаров[1], Виктория Васильевна Зазерская[2],
Татьяна Владимировна Калугина[3], Алексей Васильевич Шадраков[4]
[1]д-р геол.-минерал. наук, проф., член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси,
проректор по научной работе, проф. каф. городского и регионального развития
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
[2]канд. экон. наук, доц., декан экон. фак.
Брестского государственного технического университета
[3]зам. председателя ком. экономики –
нач. упр. промышленности и инновационной деятельности
Брестского областного исполнительного комитета
[4]канд. геогр. наук, доц., доц. каф. экономики и управления
Белорусско-Российского университета
Maksim Bahdasarau[1], Victoria Zazerskaya[2], Tatsiana Kaluhina[3], Alexey Shadrakov[4]
[1]Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus,
Vice-Rector for Research, Professor of the Department of Urban and Regional Development
of Brest State A. S. Pushkin University
[2]Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Economics
of Brest State Technical University
[3]Deputy Chairman of the Economics Committee –
Head of the Department of Industry and Innovation of the Brest Regional Executive Committee
[4]Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Economics and Management
of Belarusian-Russian University
e-mail: [1]bahdasarau@gmail.com; [2]zazerskaya@mail.ru;
[3]orp@brest-region.gov.by; [4]alshadrakov@yandex.ru

РЕГИОНАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПЕРИОД ДО 2040 г.

Представлена региональная стратегия устойчивого развития Брестской области на период до 2040 г., которая является главным документом долгосрочного планирования процессов стратегического развития региона в контексте современных глобальных, региональных и местных вызовов. Она разработана с целью повышения качества жизни населения на основе развития многоукладной экономики, сочетающей модернизацию традиционных отраслей специализации с формированием отдельных сегментов постиндустриальной экономики и активным трансграничным сотрудничеством. Стратегия учитывает ресурсный потенциал, конкурентные преимущества, ключевые точки роста Брестской области.

Ключевые слова: *Брестская область, экономика, промышленность, сельское хозяйство, транспорт, ключевые вызовы и угрозы, конкурентные преимущества, резервы роста экономики.*

Regional Strategy for Sustainable Development of Brest Region for the Period up to 2040

The article presents the regional strategy for sustainable development of the Brest region for the period up to 2040, which is the main document for long-term planning of the processes of strategic development of the region in the context of modern global, regional and local challenges and was developed with the aim of improving the quality of life of the population based on the development of a multi-structured economy combining the modernization of traditional industries with the formation of individual segments of the post-industrial economy and active cross-border cooperation. The strategy takes into account the resource potential, competitive advantages, key growth points of the Brest region.

Key words: *Brest region, economy, industry, agriculture, transport, key challenges and threats, competitive advantages, reserves for economic growth.*

Введение

Устойчивое развитие регионов на современном этапе является важнейшим элементом государственной политики Республики Беларусь в рамках долгосрочного стратегического планирования. Совпадение периода разработки Региональной стратегии устойчивого развития (далее – РСУР) Брестской области с новым циклом планирования на национальном уровне, включающим подготовку проекта Национальной стратегии устойчивого развития (далее – НСУР) на период до 2040 г., создает благоприятные условия для сопряжения стратегических документов развития национального и регионального уровней. В условиях Республики Беларусь наиболее результативным является сочетание методов экспертной поддержки и инклюзивного участия заинтересованных сторон с национальной координацией процессов разработки региональных стратегических документов. Результаты этой работы, выполненной с мая 2024 г. по март 2025 г., рассматриваются в настоящей статье.

Материалы и методы исследований

РСУР подготовлена на основе «Методических рекомендаций по разработке региональных стратегий устойчивого развития в Республике Беларусь» [1], разработанных Научно-исследовательским экономическим институтом Министерства экономики Республики Беларусь и предложений тематических консультантов с учетом специфики области и проекта НСУР-2040 [2]. Для широкого включения общественности в процесс разработки РСУР Брестской области в июле 2024 г. состоялись три стратегические сессии, а в октябре 2024 г. и марте 2025 г. – заседания региональной группы по устойчивому развитию, в рамках которых были проведены дискуссии и обобщены предложения представителей местных органов управления, предприятий, науки, бизнес-сообщества и общественных организаций по формированию «видения будущего», стратегических целей, задач, приоритетов и направлений устойчивого социально-экономического и экологического развития Брестской области.

Процесс исследования включал определение с представителями регионального сообщества подходов к стратегическому планированию, ориентированных на достижение благополучия будущих поколений, учитывающих духовные ценности и уникальные географические, природные и культурные особенности региона, способствующие устойчивому развитию районов и населенных пунктов всех уровней, а также направленных на развитие Брестской области как неотъемлемого и уникального субъекта Республики Беларусь. В качестве исходных были использованы данные информационных систем «Геостатистика» [3] и «Платформа региональных данных по устойчивому развитию» [4], а также сведения, содержащиеся в ежегодных сборниках Национального статистического комитета Республики Беларусь [5; 6].

Результаты и обсуждение

Брестская область расположена на юго-западе Республики Беларусь. Ее площадь составляет 32,8 тыс. км^2 (15,8 % территории Беларуси), население – 1315,4 тыс. человек (14,3 % населения Беларуси). На севере и востоке область граничит с Гродненской, Минской и Гомельской областями (протяженность границ – 691 км), на западе – с Люблинским и Подляским воеводствами Республики Польша (224 км), на юге – с Волынской и Ровенской областями Украины (367 км). Протяженность территории области с запада на восток составляет 297 км, с севера на юг – 162 км, что свидетельствует о незначительной компактности и малой «глубине» территории из-за большой вытянутости с запада на восток. В приграничной полосе (50–60 км от границы) находятся 10 из 16 административных районов, на долю которых приходится более 60 % территории

и более 65 % населения области; а также 18 из 29 городских поселений, в которых проживает 65 % городского населения региона [7].

«В***и***дение будущего» Брестской области к 2040 г. представлено в соответствии с моделью развития на основе сильной устойчивости (рисунок). В основе – экологическая ситуация, благоприятная для жизнедеятельности и развития жителей области. Экономика области является эффективным инструментом для сохранения окружающей среды и развития человека в гармонии с природой. Устойчивое региональное развитие основано на использовании собственного внутреннего потенциала Брестской области исходя из наличия ресурсов, потребностей местного населения и бизнеса. В фокусе региональной политики – укрепление конкурентных преимуществ за счет рационального размещения производительных сил, технологического обновления и комплексной индустриализации промышленных и агропромышленных территорий на основе экономической специализации и создания новых рыночных ниш.

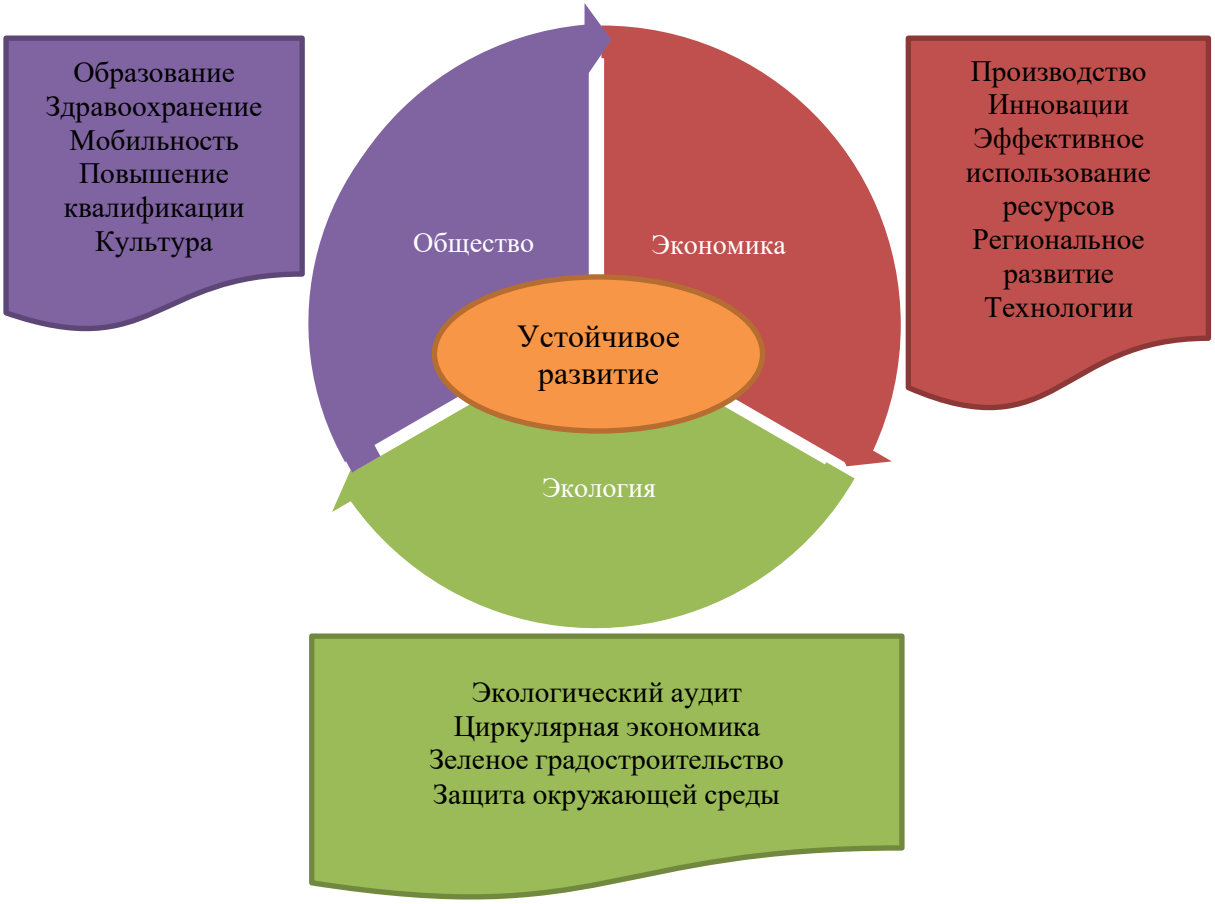


Рисунок – Модель сильной устойчивости развития

Стратегическая цель устойчивого развития Брестской области – повышение качества жизни населения на основе развития многоукладной экономики, сочетающей модернизацию традиционных отраслей специализации с формированием отдельных сегментов постиндустриальной экономики и активным международным сотрудничеством. Достижение цели потребует реализации следующих задач:

1) сохранение и развитие человеческого потенциала на основе существенного улучшения качества медицинских услуг и создания рациональной системы профилактики заболеваний, внедрения новых стандартов образования в соответствии с потреб-

ностями регионального развития, формирования благоприятного социально-психологического климата и эффективной системы социальной защиты населения;

2) ускорение цифровизации, усиление роли конвергенции знаний (ИКТ, искусственного интеллекта, робототехники, биотехнологий, нанотехнологий, электроники нового поколения) в создании прорывных технологических решений в различных сферах экономики;

3) углубление регионального сотрудничества в различных сферах экономики со странами ЕАЭС (пищевая промышленность, деревообработка, сельское хозяйство), активизация торгово-экономических связей с перспективными рынками сбыта стран Юго-Восточной Азии, Ближнего Востока, Африки;

4) создание комфортной среды обитания посредством формирования условий для самореализации, работы и отдыха населения области, обеспечение высоких стандартов и благоприятных условий для жизни, включая экологическую безопасность и уровень социального развития.

Для достижения желаемого уровня развития Брестской области к 2040 г. в соответствии с проектом Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2040 г. определены следующие приоритеты.

Развитие человеческого капитала и рост качества жизни

В условиях нарастающей угрозы сокращения численности населения региона необходимо принятие действенных решений по улучшению параметров демографического воспроизводства и проведению активной политики, направленной на стимулирование притока трудовых ресурсов в Брестскую область с учетом национальных интересов и ситуации на рынке труда.

Акцент на сохранение накопленных человеческих ресурсов и создание условий для выхода на траекторию устойчивого демографического развития. Нужна новая парадигма демографической политики, нацеленная на поступательный рост ожидаемой продолжительности жизни, развитие демографической культуры населения, распространение модели здорового образа жизни, укрепление брачных и семейных отношений, предотвращение и снижение оттока населения из региона.

Повышение качества жизни и благополучия семей с детьми, обеспечение гармоничной устойчивости семейных отношений – ключевые задачи семейной политики и благополучия настоящих и будущих поколений. Семья выступает важнейшим источником формирования и развития личности, воспроизводства человеческого потенциала, накопления и передачи традиций, духовных и нравственных ценностей.

Не менее важные задачи – создание условий для наиболее полного развития потенциала каждой личности, включая содействие развитию личностного потенциала детей, духовно-нравственному становлению и развитию потенциала молодых граждан, их самореализации и активному участию в общественной жизни.

Значимый вектор – расширение использования потенциала лиц старших возрастов, улучшение качества их жизни посредством мер активного долголетия, включая вовлечение людей старшего возраста в общественно полезную деятельность, создание адаптированной к потребностям пожилых граждан инфраструктуры и среды жизнедеятельности, развитие различных механизмов их социальной поддержки [2].

Важнейшим аспектом станет доступность медицинской помощи и удовлетворенность пациентов ее качеством. Для отслеживания этих процессов будет осуществлен переход на процессное управление в системе здравоохранения, которое позволит постоянно совершенствовать систему и сокращать затраты времени населения, повышать уровень удовлетворения потребностей гражданина и, как следствие, улучшать показатели жизни.

Развитие здравоохранения будет направлено на создание мобильных (передвижных) медицинских комплексов с подключением к телемедицинской системе области для обеспечения доступности медицинской помощи вне зависимости от места проживания; создание научно-практического центра современных медицинских технологий на базе Брестской областной клинической больницы и Брестского областного онкологического диспансера с использованием современных информационных технологий, в т. ч. создание учебно-практического (симуляционного) центра для подготовки квалифицированных медицинских работников; развитие реабилитационно-восстановительного направления медицины с использованием реабилитационного потенциала области; расширение спектра медицинских услуг, экспорт медицинских услуг и технологий; создание медицинских информационных каналов в интернет-пространстве для населения (пропаганда здорового образа жизни и поведения человека) и для медицинских работников на основе технологий искусственного интеллекта.

Это позволит осуществить полный перевод медицинской документации на электронную форму с переходом на широкое использование электронных медицинских карт в городских и сельских медучреждениях; на всей территории области внедрить интеллектуальное здравоохранение, использующее новейшие цифровые достижения в области eHealth, mHealth, Интернета медицинских вещей (IoMT), технологии Big Data, позволяющие повысить качество постановки диагноза и лечения; роботизацию проведения ранней диагностики различных заболеваний, высокотехнологических хирургических операций и сложного протезирования, что в совокупности увеличит ожидаемую продолжительность здоровой жизни городских и сельских жителей.

Умное управление и цифровые трансформации развития

В условиях глобального тренда новой волны технологической революции успешность экономических преобразований и социальное благополучие могут быть достигнуты только посредством приобретения современных знаний и профессиональных компетенций, содействующих оптимизации процессов жизнедеятельности, обеспечивающих комфортное развитие человека и общества в гармонии с природой.

Нацеленность системы профессионального образования на приобретение новых компетенций, необходимых для интеллектуализации экономики и повышения ее конкурентоспособности, требует перестройки ее структуры и образовательных программ с целью подготовки кадров, обладающих широким спектром профессиональных (hard skills) и социально-психологических (soft skills) навыков, а также навыков работы с цифровыми технологиями (digital skills).

Построению современной системы профессионального образования должна способствовать работа по модернизации имеющихся и внедрению новых профессий в Национальной системе квалификаций, в т. ч. за счет разработки профессиональных стандартов по наиболее востребованным экономикой квалификациям.

Повсеместная цифровизация требует переквалификации отдельных участников рынка труда, тем самым она должна придать импульс для расширения услуг дополнительного образования, активного развития дистанционного обучения. Система образования будет ориентирована на создание равных стартовых возможностей и поощрение обучения человека на протяжении всей жизни, формирование духовности и целостное развитие всех сторон личности, усиление взаимосвязи процесса обучения с национальной культурой и традициями, сохранение и приумножение национальных ценностей [2].

Цифровая экономика представляет собой экономическую деятельность, основанную на цифровых технологиях. Помимо традиционной электронной экономики, основанной на разработке и использовании информационных технологий (программ, систем управления базами данных, автоматизированных систем и т. д.), речь идет об электронных

товарах и сервисах, продаже товаров в Интернете, электронной торговле, использовании электронных денег и криптовалют, специальных интернет-сервисов, в первую очередь социальных сетей, Интернета вещей, технологии Big Data, облачного хранения данных.

В рамках мероприятий, направленных на цифровую трансформацию производственных процессов и управления ими, предусматривается выполнение реинжиниринга и оптимизации бизнес-процессов предприятий региона с использованием передовых производственных технологий, соответствующих концепции «Индустрия 4.0», включая: создание «цифровых двойников» технологических и бизнес-процессов, выпускаемой (планируемой к производству) продукции; внедрение платформенных решений для управления производством, активами предприятий, обеспечения накопления и обработки данных в режиме реального времени, использования систем поддержки принятия решений, инструментов предсказательной и отчетной аналитики; развитие современных инструментов работы с заказчиками и поставщиками, каналов продвижения продукции и взаимодействия с клиентами.

В рамках мероприятий цифрового развития в области продолжится внедрение автоматизированных систем управления предприятиями и бережливого производства, что позволит увеличить производительность труда персонала, а также повысить качество производимой продукции и оказываемых услуг; создать единое информационное пространство с консолидацией всей отчетности с глубоко развернутой аналитикой; увеличить производительность труда, повысить прозрачность и контролируемость бизнес-процессов за счет учета и хранения информации с детализацией до уровня технологического процесса; повысить эффективность и качество сопровождения сделок с контрагентами; оптимизировать сроки принятия управленческих решений.

В целом переход к концепции «Индустрия 4.0» (Интернет вещей, 3D-печать, сенсорные интерфейсы, роботизация) позволит предприятиям области повысить конкурентоспособность и выйти на передовые рубежи в стране и в мире.

Территориально ориентированное развитие

Нарастающие проблемы и вызовы глобального мира обусловливают необходимость качественного изменения экономической системы и направленности ее развития путем перевода экономики на новый технологический уклад, наращивания собственного научно-производственного потенциала и дальнейшего технологического прорыва с учетом сопряжения глобальных трендов научно-технологического развития и национальных интересов. Ключевым фактором и индикатором устойчивости и конкурентоспособности региональной экономики становится технологическая независимость.

Основные усилия предстоит сконцентрировать на усилении уникальных конкурентных преимуществ области и кооперации субъектов и административно-территориальных единиц области для достижения Целей устойчивого развития.

Необходим переход к интеллектуальной экономике, основанной на потоке инноваций, цифровой трансформации всех сфер жизнедеятельности. Искусственный интеллект, робототехника, биотехнологии, технологии Big Data, нейросети, облачные и другие технологии выступают будущими ключевыми векторами развития региональной экономики, позволяя обеспечить создание инновационных продуктов и сервисов, оказывающих существенное влияние на внешнюю торговлю, изменяя уже существующие и создавая совершенно новые рынки.

Цифровая трансформация преобразует и повседневную жизнь посредством развития онлайн-услуг, повышения комфортности проживания на основе реализации концепции «умный дом» и внедрения смарт-технологий [2].

Комплексная территориальная организация направлена на улучшение условий жизни за счет проведения обоснованной территориальной политики; определение

стратегии территориального развития области; координацию перспективных интересов относительно территориального развития области; совершенствование региональной системы расселения за счет повышения эффективности использования территорий области, развития инженерно-транспортной инфраструктуры, охраны окружающей среды и недвижимых материальных историко-культурных ценностей.

Центрами притяжения и развития производительных сил выступают сильные экономические районы и крупные города, которые поддерживают тесную инфраструктурную взаимосвязь с прилегающими районами. На территории региона выделяются три группы районов вокруг наиболее значимых экономических центров, на базе которых целесообразно формировать единые территориально-хозяйственные комплексы: Брестский, Барановичский, Пинский.

Основные усилия будут сконцентрированы на обеспечении устойчивости и роста конкурентоспособности региональных (местных) экономик, укреплении экономического каркаса области в структуре страны. Среди главных задач – увеличение доходов от экономической деятельности путем стимулирования потенциала саморазвития территорий, улучшение качества жизни и возможностей самореализации граждан в городской и сельской местности.

Продолжится комплексное развитие многофункциональных городов: Бреста, Барановичей, Пинска, города-спутника Бреста – Жабинки, а также Березовского, Ивацевичского, Кобринского, Лунинецкого и Пружанского районов, в которых уже сформированы точки роста в сфере сельского хозяйства, пищевой промышленности, транспорта и связи, мебельной промышленности, текстильного и швейного производства, обработки древесины и производства изделий из дерева; экономические центры охватят влиянием всю территорию области с приданием импульса развития отстающим районам.

Кроме того, в рамках реализации Программы развития районов Припятского Полесья будет осуществляться комплексное социально-экономическое развитие Ганцевичского, Лунинецкого, Пинского и Столинского районов.

Природные ресурсы являются стратегически важными для устойчивого развития Брестской области. При использовании ландшафтно ориентированного зонирования уникальные природные ландшафты и ресурсы являются центрами развития, а рациональное использование природных ресурсов позволяет как обеспечить надлежащее качество ныне живущих, так и сохранить их для будущих поколений.

К таким ресурсам, которыми обладает область, относятся: национальный парк «Беловежская Пуща», бассейн реки Припяти, уникальные природные заказники, прежде всего республиканского значения и имеющие международный статус.

Ландшафтно ориентированное развитие позволит активизировать жизнь на сельских территориях как за счет нового подхода к традиционным видам деятельности, так и за счет вовлечения скрытого потенциала, преимущественно для несельскохозяйственной деятельности.

Механизмы регионального развития могут базироваться и на других принципах, в зависимости от задач, стоящих перед территорией. Они направлены на повышение экономического потенциала отдельных территорий области, развитие проектной деятельности для роста занятости и самозанятости, развитие туристических или иных кластеров. Общим для них является кооперация местных инициатив, субъектов хозяйствования и органов власти, а также создание условий, необходимых для успешной реализации кооперации.

Рост конкурентоспособности промышленного комплекса

Создание конкурентоспособного и структурно сбалансированного промышленного комплекса, способного к эффективному саморазвитию на основе обеспечения его устойчивого роста, автоматизации и интеллектуализации производственных процессов, освоения новых видов промышленной продукции и новых экспортных ниш.

Ускоренное технологическое обновление, обеспечение технологического суверенитета в критически важных производствах; автоматизация и цифровизация бизнес-процессов; опережающее развитие производств с высокой добавленной стоимостью, высокотехнологичных видов деятельности; интеграция в производственные технологические цепочки, рациональное импортозамещение и локализация; увеличение глубины переработки отечественного сырья, рост доли продукции с максимальной локализацией и количеством технологических переделов; реализация принципа бережливого производства и внедрение технологий безотходного производства; финансовое оздоровление и повышение эффективности деятельности структурообразующих промышленных организаций, наращивание их инвестиционного потенциала; обеспечение максимально возможной загрузки конкурентоспособных производственных мощностей.

С учетом структуры и специализации экономики региона, наличия накопленных производственных компетенций, имеющихся трудовых и природных ресурсов основными группами мероприятий будущего развития промышленного комплекса Брестской области должны стать:

1) комплексная модернизация организаций, занимающихся переработкой мясной и молочной продукции (ключевые предприятия отрасли – ОАО «Савушкин продукт», ОАО «Кобринский маслодельно-сыродельный завод», ОАО «Брестский мясокомбинат», ОАО «Птицефабрика “Дружба”», ОАО «Пинский мясокомбинат» и иных предприятий отрасли);

2) повышение конкурентоспособности организаций машиностроения и металлообработки (ЗАО «Амкодор-Пинск», ОАО «Кузлитмаш», ОАО «Барановичский завод станкопринадлежностей», Барановичский станкостроительный завод ЗАО «Атлант»);

3) повышение качества выпускаемой продукции, расширение экспортного потенциала организаций по производству мебели (ОАО «Ивацевичдрев», ЗАО «Холдинговая компания «Пинскдрев»);

4) рост производства импортозамещающей продукции, реализации проектов по эффективному импортозамещению, в т. ч. за счет создания новых производств и вовлечения в эту сферу малого и среднего бизнеса;

5) увеличение и диверсификация экспортных поставок на основе расширения торгово-экономического сотрудничества с Китайской Народной Республикой и странами дальней дуги;

6) повышение эффективности использования местных сырьевых ресурсов, в т. ч. на основе технологий глубокой и безотходной переработки;

7) повышение эффективности деятельности Брестского научно-технологического парка, создание условий для развития высокотехнологичных производств и внедрения в производственный процесс результатов научно-технической деятельности, реализация проекта по внедрению технологии умного производства (BIM проектирование, IA, IoT, Robotic, 3D-печать, интеграция, облачные решения) на предприятиях перерабатывающей промышленности с крупносерийным производством;

8) дальнейшее развитие индустриальных парков, маркетинговых и логистических структур, способствующее росту внешней торговли.

Экологизация регионального развития

Современные глобальные вызовы выдвигают на первый план вопросы обеспечения благоприятной окружающей среды, рационального (устойчивого) использования природных ресурсов, сохранения естественных экологических систем, биологического и ландшафтного разнообразия, предотвращения деградации земель (почв), защиты населения от вредных воздействий техногенного характера и др. [2].

Реализация данного приоритета направлена на снижение негативного воздействия процессов жизнедеятельности человека и развития экономики и инфраструктуры на окружающую среду и природные ресурсы, а также на адаптацию регионального развития к изменению климата.

Обеспечение благоприятной окружающей среды является базовым принципом модели РСУР и направлено на:

1) минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду и сохранение биоразнообразия;

2) снижение уровня потребления природных ресурсов с учетом экономического роста;

3) сокращение объемов отходов производства и твердых коммунальных отходов;

4) сокращение выбросов парниковых газов на 30 % к 2040 г. по сравнению с 2024 г.;

5) адаптацию жизнедеятельности населения и секторов экономики к воздействию внешних климатических и стихийных факторов.

Для обеспечения «хорошего» и выше экологического состояния поверхностных водных объектов, сокращения сброса недостаточно очищенных сточных вод планируется реконструкция неэффективно работающих очистных сооружений, организация системы сбора и очистки поверхностных сточных вод, внедрение систем повторного (последовательного и оборотного) водоснабжения.

Для сокращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух планируется реконструкция неэффективно работающего оборудования, внедрение наилучших доступных технологий очистки отходящих дымовых газов, расширение использования экологически чистого транспорта, совершенствование системы транспортных развязок в населенных пунктах области.

Сохранение площадей под заказниками местного и республиканского уровня, а также памятниками природы является эффективным инструментом для сохранения уникального биоразнообразия Брестской области. При этом предполагается рост общей площади ООПТ области.

Переход к циркулярной экономике в Брестской области позволит обеспечить максимальную эффективность от каждого процесса в жизненном цикле товара или услуги, сократить потребление ресурсов из окружающей среды, равно как и уменьшить их возвращение в окружающую среду в виде отходов.

В развитие этих идей с учетом специфики Брестской области и ее актуальных потребностей перспективными темами станут:

1) повышение долговечности продукции, возможность ее модернизации и ремонтопригодности;

2) широкое использование экологической тары и упаковки в сфере пищевого производства, внедрение в промышленности технологий ресурсоэффективного и бережливого производства, обеспечивающих повышение эффективности использования материальных и трудовых ресурсов;

3) внедрение циркулярных бизнес-моделей в машиностроении, направленных на продление жизненного цикла продукции и интенсификацию ее использования посредством совместного потребления, дальнейшее развитие в регионе сферы ремонта машин и оборудования;

4) внедрение экологических стандартов производства в текстильном и деревообрабатывающем производстве, углубление переработки образующихся отходов производства, вовлечение отходов потребления (продукции, утратившей свои потребительские свойства) в производственный цикл в качестве вторичного сырья;

5) сокращение выбросов углерода и минимизация воздействия на окружающую среду; ограничение одноразового использования и противодействие преждевременному устареванию;

6) стимулирование применения модели «продукция как услуга» или других моделей, когда производители сохраняют за собой право собственности на продукцию или несут ответственность за ее функционирование на протяжении всего жизненного цикла;

7) участие в проектах по оцифровке информации о продукции, включая такие решения, как цифровые паспорта, цифровые метки и водяные знаки, а также осуществление экологической сертификации;

8) развитие индустриальных парков и промышленных зон на принципах экологической устойчивости и социальной ответственности, создание на их базе экопромышленных парков, в основу функционирования которых положены ресурсоэффективность производств и промышленный симбиоз предприятий;

9) формирование нового облика потребителя, который в интересах личного потребления будет учитывать возможность коллективного пользования товарами.

С целью предотвращения образования и устойчивого обращения с отходами будет совершенствоваться система мониторинга обращения с отходами, позволяющая повышать достоверность собираемых статистических сведений, их оперативность и доступность; повышаться эффективность обращения с отходами как на уровне регионов, так и отдельных организаций; увеличение глубины переработки сырьевых ресурсов в промышленности, создание новых предприятий по переработке твердых коммунальных отходов; завершение работ по созданию региональных объектов по обращению с коммунальными отходами; увеличение объемов вовлечения отходов (стоки животноводческих ферм, остатки сельскохозяйственной продукции и растительные остатки, отходы перерабатывающих предприятий пищевой промышленности) в сельскохозяйственное производство; внедрение принципов концепции «Zero Waste» («ноль отходов»).

Реализация пяти обозначенных приоритетов позволит сформировать региональную модель в значительной степени технологически независимой, конкурентоспособной социально ориентированной экономики с устойчивой динамикой ее роста, уровня благосостояния и качества жизни населения, включающей:

1) развитое сообщество региона в комплексе с благоприятной экологией и разумной экономикой, способствующее гармоничному развитию граждан, поддерживающее возрастной баланс и успешно конкурирующее, привлекающее трудовые ресурсы;

2) инклюзивное и равноправное общество, где каждый может реализовать свои права и представляет собою ценность, а условия развития личности и ее самореализации адаптированы для каждого, исключая дискриминацию по каким-либо признакам во всех ее формах и обеспечивая равноправие всех перед законом;

3) регион, позиционирующийся как территория инноваций и креативного развития, молодежного лидерства с разнообразными формами самореализации в любом возрасте, с гибкими формами занятости, с возможностью получения и совершенствования разностороннего образования;

4) неприемлемость насилия, экстремизма и терроризма, дискриминации по расовому, половому, национальному или иному социальному признаку;

5) развитую социальную сферу, обеспечивающую безопасные условия жизнедеятельности, предоставляющую доступные услуги в сфере образования на протяжении всей жизни, здравоохранения и социальной защиты независимо от места проживания;

6) сохранение жителями области своей идентичности, самодостаточности, уникальности;

7) среднюю продолжительность жизни в Брестской области в 78 лет, успешное продвижение концепции активного долголетия;

8) развитую культуру общественного участия в различных сферах жизнедеятельности региона, ответственность за собственные поступки и за общее дело, активную жизненную позицию каждого человека на протяжении жизни;

9) успешное внедрение в регионе принципов «умной специализации», «умного города», «нулевых отходов», «нулевых стоков», «нулевых выбросов», широкое использование экологически безопасных технологий; осуществление перехода к циркулярной экономике с продвижением технологий устойчивого потребления; расширение площади ООПТ, развитие внешнего и внутреннего туризма;

10) формирование в регионе системы передачи и обработки данных для Целей устойчивого развития – цифровые технологии применяются в экономике (производство и услуги), социальной сфере (образование, здравоохранение и т. д.); Интернет или иные перспективные способы передачи информации доступны в любой точке области;

11) МСП как драйвер развития, с внедрением широкой региональной системы структур поддержки и развития экологически и социально ответственного предпринимательства;

12) благоприятные условия для развития сельских территорий, самодостаточных и саморазвивающихся, усиливающих друг друга; несущественную межрегиональную дифференциацию по уровню и качеству жизни населения благодаря мобильности трудовых ресурсов и транспортной мобильности, формирование ряда кластерных образований.

Точки и центры роста устойчивого развития Брестской области

Под «точкой роста» в контексте регионального развития Брестской области понимается производство / предприятие / комплекс предприятий или проект, имеющие конкретное месторасположение или географическую привязку. Их развитие позволяет достигнуть максимальных социально-экономических эффектов, которые носят системообразующий, в т. ч. выравнивающий для территории характер. Достижение такого рода регионально ориентированных эффектов связывается с внедрением инновационных производственных технологий, использованием новых методов управления, изысканием дополнительных ресурсов (производственных, природных, человеческих, включая местные инициативы), а также выбором места размещения с учетом имеющихся наиболее выраженных конкурентных преимуществ территории (таблица).

В области здравоохранения важным является создание регионального научно-исследовательского медицинского центра, обеспечивающего научное лидерство в этой сфере, в области образования – развитие образовательных услуг как важнейшего фактора и движущей силы формирования инновационной экономики.

Экономический потенциал области формируют предприятия таких отраслей промышленности, как производство продуктов питания, деревообработка и производство мебели, машиностроение и металлообработка, легкая промышленность.

Валообразующими предприятиями указанных видов деятельности выступают:

1) предприятия пищевой промышленности – СП «Санта Бремор» ООО, ОАО «Савушкин продукт», ОАО «Кобринский маслодельно-сыродельный завод», ОАО «Беловежский», ОАО «Брестский мясокомбинат», ОАО «Пинский мясокомбинат», ООО «Агропродукт», ОАО «Жабинковский сахарный завод»;

2) предприятия деревообрабатывающей промышленности – ОАО «Ивацевичдрев», ЗАО «Холдинговая компания “Пинскдрев”»;

Таблица – Точки и центры роста устойчивого развития Брестской области

Название точки роста	Приоритет и направление развития	Ведущие субъекты	Локализация	Основные конкурентные преимущества
Создание региональных научно-исследовательских медицинских центров, обеспечивающих научное лидерство в этой сфере	Развитие человеческого капитала и рост качества жизни Цифровизация здравоохранения	Брестская областная клиническая больница, Брестский областной онкологический диспансер	Брест	Состояние медицинской науки приближается мировому уровню, идет постоянное ее развитие, разрабатываются и внедряются медицинские инновации
Развитие сферы образовательных услуг как важнейшего фактора и движущей силы формирования инновационной экономики	Умное управление и цифровые трансформации развития Цифровизация образования	БрГУ имени А.С.Пушкина, БрГТУ, БарГУ, ПолесГУ	Брест, Барановичи, Пинск	Преподавание на английском языке; предоставление образовательных услуг в дистанционной форме; академическая мобильность в рамках программ международного обмена; сетевое взаимодействие для обеспечения программ двойных дипломов
Создание условий для развития высокотехнологичных производств и внедрения в производственный процесс результатов научно-технической деятельности	Умное управление и цифровые трансформации развития Цифровизация экономики	СП ОАО «Брест-газоаппарат», Барановичский станкостроительный завод ЗАО «Атлант», ОАО «558 Авиационный ремонтный завод»	Брест, Барановичи, Пинск	Реализация проекта по внедрению технологии умного производства на предприятиях перерабатывающей промышленности с крупносерийным производством
Дальнейшее развитие индустриальных парков, маркетинговых и логистических структур, способствующее укреплению экспортного потенциала	Умное управление и цифровые трансформации развития Цифровизация экономики	Индустриальные парки, Аэропорт «Брест»	Брест, Барановичи, Пинск	Готовая инфраструктура, сформированный пул резидентов
Повышение эффективности использования местных сырьевых ресурсов и внедрения в производственный процесс результатов научно-технической деятельности	Умное управление и цифровые трансформации развития Цифровизация экономики	ОАО «Достоево»	Ивановский район	Реализация проекта по внедрению технологии точного земледелия в сельскохозяйственное производство

Повышение эффективности использования местных сырьевых ресурсов, в том числе на основе технологий глубокой и безотходной переработки	Территориально-ориентированное развитие Стимулирование регионального развития и кооперации	ООО «Диприз», ООО «Барановичский комбинат пищевых продуктов», ОАО «Березастройматериалы», ОАО «Иваце-вичдрев», РУПП «Гранит», ОАО «Ляховичский консервный завод», ОАО «Малоритский КОСК», ОАО Горынский КСМ», ООО «Рольник», ООО «СеМалДрев»	Брест, Барановичи, Барановичский, Березовский, Ганцевичский, Ивацевичский, Лунинецкий, Ляховический, Малоритский, Столинский районы	Развитые производственные мощности, полный цикл производства, значительный опыт работы, квалифицированный персонал
Развитие мультимодальных транспортно-логистических услуг, расширение производственных мощностей приграничного терминала для увеличения грузовых перевозок по направлению ЕС-Беларусь-Россия-Китай и обратно	Территориально-ориентированное развитие Стимулирование регионального развития и кооперации	Терминал «Брест-Белтаможсервис» логистического оператора «Белтаможсервис»	Брест	Имеет выгодное расположение на маршруте Нового Шелкового пути. Ввод новых терминалов откроет дополнительные возможности для расширения перевозок и использования транзитного потенциала ЕАЭС.
Развитие туризма, в т. ч. промышленного, активное продвижение территориального брендинга, повышение туристского потенциала полесских районов	Территориально-ориентированное развитие Стимулирование регионального развития и кооперации	Транзитно-туристская зона «Брест-Барановичи-граница области», ООПТ Припятского Полесья, промышленные предприятия	Брест, Барановичи, Пинск, а также все районы области	На территории указанных районов хорошо развит агроэкотуризм, работают уникальные для посещения предприятия. Точками притяжения являются зооландшафтный парк «Диприз» туристический комплекс «ЭкоБелКолбовичи», зона отдыха «Сосновый бор», Беловежская пуща и др.
Комплексная модернизация организаций, занимающихся переработкой мясной и молочной продукции	Рост конкурентоспособности промышленного комплекса Ускоренное развитие ключевых отраслей реального сектора экономики	ОАО «Савушкин продукт», ОАО «Брестский мясокомбинат», ОАО «Птицефабрика «Дружба», ОАО «Пинский мясокомбинат», ОАО «Кобринский маслодельно-сыродельный завод»	Брест, Барановичи, Пинск, Кобрин	Сложившаяся специализация промышленного комплекса, наличие сильных и узнаваемых брендов

Повышение конкурентоспособности организаций машиностроения и металлообработки	Рост конкурентоспособности промышленного комплекса Ускоренное развитие ключевых отраслей реального сектора экономики	ЗАО «Амкодор-Пинск», ОАО «Кузлитмаш», ОАО «Барановичский завод станкопринадлежностей», Барановичский станкостроительный завод ЗАО «Атлант»	Пинск, Барановичи	Развитые производственные мощности, значительный опыт работы, квалифицированный персонал
Повышение качества выпускаемой продукции, уровня технологического суверенитета	Рост конкурентоспособности промышленного комплекса Ускоренное развитие ключевых отраслей реального сектора экономики	ЗАО «Холдинговая компания «Пинскдрев», ООО «Зубр Энерджи», ОАО «САЛЕО-Кобрин»	Пинск, Кобрин	Развитые производственные мощности, полный цикл производства, значительный опыт работы, квалифицированный персонал
Развитие системы сбора, переработки и захоронения ТКО	Экологизация регионального развития Предотвращение образования и устойчивое обращение с отходами	КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод», КУМОП ЖКХ «Барановичское городское ЖКХ»	Брест, Барановичи	Внедрение технологии раздельного сбора отходов, расширение использования органической фракции ТКО для производства биогаза и почвогрунтов
Развитие агропромышленного комплекса	Рост производительности труда в сельском хозяйстве, повышение урожайности основных культур, повышение объемов производства продукции животноводства	Сельскохозяйственные организации, крестьянские и фермерские хозяйства	Барановичский, Березовский, Брестский, Ганцевичский, Дрогичинский, Жабинковский, Ивановский, Ивацевичский, Каменецкий, Кобринский, Лунинецкий, Ляховичский, Малоритский, Пинский, Пружанский Столинский районы	Продолжительный вегетационный период, благоприятные природные условия, высокий бал плодородия, развитое мясомолочное животноводство

3) предприятия машиностроения и металлообработки – СП ОАО «Брестгазоаппарат», ОАО «558 авиационный ремонтный завод», Барановичский станкостроительный завод ЗАО «Атлант», ЗАО «Амкодор-Пинск», ОАО «Кузлитмаш», ОАО «Барановичский автоагрегатный завод», ОАО «Брестский машиностроительный завод», ОАО «Брестский электромеханический завод», ОАО «Брестский электроламповый завод», ЧУМП «Компо», ОАО «Барановичский завод станкопринадлежностей», ОАО «Кобринский инструментальный завод “СИТОМО”»;

4) предприятия легкой промышленности – ОАО «Полесье», ОАО «Брестский чулочный комбинат», ОАО «БПХО», ОАО «Ручайка».

В перспективе долгосрочного стратегического планирования опора на современный промышленный и аграрный потенциал области с развитием сферы услуг и созданием экономики знаний и обеспечение минимального воздействия на окружающую среду будут содействовать росту потенциала области и уровня благополучия ее жителей.

Заключение

Брестская область должна оставаться устойчиво развивающимся регионом, предлагающим благоприятные и безопасные условия для жизни, развития и самореализации граждан. Разработанная РСУР Брестской области учитывает сложно организованную пространственно-целостную систему региона, детерминированную определенной структурой производства, особенностями социальной инфраструктуры, трансграничного партнерства, транспортного пространства. Реализация задач РСУР Брестской области направлена на достижение устойчивой и динамичной экономики, а также на усиление взаимосвязи технологической модернизации промышленных комплексов и факторов устойчивости окружающей среды, экологизацию регионального развития.

В 2040 г. интеллектуально развитое, справедливое, гуманное, поликультурное, толерантное, инклюзивное и социально ответственное население продолжит сохранять свою этнокультурную идентичность. Область в своем развитии опирается на развитую высокотехнологичную, в т. ч. циркулярную экономику, где цифровые индустрии и цифровое предпринимательство, так же как интеллектуальный сектор и рациональное использование сырьевых ресурсов, являются основными драйверами роста. Регион стремится минимизировать воздействие на окружающую среду, сохранять природные ресурсы и биоразнообразие, развивать туризм и гостеприимство. Система управления устойчивым развитием учитывает интересы всех слоев населения, всех уровней административно-территориального деления и населенных пунктов, входящих в его состав.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические рекомендации по разработке региональных стратегий устойчивого развития в Республике Беларусь. – URL: https://sdgs.by/wpcontent/uploads/2025/02/metodicheskie-rekomendaczii.pdf (дата обращения: 01.02.2026).

2. Проект Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2040 года. – URL: https://economy.gov.by/uploads/files/NSUR/proekt-Natsionalnoj-strategii-ustojchivogo-razvitija-na-period-do-2040-goda.pdf (дата обращения: 01.02.2026).

3. Геостатистика. Информационно-аналитическая система. – URL: https://gis.belstat.gov.by (дата обращения: 01.08.2025).

4. Платформа региональных данных по устойчивому развитию. – URL: https://sdgregions.belstat.gov.by/?regionId=all (дата обращения: 01.02.2026).

5. Регионы Республики Беларусь. Социально-экономические показатели. 2024 : стат. сб. – Т. 1. – URL: https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/bbb/n8x0ogexl0yf511-cgmew6om3bv0wgr6g.pdf (дата обращения: 01.02.2026).

6. Регионы Республики Беларусь. Основные социально-экономические показатели областей, городов и районов. 2024 : стат. сб. – Т. 2. – URL: https://www.belstat.-gov.by/upload/iblock/86e/bsktolub61c061y9l5usbwbamd3dmc0o.pdf (дата обращения: 01.02.2026).

7. Брестская область: природа, население, хозяйство / М. А. Богдасаров [и др.] ; под общ. ред. И. В. Абрамовой. – Брест : Брест. тип., 2023. – 296 с.

REFERENCES

1. Metodicheskie rekomendatsii po razrabotke regional'nykh strategii ustoichivogo razvitiya v Respublike Belarus'. – URL: https://sdgs.by/wp-content/uploads/2025/02/metodicheskie-rekomendaczii.pdf (data obrashcheniya: 01.02.2026).

2. Proekt Natsional'noi strategii ustoichivogo razvitiya Respubliki Belarus' na period do 2040 goda. – URL: https://economy.gov.by/uploads/files/NSUR/proekt-Natsionalnoj-strategii-ustojchivogo-razvitija-na-period-do-2040-goda.pdf (data obrashcheniya: 01.02.2026).

3. Geostatistika. Informatsionno-analiticheskaya sistema. – URL: https://gis.belstat.gov.by (data obrashcheniya: 01.02.2026).

4. Platforma regional'nykh dannykh po ustoichivomu razvitiyu. – URL: https://sdgregions.belstat.gov.by/?regionId=all (data obrashcheniya: 01.02.2026).

5. Regiony Respubliki Belarus'. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli. 2024 : stat. sb. – T. 1. – URL: https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/bbb/n8x0ogexl0yf511-cgmew6om3bv0wgr6g.pdf (data obrashcheniya: 01.02.2026).

6. Regiony Respubliki Belarus'. Osnovnye sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli oblastei, gorodov i raionov. 2024 : stat. sb. – T. 2. – URL: https://www.belstat.-gov.by/upload/iblock/86e/bsktolub61c061y9l5usbwbamd3dmc0o.pdf (data obrashcheniya: 01.02.2026).

7. Brestskaya oblast': priroda, naselenie, khozyaistvo / M. A. Bogdasarov [i dr.] ; pod obshch. red. I. V. Abramovoi. – Brest : Brest. tip., 2023. – 296 s.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 24.02.2026

УДК 622:624.13:502/504 (476.1) DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-73-82

Александр Николаевич Галкин[1], Андрей Борисович Торбенко[2],
Александр Илларионович Павловский[3], Андрей Андреевич Кологривко[4],
Евгения Юрьевна Нарыжнова[5], Валентина Андреевна Кузьмич[6]
[1]д-р геол.-минерал. наук, проф., проф. каф. экологии и географии
Витебского государственного университета имени П. М. Машерова
[2]ст. преподаватель каф. экологии и географии
Витебского государственного университета имени П. М. Машерова
[3]канд. геогр. наук., доц., зав. каф. «Горные работы»
Белорусского национального технического университета
[4]канд. техн. наук, доц., декан ФГДИЭ Белорусского национального технического университета
[5]магистр техн. наук, ст. преподаватель каф. «Горные работы»
Белорусского национального технического университета
[6]магистр техн. наук, ст. преподаватель каф. «Горные работы»
Белорусского национального технического университета
Alexander Galkin[1], Andrei Torbenko[2], Alexander Pavlovsky[3], Andrei Kologrivko[4],
Evgenia Naryzhnova[5], Valentina Kuzmich[6]
[1]Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor,
Professor of the Department of Ecology and Geography of P. M. Masherov Vitebsk State University
[2]Senior Lecturer of the Department of Ecology and Geography
of P. M. Masherov Vitebsk State University
[3]Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mining
of Belarusian National Technical University
[4]Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Dean of the Faculty of Mining and Engineering Ecology of Belarusian National Technical University
[5]Master of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Mining
of Belarusian National Technical University
[6]Master of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Mining
of Belarusian National Technical University
e-mail: [1]galkin-alexandr@yandex.ru; [3]aipavlovsky@mail.ru

ОЦЕНКА НАРУШЕННОСТИ ЗЕМЕЛЬ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ДОБЫЧЕ ОБЩЕРАСПРОСТРАНЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ*

С помощью спутниковых снимков и геоинформационных систем (ГИС) была разработана методика, позволяющая оценить распространенность карьеров и выработанных торфяников в пределах Минской области и рассчитать удельную плотность размещения горных выработок на ее территории. Совместное использование плотностных и площадных характеристик горных выработок сделало возможным создать наиболее объективную картографическую модель существующей карьерной нагрузки в исследуемом регионе. Анализ модели показал, что участки с высокой карьерной нагрузкой тяготеют преимущественно к крупным торфяным массивам в пределах пологоволнистых моренных и флювиогляциальных равнин и низин, а также конечно-моренным грядам и возвышенностям сожского возраста среднего плейстоцена. Территории со средней карьерной нагрузкой также приурочены к крупным торфяникам в пределах пологоволнистых моренных и флювиогляциальных равнин и низин и участкам конечно-моренных образований сожского возраста среднего плейстоцена. Низкая карьерная нагрузка отмечается на всей территории Минской области, характерна для участков распространения малоплощадных торфоразработок, а также мест размещения карьеров по добыче песка, глин и песчано-гравийно-галечного материала, отличающихся небольшими размерами, и располагающихся в пределах различных генетических типов рельефа.

Ключевые слова: *общераспространенные полезные ископаемые, добыча полезных ископаемых, карьеры, торфяные поля, нарушенные земли, пораженность территории, карьерная нагрузка, Минская область.*

**Исследования выполнены в рамках реализации проекта БРФФИ – МИРРУ № Х25УЗБ-054 «Особенности обеспечения геоэкологической безопасности техногенно нагруженных территорий в процессе разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом» на 2025–2027 гг.*

Assessment of Land Disturbance in the Minsk Region during the Extraction of Common Minerals Using Remote Sensing and GIS Technologies

A methodology using satellite imagery and Geographic Information Systems (GIS) was developed to assess the prevalence of quarries and exhausted peatlands within the Minsk Region and to calculate the specific density of mining sites across its territory. The combined use of density and area characteristics of the mining sites made it possible to create the most objective cartographic model of the existing quarry load in the study region. The analysis of the model showed that areas with a high quarry load are predominantly associated with large peat massifs within gently undulating moraine and fluvioglacial plains and lowlands, as well as with terminal moraine ridges and uplands of the Sozh age from the Middle Pleistocene. Territories with a medium quarry load are also confined to large peatlands within gently undulating moraine and fluvioglacial plains and lowlands, and to areas of terminal moraine formations of the Sozh age from the Middle Pleistocene. A low quarry load is observed throughout the entire territory of the Minsk Region, characteristic of areas with small-scale peat extraction sites, as well as locations of sand, clay, and sand-gravel-pebble quarries, which are distinguished by their small size and are located within various genetic types of relief.

Key words: *common minerals, mineral extraction, quarries, peat fields, disturbed lands, land impairment, quarry load, Minsk Region.*

Введение

Общераспространенные полезные ископаемые (ОПИ) – ключевой элемент ресурсной базы любой страны, обеспечивающий сырьем строительство, производство стройматериалов и сельское хозяйство. Растущий спрос на ОПИ приводит к активной разработке месторождений, что влечет за собой изъятие земель и, как следствие, негативное изменение окружающей среды. Добыча и сопутствующая инфраструктура, включая отвалы, оказывают вредное воздействие не только на сами разрабатываемые участки, но и на прилегающие территории.

Минская область располагает значительными ресурсами общераспространенных полезных ископаемых. Основными среди них являются кирпичные, гончарные и керамзитовые глины, строительные пески и песчано-гравийно-валунный материал, мел, мергель, торф и сапропель [1].

В области сосредоточено 697 месторождений песка, из них 246 детально разведанные с запасами по категориям А + В + C_1 от 8 до 31 136 тыс. м^3 и C_2 143–666 63 тыс. м^3; 1090 месторождений песчано-гравийно-валунного материала, среди которых 335 детально разведанные с запасами по категориям А + В + C_1 7 – 67 659 тыс. м^3 и C_2 20–120 769 тыс. м^3; разведано 79 месторождений глинистого сырья с запасами по промышленным категориям от 47 до 32169 тыс. м^3, имеется 25 месторождений мергельно-меловых пород, среди которых 9 детально разведанные, с запасами по категориям А + В + C_1 41 – 16 199 тыс. т и C_2 от 1810 до 51 245 тыс. т [2; 3]. На территории области находится 133 месторождения сапропеля. Разведанные запасы сапропелевого сырья в регионе оцениваются в 200 млн м^3, из которых 103,8 млн м^3 приходится на карбонатные и смешанные сапропели [4]. Особое значение имеет торфяной фонд области, включающий 1131 месторождение общей площадью 560,35 тыс. га [5]. Общие запасы торфа, находящиеся на промышленной глубине, превышают 1,0 млрд т. Для промышленной разработки выделено 48 месторождений общей площадью 23,95 тыс. га с запасами торфа 76,73 млн т. Минская область занимает ведущее место в Беларуси по площади торфяных месторождений и объему запасов торфа.

Эксплуатация крупных месторождений полезных ископаемых карьерным способом вызывает значительную трансформацию геологической среды. Изменения затрагивают геологическое строение, литологический состав и физико-механические свойства горных пород, рельеф, гидрогеологические и геохимические условия. Наблюдается активизация экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов, таких как эрозия, оползни, обвалы и суффозия. Водоотливы приводят к формированию депресси-

онных воронок и истощению запасов подземных вод, вызывая пересыхание водотоков и водоемов. Формирование отвалов вскрышных пород создает техногенные грунты с низкими несущими способностями. В совокупности эти факторы приводят к деградации земель и их непригодности для дальнейшего хозяйственного использования.

На базе разведанных крупных месторождений полезных ископаемых созданы предприятия и производственные мощности по карьерной добыче минерального сырья. В большинстве случаев их функционирование часто сопряжено с трансформацией компонентов геологической среды. Эта трансформация проявляется главным образом в изменении геологического строения территории, состава и свойств слагающих ее пород, рельефа, гидрогеологических и геохимических условий района добычи, а также в развитии различных природных и техногенных геодинамических процессов и явлений, часто носящих деструктивный характер. Загрязняется атмосферный воздух, деградируется почвенно-растительный покров. Интенсивный водоотлив из карьеров нарушает естественный гидрологический баланс, вызывая снижение уровня подземных вод, истощение их запасов и формирование обширных депрессионных воронок. Это приводит к негативным последствиям, таким как исчезновение источников водоснабжения, обмеление водоемов и пересыхание малых рек. Отвалообразование формирует техногенные грунты, характеризующиеся неблагоприятными физическими и физико-механическими свойствами, что снижает их устойчивость и пригодность для дальнейшего использования. На склонах отвалов и в бортах карьеров активно развиваются процессы выветривания, плоскостной смыв и линейная эрозия, возникают оползни, обвалы, осыпи, проявляются суффозия и плывуны. На близлежащих к карьерам территориях формируются зоны подтопления и заболачивания [6; 7]. Все эти факторы вместе приводят к тому, что земли, подвергшиеся воздействию горных работ и связанных с ними техногенных процессов, зачастую становятся непригодными для дальнейшего хозяйственного использования.

В связи с негативным воздействием горных выработок по добыче общераспространенных полезных ископаемых на окружающую среду актуальной задачей является изучение их пространственного распределения и влияния на компоненты природной среды исследуемой территории.

Целью данного исследования является анализ особенностей распространения отработанных и действующих карьеров и других горных выработок в Минской области, а также оценка степени пораженности территории этими выработками для оптимизации системы управления инженерно-хозяйственной деятельностью в регионе.

Материалы и методы исследования

Для изучения объектов исследования применялись данные из различных источников, включая открытый картографический сервис OpenStreetMap, официальные источники: Государственный кадастр недр Республики Беларусь, Обзорная карта месторождений общераспространенных полезных ископаемых, база данных «Торфяники Беларуси», доклады Минского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды о состоянии минерально-сырьевой базы [1–3; 5].

Из этих источников были получены сведения об отработанных и действующих карьерах и торфяных полях, включая технологические карты с дренажными системами. Данные содержали информацию о названии объекта (согласно результатам геологических исследований), количестве учтенных и разрабатываемых полезных ископаемых и другие характеристики.

На основе собранной информации была создана схематическая карта распространения различных горных выработок на территории Минской области, включающая 747 объектов (рисунок 1).

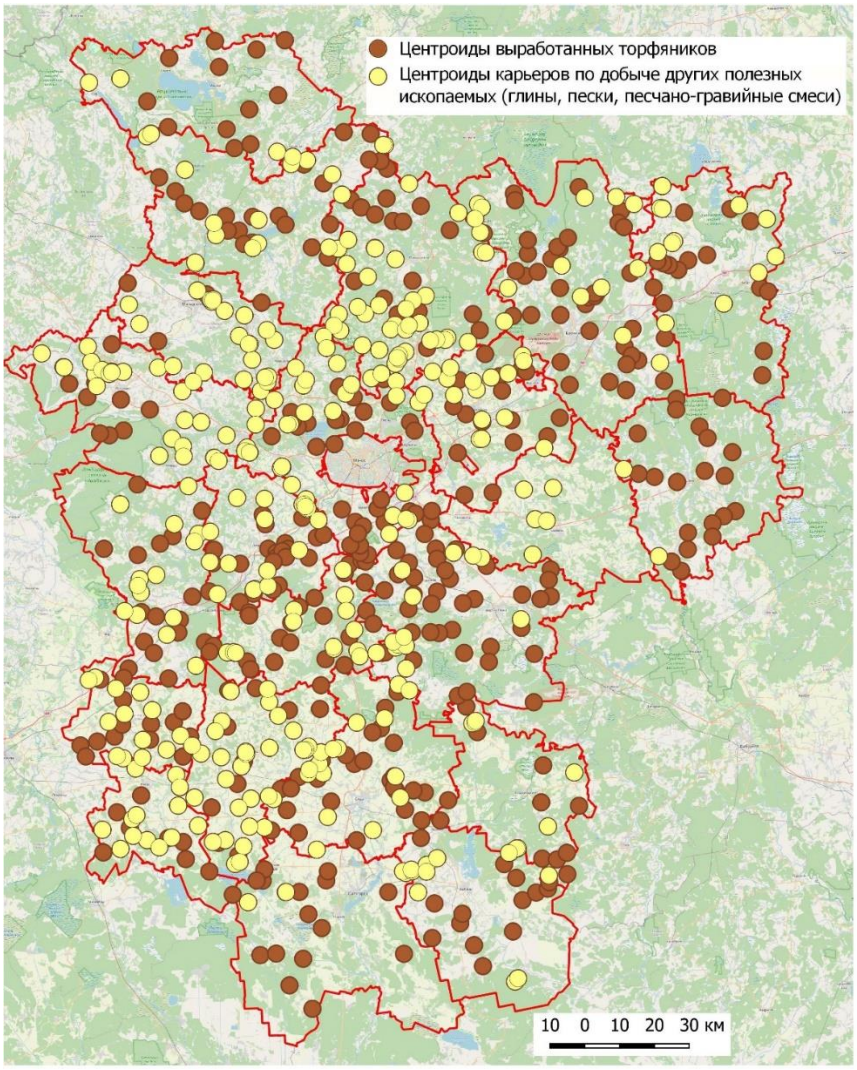


Рисунок 1 – Схематическая карта Минской области с расположением горных выработок по добыче общераспространенных полезных ископаемых

Для создания картосхемы и других картографических моделей применялась геоинформационная система QGIS.

В качестве исходных данных использовались спутниковые снимки, полученные из открытых источников Google, Yandex и Bing, которые предоставляют информацию от спутниковых групп Landsat и Sentinel.

Отбор снимков осуществлялся с помощью программы для работы с картами и спутниковыми снимками SAS. Planet (рисунок 2).

Для анализа нарушенности земель, вызванной горными выработками (или *карьерной нагрузки*), применялись статистические методы.

Количественная оценка включала расчет коэффициента распространенности ($D = N / S$) и удельной плотности ($d = N / s$) карьеров, где N – количество карьеров (ед.), S – площадь территории (км^2), а s – стандартизированная площадь в 100 км^2.



Рисунок 2 – Космические снимки карьера по добыче песчано-гравийно-валунного материала «Крапужино» Логойского района (вверху) и участка разрабатываемого месторождения торфа «Гричино-Старобинское» Солигорского района (внизу) при обработке программным продуктом SAS. Planet

Следует отметить, что если коэффициент распространенности определялся нами для административных районов Минской области, то для расчета удельной плотности размещения горных выработок в исследуемом регионе вся его площадь с прилегающими территориями была разбита на 478 квадратов площадью каждого 100 км^2. Затем в каждом квадрате или ячейке был выполнен расчет горных выработок и определена их удельная плотность. На основе этих данных была установлена степень карьерной нагрузки как в рамках отдельных административных районов, так и для всей области в целом.

Результаты и их обсуждение

Согласно результатам исследований, наибольшая плотность горных выработок наблюдается в Дзержинском, Минском и Несвижском районах Минской области, где соответствующие коэффициенты составляют 0,036, 0,031 и 0,030 ед./км^2. В девяти

из двадцати двух районов Минской области показатель распространенности горных выработок находится в диапазоне от 0,028 до 0,021 ед./км². Для семи районов этот коэффициент ниже и колеблется от 0,017–0,016 ед/км² в Борисовском и Столбцовском районах до 0,011 ед/км² в Березинском районе (рисунок 3).

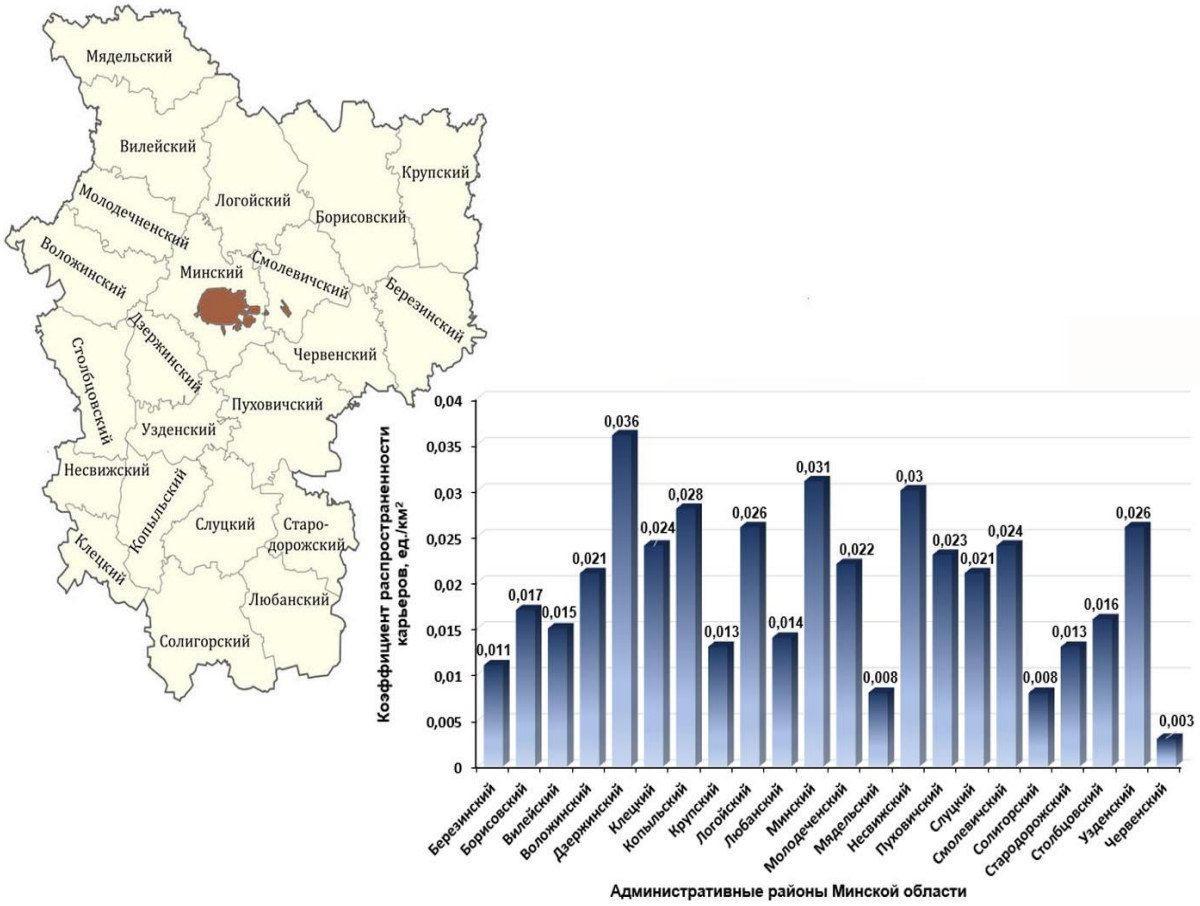


Рисунок 3 – Распределение коэффициента распространенности горных выработок по административным районам Минской области

Три района (Мядельский, Солигорский и Червенский) имеют наименьшую распространенность горных выработок, с показателем, не превышающим 0,010 ед./км². В целом для всей Минской области средний коэффициент распространенности горных выработок составляет 0,020 ед./км², что в 1,4 раза больше, чем для Витебского региона.

Особого внимания заслуживает анализ распространенности горных выработок, основанный на расчете удельной плотности их размещения на территории исследуемого региона. Согласно созданной сеточной модели, наибольшее их количество, приходящееся на единичный квадрат или ячейку, равно 10, наименьшее – 0 (рисунок 4). Соответственно, максимальная удельная плотность размещения горных выработок в регионе составляет 10 ед./100 км^2, а минимальная – 0. Всего на сеточной модели выделяется одна ячейка с удельной плотностью горных выработок 10 ед./100 км^2, одна – с 9, по четыре – с 7 и 6, четырнадцать – с 5, тридцать пять – с плотностью 4 ед./100 км^2.

В 166 ячейках выработки отсутствуют (0), в остальных 253 их удельная плотность составляет 1–3 ед./100 км^2 (рисунок 4).

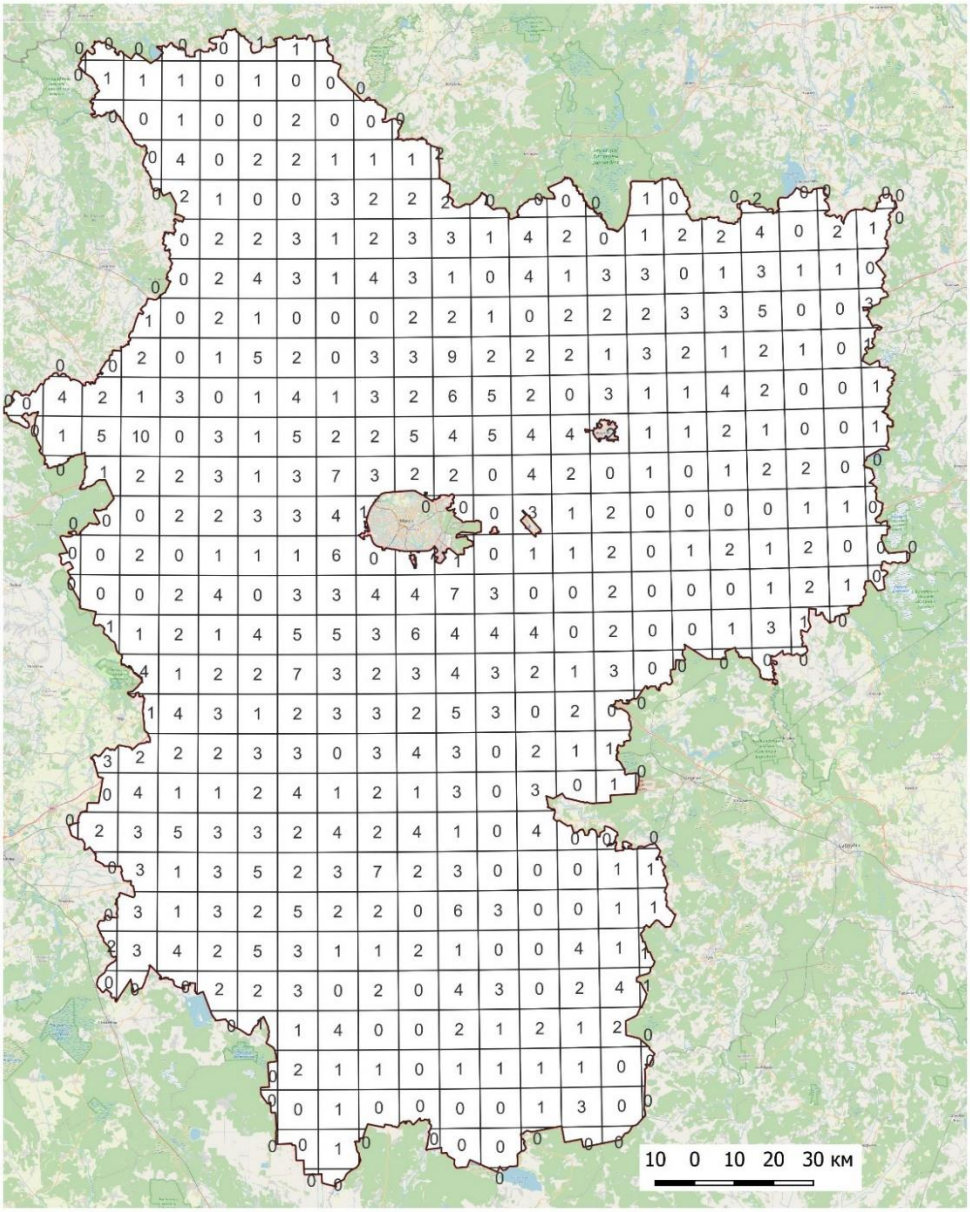


Рисунок 4 – Сеточная модель распределения удельной плотности горных выработок (ед./100 км^2) на территории Минской области

Установленные значения плотностных характеристик распространенности рассматриваемых горных выработок позволили классифицировать и визуализировать карьерную нагрузку по степени или уровню ее возрастания на различных территориях. По результатам анализа полученной информации была предложена следующая градация уровней: при удельной плотности выработок 1–3 ед./100 км^2 нагрузка низкая; 4–6 – средняя; более 7 ед./100 км^2 – высокая.

Вместе с тем необходимо отметить, что некоторые карьеры и торфяные выработки занимают довольно небольшую площадь – менее 1 км^2, другие же могут охватывать значительные территории, иногда в десятки квадратных километров. Так, например, у выработанного карьера по добыче песка в 400 м от д. Добрая Лука на западе Солигорского района или карьера на окраине д. Яблонка на юго-востоке Борисовского района площадь не превышает 0,001 км^2 (всего таких карьеров 25), в то время как у выработанных торфяников месторождений Чисть в Вилейском районе, Цна (Ганцевичское)

в Борисовском и Гричино-Старобинское в Солигорском районе площадь составляет 22,57; 37,43 и 48,03 км^2 соответственно (база данных «Торфяники Беларуси», 2024). Всего количество выработанных торфяных участков с площадью более 20 км^2 составляет 10 ед. В связи с этим, оценивая карьерную нагрузку на какую-либо территорию, целесообразно учитывать наряду с удельной плотностью горных выработок и занимаемую ими площадь, а именно, если суммарная площадь горных выработок в единичном квадрате в 100 км^2 составляет менее 10 % его площади (<10 км^2), то нагрузка будет низкая; 10–20 % – средняя; более 20% (>20 км^2) – нагрузка высокая. Такая градация принята нами с некоторой корректировкой по аналогии с площадной пораженностью территорий плоскостной и овражной эрозией (согласно СНБ 2.03.01–98 [8]), морфологически схожей с техногенной денудацией земной поверхности. Совместное использование плотностных и площадных характеристик горных выработок (их произведение) позволило создать наиболее объективную картографическую модель существующей карьерной нагрузки на территории исследуемого региона (рисунок 5).

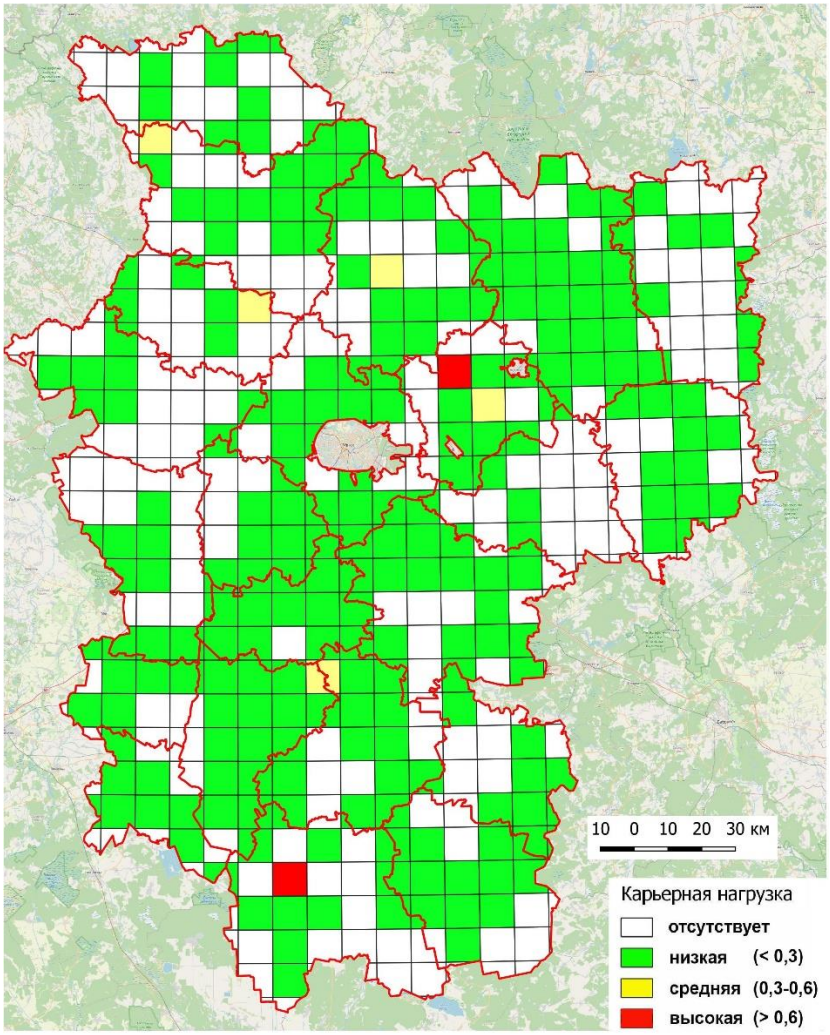


Рисунок 5 – Карьерная нагрузка на территории Минской области

Анализ данной модели показал, что участки с высокой карьерной нагрузкой располагаются в пределах Смолевичского и Солигорского районов. В геолого-геоморфологическом отношении все они тяготеют преимущественно к крупным торфяным массивам в пределах пологоволнистых моренных и флювиогляциальных равнин и низин,

а также к конечно-моренным грядам и возвышенностям сожского возраста среднего плейстоцена. Здесь нарушенные земли представлены выработанными торфяниками и карьерами по добыче песков и песчано-гравийно-галечного материала.

Участки со средней карьерной нагрузкой установлены в Вилейском, Молодечненском, Логойском, Слуцком и Смолевичском районах. В геолого-геоморфологическом плане они также приурочены к торфяным залежам в пределах пологоволнистых моренных и флювиогляциальных равнин и низин и участкам размещения конечно-моренных образований сожского возраста среднего плейстоцена.

Низкая карьерная нагрузка отмечается по всей территории Минской области. Она характерна для участков распространения малоплощадных торфоразработок, а также мест размещения карьеров по добыче песка, глин и песчано-гравийно-галечных смесей, отличающихся в основном относительно небольшими размерами. Причем все эти участки располагаются в пределах различных генетических типов рельефа.

Заключение

По итогам проведенных исследований установлено, что применение спутниковых данных в совокупности с ГИС-технологиями позволило авторам сформировать авторскую методику оценки степени нарушенности земель, обусловленной добычей общераспространенных полезных ископаемых. Данная методика основана на совместном использовании показателей плотности размещения и площади горных выработок. Расчетная карьерная нагрузка в пределах Минской области свидетельствует о ее относительно низком уровне для региона в целом: территории со средним и высоким уровнями нагрузки занимают менее 1,5 % от общей площади сеточной модели исследуемой территории, при этом около 35 % ее площади не подвержено воздействию процессов добычи полезных ископаемых.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Полезные ископаемые Беларуси : к 75-летию БелНИГРИ / Под ред. П. З. Хомич [и др.]. – Мн. : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528 с.

2. Государственный кадастр недр Республики Беларусь. – URL: https://gkn.belgeocentr.by/ (дата обращения: 02.07.2025).

3. Обзорная карта месторождений общераспространенных полезных ископаемых. – URL: https://catalog.belgeocentr.by/map/field/minsk (дата обращения: 02.07.2025).

4. Москальчук, Л. Н. Сорбционные свойства основных типов почв, природного сырья и промышленных отходов / Л. Н. Москальчук. – Мн. : Бел. наука, 2008. – 230 с.

5. База данных «Торфяники Беларуси». – URL: https://www.peatlands.by/ (дата обращения: 02.07.2025).

6. Галкин, А. Н. Особенности проявления инженерно-геологических процессов на территории Беларуси / А. Н. Галкин // Літасфера. – 2006. – № 1 (24). – С. 95–100.

7. Эколого-геологические проблемы в зоне влияния объектов добычи и переработки нерудного минерального сырья (Республика Беларусь) / О. В. Шершнев, А. И. Павловский, А. Н. Галкин, И. И. Косинова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2020. – № 3. – С. 64–72. – DOI: https://doi.org/10.17308/geology.2020.3/3010.

8. СНБ 2.03.01–98. Геофизика опасных природных воздействий. – Мн., 1998. – 7 с.

REFERENCES

1. Poleznye iskopaemye Belarusi : k 75-letiyu BelNIGRI / Pod red. P. Z. Khomich [i dr.]. – Mn. : Adukacyya i vykhavanne, 2002. – 528 s.

2. Gosudarstvennyj kadastr nedr Respubliki Belarus’. – URL: https://gkn.belgeocentr.by/ (data obrashcheniya: 02.07.2025).

3. Obzornaya karta mestorozhdenii obshcherasprostranennykh poleznykh iskopaemykh. – URL: https://catalog.belgeocentr.by/map/field/minsk (data obrashcheniya: 02.07.2025).

4. Moskal’chuk, L. N. Sorbtsionnye svoistva osnovnykh tipov pochv, prirodnogo syr’ya i promyshlennykh otkhodov / L. N. Moskal’chuk. – Mn. : Bel. nauka, 2008. – 230 s.

5. Baza dannykh «Torfianiki Belarusi». – URL: https://www.peatlands.by/ (data obrashcheniya: 02.07.2025).

6. Galkin, A. N. Osobennosti proyavleniya inzhenerno-geologicheskikh processov na territorii Belarusi / A. N. Galkin // Litasfera. – 2006. – № 1 (24). – S. 95–100.

7. Ekologo-geologicheskie problemy v zone vliyaniya ob’ektov dobychi i pererabotki nerudnogo mineral’nogo syr’ya (Respublika Belarus’) / O. V. Shershnev, A. I. Pavlovskii, A. N. Galkin, I. I. Kosinova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya. – 2020. – № 3. – S. 64–72. – DOI: https://doi.org/10.17308/geology.2020.3/3010.

8. SNB 2.03.01–98. Geofizika opasnykh prirodnykh vozdeistvij. – Mn., 1998. – 7 s.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 01.02.2026

УДК 911.5+504.54 DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-83-90

Андрей Петрович Гусев[1], Татьяна Григорьевна Флерко[2]
[1]канд. геол.-минерал. наук, доц., зав. каф. геологии и географии
Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины
[2]канд. геогр. наук, доц., доц. каф. геологии и географии
Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины
Andrei Gusev[1], Tatyana Flerko[2]
[1]Candidate of Geological and Mineralogical Science, Associate Professor,
Head of the Department of Geology and Geography of Francisk Skorina Gomel State University
[2]Candidate of Geographical Science, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Geology and Geography
of Francisk Skorina Gomel State University
e-mail: [1]gusev@gsu.by; [2]tflerco@mail.ru

АЭРОЗОЛЬНЫЙ ИНДЕКС КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ В ГОРОДАХ

Рассмотрены результаты анализа аэрозольного загрязнения в городах Евразии и Северной Африки на основе съемки спутника Sentinel-5P TROPOMI. Решаемые задачи: 1) оценка средних величин аэрозольного индекса и их динамики в изучаемых городах в апреле – августе 2024 г.; 2) изучение динамики аэрозольного индекса в пустынях в апреле – августе 2024 г.; 3) анализ корреляции между изменениями аэрозольного индекса в городах и пустынях; 4) изучение взаимосвязи между аэрозольным индексом и загрязнением PM2.5 атмосферного воздуха городов. Объектами исследований являлись 132 города и 9 пустынь. В ходе работы установлено, что максимальные значения аэрозольного индекса приурочены к пустынным регионам, характеризующимся активным проявлением пыльных и песчаных бурь; наибольшая величина индекса отмечена в таких городах, как Доха (1,656), Эль-Кувейт (1,523), Басра (1,486), Кабул (1,471), Эр-Рияд (1,451), Тунис (1,389). Обнаружена статистически значимая корреляционная связь динамики аэрозольного индекса в городах с близлежащими пустынями. Установлено, что между аэрозольным индексом и величиной содержания PM2.5 в атмосфере городов имеется достоверная корреляционная зависимость (коэффициент детерминации для лета 2024 г. составил 0,82).

Ключевые слова: *аэрозольный индекс, Sentinel-5P TROPOMI, города, пустыни, PM2.5.*

Aerosol Index as an Indicator of the State of the Atmosphere in Cities

The article considers the results of the analysis of aerosol pollution in the cities of Eurasia and North Africa based on the imagery of the Sentinel-5P TROPOMI satellite. The tasks are as follows: 1) assessment of the average values of the aerosol index and their dynamics in the studied cities in April – August 2024; 2) study of the dynamics of the aerosol index in deserts in April – August 2024; 3) analysis of the correlation between changes in the aerosol index in cities and deserts; 4) study of the relationship between the aerosol index and PM2.5 pollution of the atmospheric air of cities. The objects of the study were 132 cities and 9 deserts. During the work it was established that the maximum values of the aerosol index are confined to desert regions characterized by active manifestation of dust and sandstorms; The highest index values were recorded in cities such as Doha (1,656), Kuwait City (1,523), Basra (1,486), Kabul (1,471), Riyadh (1,451), and Tunis (1,389). A statistically significant correlation was found between the dynamics of the aerosol index in cities and nearby deserts. A reliable correlation was found between the aerosol index and the PM2.5 content in the atmosphere of cities (the determination coefficient for the summer of 2024 was 0,82).

Key words: *aerosol index, Sentinel-5P TROPOMI, cities, deserts, PM2.5.*

Введение

Одним из опасных для здоровья человека загрязнителей атмосферы являются аэрозоли – взвешенные в воздухе мелкие частицы [1]. Наибольший вред наносят частицы размером до 2,5 микрон (PM2.5). Эти поллютанты способны проникать в кровоток через дыхательную систему и распространяться по всему организму, вызывая такие негативные для здоровья последствия, как астма, рак легких и болезни сердца [2–5]. Загрязнение частицами PM2.5 имеет различное происхождение: как антропогенное

(двигатели внутреннего сгорания, промышленные выбросы, сжигание угля), так и природное (песчаные и пыльные бури, лесные пожары, извержения вулканов). По некоторым оценкам на природные источники приходится до 90 % аэрозольных выбросов [6]. Одним из мощных источников аэрозольного загрязнения атмосферы являются пыльные и песчаные бури [7].

Мониторинг аэрозольного загрязнения атмосферы – одна из важнейших экологических задач мирового уровня. Современные методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) предоставляют новые возможности для ее решения. Так, спутниковые методы используются для мониторинга пыльных бурь и их последствий [8–10], степных пожаров [11], опустынивания [12–14], трансграничных воздействий [15; 16].

Цель исследований – изучение аэрозольного загрязнения в городах Евразии и Северной Африки на основе съемки спутника Sentinel-5P TROPOMI.

Решаемые задачи:

1) оценка средних величин аэрозольного индекса и их динамики в изучаемых городах в апреле – августе 2024 г.;

2) изучение динамики аэрозольного индекса в пустынях в апреле – августе 2024 г.;

3) анализ корреляции между изменениями аэрозольного индекса в городах и пустынях;

4) изучение взаимосвязи между аэрозольным индексом и загрязнением PM2.5 атмосферного воздуха городов.

Материалы и методика исследований

В работе использованы данные съемки спутника Sentinel-5P TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument), который ежедневно измеряет содержание аэрозоля (аэрозольный индекс в относительных единицах) в тропосфере. Аэрозольный индекс определяется независимо от наличия облаков, что позволяет проводить ежедневные наблюдения, представляет собой широко используемый и апробированный на практике показатель. Пространственное разрешение съемки – 7 × 5,5 км. Измерения осуществляются ежедневно с октября 2017 г.

Продукт съемки Sentinel-5P TROPOMI в виде архива находится в свободном доступе на сайте NASA (https://search.earthdata.nasa.gov/). Для выделения регулярной составляющей потоков аэрозоля применялся метод осреднения значений аэрозольного индекса в течение определенного временного интервала (месяц, сезон). Аэрозольный индекс предлагается рассматривать как дистанционный индикатор аэрозольного загрязнения атмосферного воздуха.

Используемые в работе данные по PM2.5 находятся в свободном доступе (https://www.iqair.com/).

Объектами исследований являлись 132 города и 9 пустынь, расположенные в Центральной, Южной и Восточной Европе, в Юго-Западной и Средней Азии, в Северной Африке. Для каждого города в пределах его ареала определялись величины аэрозольного индекса за период апрель – август 2024 года. Средние значения аэрозольного индекса определялись в целом за весь период, за апрель – май, за июнь – август. Для 26 городов были рассчитаны среднемесячные значения аэрозольного индекса.

Изучаемые пустыни: Аравийская, Нубийская, Ливийская, Руб-Эль-Хали, Сирийская, Большой Нефуд, Кызылкум, Каракумы, Аралкум. Для пустынь определялись среднемесячные величины аэрозольного индекса, средняя величина за май – апрель, средняя величина за июнь – август.

Для обработки данных Sentinel-5P TROPOMI, растровых операций, построения картосхем использовалась геоинформационная система QGIS.

Группировка значений аэрозольного индекса в пределах ареалов изучаемых городов и пустынь проводилась в MC Excel, для статистической обработки (определение среднего, медианного значения, среднеквадратичной ошибки, стандартного отклонения, минимального, максимального значений) использованы MC Excel и специализированная программа STATISTICA.

Результаты исследований и их обсуждение

Для оценки аэрозольного загрязнения атмосферы в городах были подсчитаны средние значения аэрозольного индекса в период июнь – август 2024 г. Наибольшая величина индекса отмечена таких городах, как Доха (1,656), Эль-Кувейт (1,523), Басра (1,486), Кабул (1,471), Эр-Рияд (1,451), Тунис (1,389). В Средней Азии наибольшая величина аэрозольного индекса наблюдалась в городах Туркменбаши (1,005), Балканабат (0,985), Мары (0,966). В Европе наибольшая величина аэрозольного индекса летом 2024 г. была характерна для Афин (0,660), Палермо (0,633), Рима (0,564). На территории Беларуси изучены 14 городов, из которых наибольшие значения аэрозольного индекса наблюдались в Светлогорске (0,294), Гомеле (0,268), Могилеве (0,244) и Жлобине (0,241), а наименьшие – в Барановичах (0,171), Минске (0,167) и Мозыре (0,140).

На примере 26 городов были изучены сезонные изменения величины аэрозольного индекса. Для них были рассчитаны средние значения аэрозольного индекса за апрель, май, июнь, июль и август. Различия между городами, находящимися в разных типах ландшафтов, прослеживаются и по среднемесячным значениям аэрозольного индекса (рисунок 1).

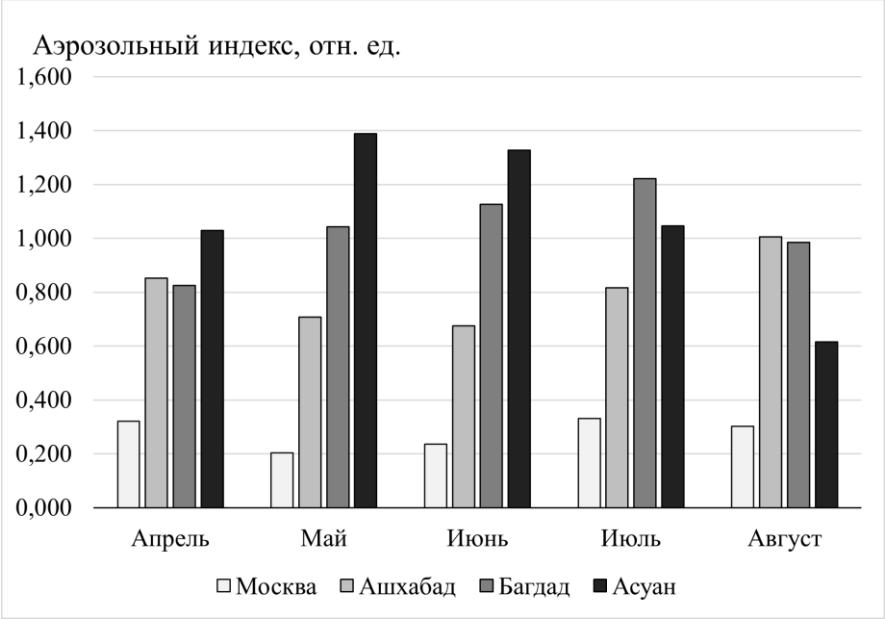


Рисунок 1 – Динамика аэрозольного индекса в городах, расположенных в разных типах ландшафтов

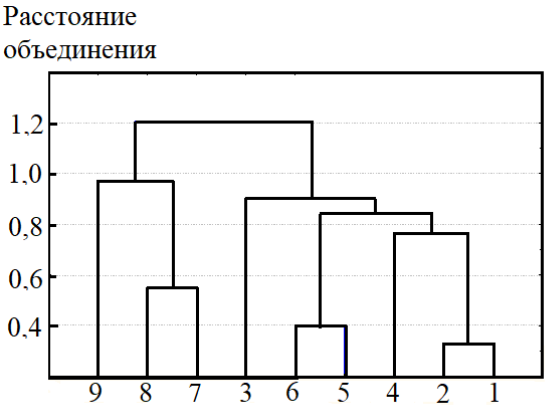
Для ряда городов установлены существенные различия между весенними и летними значениями аэрозольного индекса. Так, в апреле – мае величина индекса была существенно выше, чем в летний период, в таких городах, как Берлин, Минск, Варшава, Ставрополь, Неаполь, Афины, Стамбул, Каир, Асуан. Наоборот, величина индекса была существенно выше летом в таких городах, как Рим, Тегеран, Карачи, Амман, Багдад, Дамаск, Дубай, Триполи. Слабо отличались весенние и летние значения индекса в таких городах, как Санкт-Петербург, Москва, Нукус.

Изучена динамика аэрозольного индекса в пустынях (рисунок 2). Наибольшая величина аэрозольного индекса характерна для Ливийской (весна – 1,528; лето – 1,252) и Нубийской (весна – 1,169; лето – 1,250) пустынь. В пустыне Руб-Эль-Хали средняя величина аэрозольного индекса несколько меньше (весна – 1,120; лето – 1,207). Пустыни Средней Азии по сравнению с пустынями Африки и Аравийского полуострова характеризуются более низкими значениями аэрозольного индекса. Величины аэрозольного индекса отличаются весьма значительной пространственно-временной изменчивостью и, вероятно, сезонностью. В ряде пустынь максимальные значения приурочены к весне (Ливийская и Аравийская пустыни, Аралкум). В большинстве пустынь максимальная величина аэрозольного индекса наблюдается в летний период.



Рисунок 2 – Средняя величина аэрозольного индекса в пустынях в апреле – мае и июне – августе 2024 г.

Для изучения схожести пустынь по динамике аэрозольного индекса был выполнен кластерный анализ (рисунок 3). В качестве расстояния объединения использована величина 1-r Пирсона. Видно, что изученные пустыни по динамике разделись на два кластера – пустыни Средней Азии и все остальные. Наибольшее сходство динамики аэрозольного индекса характерно для таких пар пустынь, как Аравийская и Нубийская, Большой Нефуд и Сирийская, Каракумы и Кызылкум.



1 – Аравийская; 2 – Нубийская; 3 – Ливийская; 4 – Руб-Эль-Хали; 5 – Большой Нефуд; 6 – Сирийская; 7 – Кызылкум; 8 – Каракумы; 9 – Аралкум

Рисунок 3 – Кластерная диаграмма пустынь по динамике аэрозольного индекса в период апрель – август 2024 г.

Для изучения влияния изменений аэрозольного индекса в пустынях на динамику этого показателя в городах был выполнен корреляционный анализ. Рассчитывался коэффициент ранговой корреляции Спирмена между средними значениями индекса для пустынь и для городов. Статистически достоверная корреляция с динамикой аэрозоля в пустынях отсутствует для таких городов, как Москва, Санкт-Петербург, Минск, Варшава, Берлин, Рим, Неаполь. Для Афин и Стамбула установлена статистически достоверная корреляция с Аравийской пустыней (коэффициенты корреляции составили 0,32 и 0,47 соответственно), Нубийской пустыней (0,44 и 0,38), Ливийской пустыней (0,33 и 0,30) и пустыней Большой Нефуд (0,40 и 0,33). Для Ашхабада, Нукуса и Бухары установлена достоверная корреляция с Кызылкумом и Каракумами. Так, изменения аэрозольного индекса в Бухаре коррелируют с Кызылкумом (0,66) и Каракумами (0,38). Для Аммана, Багдада и Дамаска установлена достоверная корреляции с Сирийской пустыней и пустыней Большой Нефуд. Так, колебания аэрозольного индекса в Дамаске тесно скоррелированы с Сирийской пустыней (коэффициент корреляции составил 0,75) и пустыней Большой Нефуд (0,46). Для Каира прослеживается корреляция с Аравийской пустыней (0,42), Ливийской пустыней (0,50), Сирийской пустыней (0,35) и пустыней Большой Нефуд (0,33). Колебания аэрозольного индекса в Асуане достоверно коррелируют с Аравийской пустыней (0,76), Нубийской (0,49), Ливийской (0,38) и пустыней Большой Нефуд (0,32). Таким образом, статистически значима корреляционная связь динамики аэрозольного индекса в городах с близлежащими пустынями. Отсутствие достоверной корреляции с удаленными пустынями объясняется временным лагом, необходимым для движения аэрозолей в атмосфере на сравнительно большие расстояния.

Важный вопрос: как взаимосвязаны дистанционный показатель – аэрозольный индекс и наземный показатель – содержание PM2.5? Для выяснения их взаимосвязи был отобран 21 город, по которым имеются данные как по аэрозольному индексу, так и по PM2.5. Изучались среднемесячные значения (интервал апрель – август) и средние величины за летний период. Наибольший уровень загрязнения атмосферы по PM2.5 отмечен в таких городах, как Доха (среднее значение за летний период 37,2 мкг/м^3), Эль-Кувейт (30,8), Бенгази (25,5), Ашхабад (25,7). Установлено, что существует тесная взаимосвязь (коэффициент детерминации составил 0,82) между аэрозольным индексом и величиной содержания PM2.5, описываемая линейным уравнением (рисунок 4).

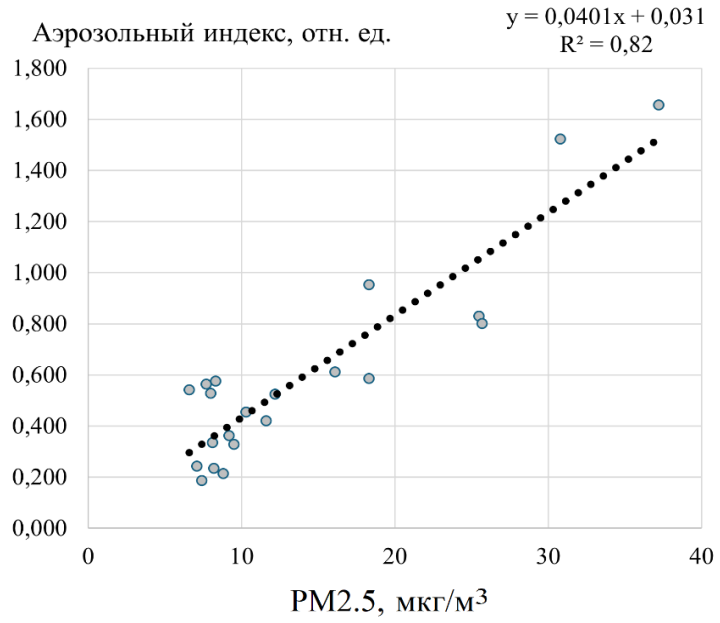


Рисунок 4 – Взаимосвязь аэрозольного индекса и содержания PM2.5 (лето 2024 г.)

При сравнении среднемесячных значений аэрозольного индекса и PM2.5 в 14 городах (Доха, Эль-Кувейт, Бенгази, Ашхабад, Баку, Актау, Стамбул, Варшава, Рим, Москва, Киев, Анкара, Краснодар, Вена) также установлена положительная взаимосвязь, характеризуемая линейным уравнением регрессии (коэффициент детерминации составил 0,66). Полученные результаты показывают, что аэрозольный индекс, определяемый по данным спутниковых наблюдений, может выступать в качестве индикатора аэрозольного загрязнения атмосферы городов.

Заключение

Таким образом, в ходе исследований установлено:

1) максимальные значения аэрозольного индекса, определяемого по данным съемки спутника Sentinel-5P TROPOMI, приурочены к пустынным регионам, характеризующимся активным проявлением пыльных и песчаных бурь; наибольшая величина индекса отмечена в таких городах, как Доха (1,656), Эль-Кувейт (1,523), Басра (1,486), Кабул (1,471), Эр-Рияд (1,451), Тунис (1,389);

2) имеется статистически значимая корреляционная связь динамики аэрозольного индекса в городах с близлежащими пустынями;

3) наблюдается тесная взаимосвязь между аэрозольным индексом и величиной содержания PM2.5 в атмосфере городов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аэрозольное загрязнение городов и его эффекты на прогноз погоды, региональный климат и геохимические процессы / Чубарова Н. Е. [и др.]. – М. : MAKS Press, 2020. – 339 с.

2. Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM2.5 and PM10 pollution in the Chinese population / F. Lu, D. Xu [et al.] // Environmental research. – 2015. – Vol. 136. – P. 196–204. – URL: https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.06.029 (дата обращения: 22.01.2026).

3. Short-term effects of PM2. 5, PM10 and PM2. 5–10 on daily mortality in the Netherlands / N. A. H. Janssen [et al.] // Science of the Total Environment. – 2013. – Vol. 463. – P. 20–26. – URL: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.062 (дата обращения: 25.01.2026).

4. Пожитков, Р. Ю. Разовые концентрации взвешенных частиц PM2.5 и PM10 в приземных слоях атмосферы г. Тобольск / Р. Ю. Пожитков // Вестник Нижневартовского государственного университета. – 2021. – № 2 (54). – С. 119–126.

5. Елагина, Д. Д. Загрязнение атмосферы аэрозольными частицами и обусловленные этим социально-экономические последствия / Д. Д. Елагина, А. В. Матешева, А. Д. Тужиков // Проблемы безопасности российского общества. – 2023. – № 2. – С. 52–57.

6. Адушкин, В. В. Литосферные источники аэрозольного загрязнения атмосферы / В. В. Адушкин, С. П. Соловьев, В. А. Будников // Геология и геофизика. – 1995. – Т. 36, № 8. – С. 103–110.

7. Трансграничный перенос пылевых бурь в пылевом поясе (обзор) / С. Ф. Абдуллозода [и др.] // Светоч науки. – 2024. – № 3. – С. 81–89.

8. Шинкаренко, С. С. Последствия пыльных бурь 2020 года на юге европейской части России / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2020. – Т. 17, № 7. – С. 270–275. – URL: https://doi.org/10.21046/2070-7401-2020-17-7-270-275 (дата обращения: 02.02.2026).

9. Шинкаренко, С. С. Спутниковые наблюдения пыльных бурь на юге России в 2022 году / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2022. – Т. 19, № 6. – С. 293–300.

10. Агаев, Т. Д. Исследования трансграничного загрязнения атмосферы Кавказско-Каспийского региона пыльными бурями на основе спутниковых данных / Т. Д. Агаев // Безопасность жизнедеятельности. – 2022. – № 3. – С. 27–31.

11. Анализ площадей степных пожаров в западном Казахстане по данным дистанционного зондирования Земли / С. С. Шинкаренко [и др.] // Аридные экосистемы. – 2023. – Т. 29, № 1. – С. 25–35.

12. Юферев, В. Г. Дистанционный мониторинг опустынивания территории Калмыкии / В. Г. Юферев, В. А. Силова, Н. А. Ткаченко // Аридные экосистемы. – 2023. – Т. 29, № 1. – С. 46–52.

13. Тлеумуратова, Б. С. Конвективный вынос аэрозоля в пустынных зонах как фактор повышения температуры воздуха / Б. С. Тлеумуратова, Б. Ж. Нарымбетов // Аридные экосистемы. – 2022. – Т. 28, № 1. – С. 11–19.

14. Корнеева, Е. А. Оценка экологического ущерба от опустынивания аридных территорий на юге европейской части России / Е. А. Корнеева // Аридные экосистемы. – 2023. – Т. 29, № 1. – С. 70–76.

15. Гусев, А. П. Оценка загрязнения атмосферы на территории Беларуси летом 2022 года на основе съемки спутника Sentinel-5P TROPOMI // А. П. Гусев, Т. Г. Флерко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. – 2024. – Т. 10, № 1. – С. 78–86.

16. Гусев, А. П. Дистанционный индикатор риска загрязнения атмосферы (TROPOMI AIR QUALITY INDEX) при мониторинге трансграничных воздействий / А. П. Гусев, Т. Г. Флерко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. – 2025. – Т. 11 (77), № 2. – С. 120–129.

REFERENCES

1. Aerozol’noye zagryazneniye gorodov i yego effekty na prognoz pogody, regional’nyi klimat i geokhimicheskiye protsessy / Chubarova N. E. [i dr.]. – M. : MAKS Press, 2020. – 339 s.

2. Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM2.5 and PM10 pollution in the Chinese population / F. Lu, D. Xu [et al.] // Environmental research. – 2015. – Vol. 136. – P. 196–204. – URL: https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.06.029 (data obrashcheniya: 22.01.2026).

3. Short-term effects of PM2. 5, PM10 and PM2. 5–10 on daily mortality in the Netherlands / N. A. H. Janssen [et al.] // Science of the Total Environment. – 2013. – Vol. 463. – P. 20–26. – URL: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.062 (data obrashcheniya: 25.01.2026).

4. Pozhitkov, R. Yu. Razovyye kontsentratsii vzveshennykh chastits RM2.5 i RM10 v prizemnykh sloyakh atmosfery g. Tobol’sk / R. Yu. Pozhitkov // Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2021. – № 2 (54). – S. 119–126.

5. Yelagina, D. D. Zagryazneniye atmosfery aerozol’nymi chastitsami i obuslovlennyye etim sotsial’no-ekonomicheskiye posledstviya / D. D. Yelagina, A. V. Matesheva, A. D. Tuzhikov // Problemy bezopasnosti rossiyskogo obshchestva. – 2023. – № 2. – S. 52–57.

6. Adushkin, V. V. Litosfernyye istochniki aerozol’nogo zagryazneniya atmosfery / V. V. Adushkin, S. P. Soloviev, V. A. Budnikov // Geologiya i geofizika. – 1995. – T. 36, № 8. – S. 103–110.

7. Transgranichnyi perenos pylevykh bur’ v pylevom poyase (obzor) / S. F. Abdullozoda [i dr.] // Svetoch nauki. – 2024. – № 3. – S. 81–89.

8. Shinkarenko, S. S. Posledstviya pyl’nykh bur’ 2020 goda na yuge yevropeyskoi chasti Rossii / S. S. Shinkarenko, S. A. Bartalev // Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. – 2020. – T. 17, № 7. – S. 270–275. – URL: https://doi.org/10.21046/2070-7401-2020-17-7-270-275 (data obrashcheniya: 02.02.2026).

9. Shinkarenko, S. S. Sputnikovyye nablyudeniya pyl’nykh bur’ na yuge Rossii v 2022 godu / S. S. Shinkarenko, S. A. Bartalev // Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. – 2022. – T. 19, № 6. – S. 293–300.

10. Agaev, T. D. Issledovaniya transgranichnogo zagryazneniya atmosfery Kavkazsko-Kaspiyskogo regiona pyl’nymi buryami na osnove sputnikovykh dannykh / T. D. Agaev // Bezopasnost’ zhiznedeyatel’nosti. – 2022. – № 3. – S. 27–31.

11. Analiz ploshchadei stepnykh pozharov v zapadnom Kazakhstane po dannym distantsionnogo zondirovaniya Zemli / S. S. Shinkarenko [i dr.] // Aridnyye ekosistemy. – 2023. – T. 29, № 1. – S. 25–35.

12. Yuferev, V. G. Distantsionnyi monitoring opustynivaniya territorii Kalmykii / V. G. Yuferev, V. A. Silova, N. A. Tkachenko // Aridnyye ekosistemy. – 2023. – T. 29, № 1. – S. 46–52.

13. Tleumuratova, B. S. Konvektivnyi vynos aerozolya v pustynnykh zonakh kak faktor povysheniya temperatury vozdukha / B. S. Tleumuratova, B. Zh. Narymbetov // Aridnyye ekosistemy. – 2022. – T. 28, № 1. – S. 11–19.

14. Korneeva, Ye. A. Otsenka ekologicheskogo ushcherba ot opustynivaniya aridnykh territoriy na yuge yevropeyskoy chasti Rossii / Ye. A. Korneeva // Aridnyye ekosistemy. – 2023. – T. 29, № 1. – S. 70–76.

15. Gusev, A. P. Otsenka zagryazneniya atmosfery na territorii Belarusi letom 2022 goda na osnove s’yemki sputnika Sentinel-5P TROPOMI // A. P. Gusev, T. G. Flerko // Uchenyye zapiski Krymskogo federal’nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. – 2024. – T. 10, № 1. – S. 78–86.

16. Gusev, A. P. Distantsionnyi indikator riska zagryazneniya atmosfery (TROPOMI AIR QUALITY INDEX) pri monitoringe transgranichnykh vozdeystviy / A. P. Gusev, T. G. Flerko // Uchenyye zapiski Krymskogo federal’nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. – 2025. – T. 11 (77), № 2. – S. 120–129.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 13.03.2026

УДК 551.2:546.296(476) DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-91-102

Сергей Григорьевич Котов[1], Евгений Александрович Кухарик[2], Геннадий Аркадьевич Аронов[3]
[1]канд. техн. наук, доц., ведущий науч. сотрудник отд. инженерно-информационного обеспечения Центра геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси
[2]канд. геол.-минерал. наук, доц., зав. лаб. региональной геологии и современной геодинамики Института природопользования Национальной академии наук Беларуси
[3]канд. геол.-минерал. наук, директор Центра геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси
Sergey Kotov[1], Evgeniy Kukharik[2], Gennady Aronov[3]
[1]Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Leader Researcher of the Engineering-Informatical Support Department of the Centre of Geophysical Monitoring of National Academy of Sciences of Belarus
[2]Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory of Regional Geology and Modern Geodynamics of Institute for Nature Management of National Academy of Sciences of Belarus
[3]Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Director of the Centre of Geophysical Monitoring of National Academy of Sciences of Belarus
e-mail: lab@geology.win

О ПОСТАНОВКЕ НЕПРЕРЫВНЫХ РАДОНОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОДИНАМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЗОНАХ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Обоснована необходимость постановки непрерывных радонометрических исследований в геодинамически активных зонах территории Беларуси. Показано, что для реализации подобных работ может быть использован комплекс «Альфарад плюс», способный измерять, фиксировать и оперативно передавать значения по объемной активности радона и плотности потока этого газа для дальнейшей обработки и интерпретации. Этот вывод подтвержден обобщенными данными специальных замеров, выполненных в период 18.12.2024–28.02.2025 гг. в шурфах, заложенных возле здания государственного учреждения «Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси», а также на площадках вблизи геофизических обсерваторий «Нарочь» и «Плещеницы».

Ключевые слова: *радон, радонометрический метод, объемная активность радона, плотность потока радона, геодинамика, Беларусь.*

On Conducting of Continuous Radonometry Studies in Geodynamic Active Zones of the Territory of Belarus

This article substantiates the need for continuous radonometric studies in geodynamically active zones of Belarus. It demonstrates that the «Alfarad Plus» system, capable of measuring, recording, and quickly transmitting radon volumetric activity and flux density data for further processing and interpretation, can be used to implement such studies. This conclusion is supported by summarized data from special measurements conducted between December 18, 2024, and February 28, 2025, in pits near the building of the Center for Geophysical Monitoring of the National Academy of Sciences of Belarus, as well as at sites near the «Naroch» and «Pleshchenitsy» geophysical observatories.

Key words: *radon, radonometric method, volumetric activity of radon, radon flux density, geodynamics, Belarus.*

Введение

Благодаря развитию и применению эманационного (радонового) метода исследований к настоящему времени накоплен обширный фактический материал об особенностях поведения радиоактивного газа радона в различных геолого-геодинамических условиях многих регионов мира. Если в первые десятилетия XX в. закладывались методические основы радонометрии, а проводимые с использованием этого метода исследования имели общепознавательное значение, то уже к середине прошлого столетия диагностика объемной активности радона применялась в практической деятельности –

при поиске и разведке месторождений урановых руд, региональном изучении геодинамической активности недр, а также в гидрогеологических исследованиях [1]. В 1970–1980 гг. радонометрический метод начали активно применять для решения задач инженерной геологии и геоэкологии (определение и картирование радоноопасных территорий, оценка радиационной обстановки в зданиях и сооружениях, а также с целью нормирования допустимых уровней радона в жилых и общественных помещениях). Полученные материалы были обобщены в крупных монографических изданиях [2–5].

На протяжении последних 25–35 лет получило развитие направление мониторинга временных вариаций радонового поля, в т. ч. в связи с изучением сейсмотектонических процессов и возможных предвестников землетрясений. На современном этапе большой интерес представляют комплексные геологические исследования, сочетающие применение радонометрического метода с другими изотопными и геофизическими методами, использованием физико-математических моделей переноса радона, проводятся долговременные и систематические наблюдения в различных геологических условиях. Отдельным важным аспектом прикладного применения эманационного метода является изучение геодинамической обстановки территорий размещения ответственных инженерных сооружений и крупных промышленных объектов, таких как АЭС, ГЭС, нефте- и газопроводы, крупные подземные горные выработки и др. Подобные изыскания проводятся во многих странах мира, о чем свидетельствует представительная опубликованная литература [6–13].

Опыт использования радонометрического метода в Республике Беларусь обобщен в работе [1]. Ее авторами дана оценка роли особенностей геологического строения в формировании радоновых аномалий, выполнено комплексное изучение концентраций радона в почвенном воздухе зон разрывных нарушений, различных генетических типов четвертичных отложений, выявлен радонопродуцирующий потенциал различных типов пород платформенного чехла и кристаллического фундамента территории Беларуси. Однако, несмотря на это, следует отметить, что в стране долговременные исследования эманаций и эксхаляций радона практически не проводились, что и определяет актуальность постановки работ в данном направлении.

Целью настоящей статьи является обоснование постановки непрерывных радонометрических исследований в пределах геодинамически активных зон территории Беларуси и обобщение промежуточных результатов проведенных измерений, выполненных с использованием комплекса «Альфарад плюс».

Материалы и методы исследования

Измерение объемной активности ^{222}Rn с использованием комплекса «Альфарад плюс» основано на электростатическом осаждении заряженных ионов ^{218}Po из отобранной пробы воздуха на поверхность полупроводникового детектора. Объемная активность ^{222}Rn определяется по количеству зарегистрированных альфа-частиц при распаде атомов ^{218}Po, осевших на полупроводниковом детекторе.

Измерительная камера блока измерения объемной активности комплекса «Альфарад плюс» выполнена из пластика и представляет собой пустотелый цилиндр с расположенным внутри высоковольтным электродом и герметично закрытыми фланцами с двух сторон. На входном фланце установлен фильтродержатель с аэрозольным фильтром, а на внешней поверхности размещен входной штуцер. В центре выходного фланца установлен полупроводниковый детектор с предусилителем, сигнал с которого поступает на блок управления. На выходном фланце установлена климатическая камера, которая содержит датчики температуры и влажности и соединена с измерительной камерой.

Отбор пробы воздуха в измерительную камеру осуществляется с помощью микровоздуходувки. Проба воздуха через защитный аэрозольный фильтр поступает в измерительную камеру, проходит через климатическую камеру и поступает в микровоздуходувку. Защитный аэрозольный фильтр используется для очистки контролируемого воздуха от дисперсной фазы аэрозолей и, в том числе, от дочерних продуктов распада радона и торона, находящихся в воздухе.

Программное обеспечение «Alfa» измерительного комплекса для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов «Альфарад плюс» предназначено для выполнения следующих функциональных задач: оцифровки, сортировки и первичной обработки импульсов, полученных с измерительных блоков детектирования и датчиков (управления работой амплитудно-цифрового преобразователя); управления режимами работы комплекса и сервисного обслуживания (тестирования) блоков; конечной обработки и отображения данных на экране индикаторного блока комплекса в виде таблиц и графиков; хранения данных [14].

Результаты и их обсуждение

Непрерывные радонометрические исследования организуются с применением приборной базы, способной автоматически производить замеры, собирать и передавать полученные данные для дальнейшей обработки. Для решения подобной задачи был выбран комплекс «Альфарад плюс». С целью проверки работоспособности этого комплекса в полевых условиях были выполнены предварительные измерения объемной активности радона на площадках в воздухе шурфов диаметром 200 мм, заложенных на территории геофизических обсерваторий «Нарочь» и «Плещеницы», а также непосредственно около здания государственного учреждения «Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси». Полученные показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования объемной активности радона в воздухе шурфов

Место отбора пробы воздуха	Дата отбора пробы	Глубина шурфа, м	Средняя объемная активность радона, Бк/м^3
Территория геофизической обсерватории «Нарочь»	16.01.2025	0,9	218 ± 65
		1	251 ± 75
	17.01.2025	0,9	237 ± 71
		1	216 ± 64
Территория геофизической обсерватории «Плещеницы»	23.01.2025	1	378 ± 101

Данные таблицы 1 показывают, что значения объемной активности радона в воздухе превышают фоновые значения. Это обусловлено тем, что покровные отложения в местах отбора проб представлены флювиогляциальными аккумуляциями, которые в основном являются радонобезопасными. На территории геофизической обсерватории «Нарочь» проведено циклическое исследование объемной активности радона в воздухе бункера, в котором размещены геофизические приборы. Результаты замеров показаны на рисунке 1. Результаты циклического исследования объемной активности радона в воздухе бункера геофизической обсерватории «Нарочь» показали, что ее среднее значение составляет 146 Бк/м^3, предел колебаний – 78–185 Бк/м^3. Перед исследованием проб из шурфов в режиме «ОА 20» комплекса «Альфарад плюс» осуществлялся отбор пробы воздуха в помещении государственного учреждения «Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси» с помощью встроенной воздуходувки в течение 3 мин., а также производилось измерение объемной актив-

ности радона в течение 20 мин. Полученное значение объемной активности радона в воздухе не превышало величины $Q_0 \leq 20$ Бк·м$^{-3}$.

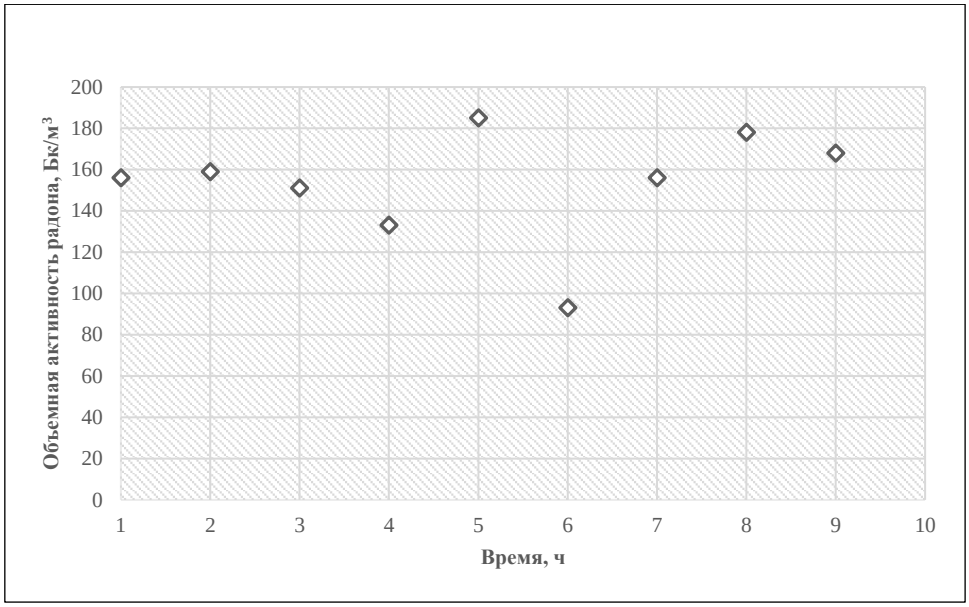


Рисунок 1 – Результаты циклического измерения объемной активности радона в воздухе бункера геофизической обсерватории «Нарочь»

Далее выполнялись замеры объемной активности радона в 3 шурфах, расположенных на территории государственного учреждения «Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси». Они были заложены в песчаных моренных отложениях припятского (сожского) возраста. Шурфы глубиной 75 и 50 см ориентированы по меридиану, а шурфы 75 и 100 см – по широте; они перекрывались деревянными щитами для исключения поступления атмосферных осадков.

Отбор проб в шурфах производился, как правило, два раза в день: после восхода солнца и около полудня. При отборе проб воздуха использовались специальные пробоотборники, входящие в комплект комплекса «Альфарад плюс». Для отбора проб воздуха из шурфов соединяли штуцер «Вход» автономной воздуходувки с входным штуцером пробоотборника с помощью соединительной трубки из комплекта комплекса «Альфарад плюс». Пробоотборник помещали на дно шурфа. Продолжительность пробоотбора составляла 5 мин. По окончании отбора пробы пробоотборник герметизировали заглушками и записывали момент времени отбора t_1. Результаты исследования объемной активности в шурфах глубиной 75 и 100 см в день исследования и через 2 сут. приведены в таблице 2.

Как видно из данных таблицы 2, объемная активность радона в шурфах глубиной 75 см и 100 см через 2 сут. выше объемной активности радона первоначально отобранной пробы. Исключения составляют результаты исследования в шурфе глубиной 75 см от 28.02.2025 и 03.03.2025 и в шурфе глубиной 100 см от 21.02.2025 и 24.02.2025. В этих случаях объемная активность несколько ниже и укладывается в диапазон относительной погрешности прибора «Альфарад плюс», которая составляет ±30 % [14].

Таблица 2 – Значения объемной активности радона из воздуха шурфов глубиной 75 см и 100 см в день исследования и через 2 сут.

Дата	$Q_{возд.}$ из шурфа глубиной 75 см, Бк/м^3		
	1 измерение	2 измерение	Среднее значение
14.02.2025	39 ± 11	97 ± 29	68 ± 20
17.02.2025	126 ± 33	94 ± 28	110 ± 33
21.02.2025	58 ± 17	38 ± 11	48 ± 14
24.02.2025	96 ± 28	–	96 ± 28
28.02.2025	138 ± 41	39 ± 11	89 ± 27
03.03.2025	0	129 ± 28	65 ± 19
	$Q_{возд.}$ из шурфа 100 см, Бк/м^3		
14.02.2025	58 ± 17	19 ± 5	39 ± 12
17.02.2025	63 ± 18	–	63 ± 18
21.02.2025	115 ± 34	19 ± 5	67 ± 20
24.02.2025	32 ± 9	62 ± 18	47 ± 14
28.02.2025	115 ± 34	19 ± 5	67 ± 20
03.03.2025	129 ± 38	–	129 ± 38

За вторую половину декабря 2024 г. – февраль 2025 г. в течение 45 рабочих дней проведено исследование 220 проб воздуха из шурфов, из них 52 пробы из шурфа глубиной 50 см и по 84 пробы из шурфов глубиной 75 и 100 см соответственно. Кроме этого, выполнено 202 исследования по два измерения из каждого шурфа: 46 измерений из шурфа глубиной 50 см и по 78 измерений из шурфов глубиной 75 и 100 см соответственно, а также по 6 единичных замеров из каждого шурфа 50, 75 и 100 см. По материалам парных измерений определялось среднее арифметическое значение, которое дальше использовалось при проведении анализа данных.

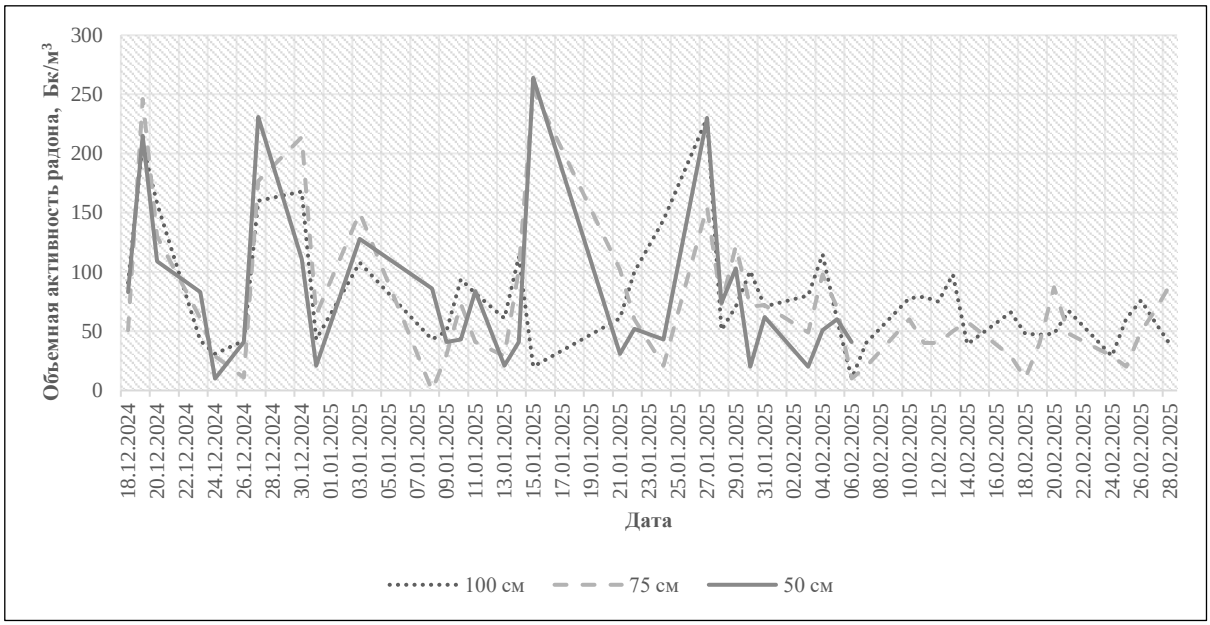


Рисунок 2 – Динамика значений объемной активности радона (Бк/м^3) в воздухе шурфов различной глубины, заложенных возле здания государственного учреждения «Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси» в г. Минске, за период с 18.12.2024 по 28.02.2025

Результаты проведенных исследований объемной активности радона показали, что она не является постоянной. Обобщение опубликованных материалов позволило высказать предположение, что объемная активность радона в воздухе шурфов зависит

от среднесуточной температуры воздуха. На рисунке 2 представлена динамика значений объемной активности радона в воздухе шурфов, заложенных возле здания государственного учреждения «Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси», за период с 18.12.2024 по 28.02.2025.

Данные, представленные на рисунке 2, показывают значительную изменчивость показателей объемной активности радона во времени. Это может объясняться существованием взаимосвязи объемной активности радона от некоторых метеорологических характеристик, а именно от среднесуточной температуры воздуха и количества атмосферных осадков. Для проверки этого утверждения были проанализированы соответствующие материалы наблюдений по метеостанции «Минск» за период с 18.12.2024 по 28.02.2025 (рисунки 3 и 4).

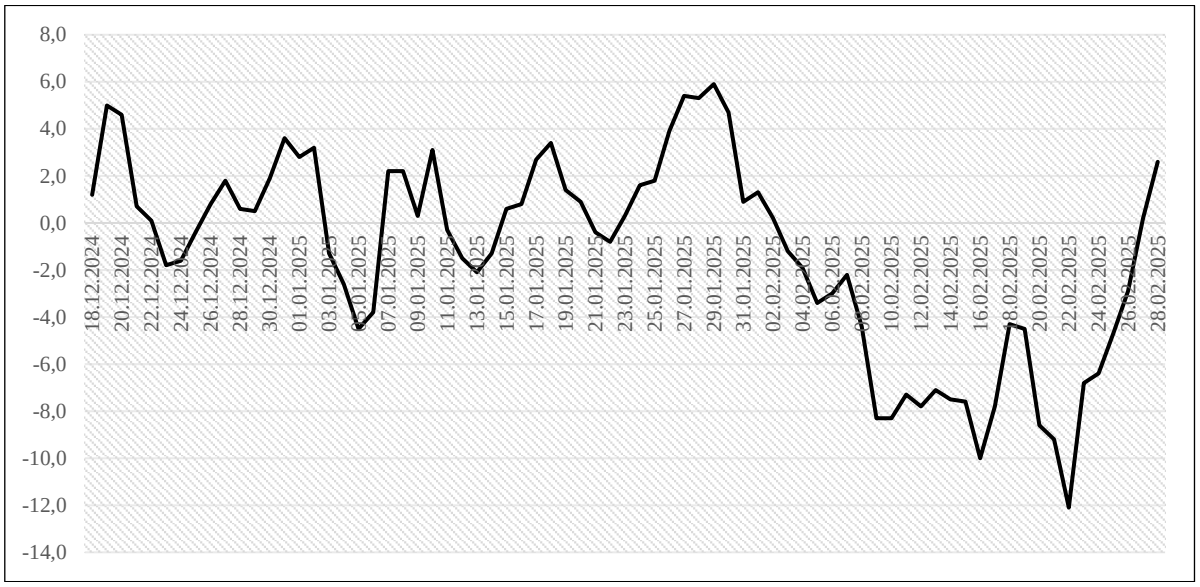


Рисунок 3 – Среднесуточная температура в г. Минске за период с 18.12.2024 по 28.02.2025

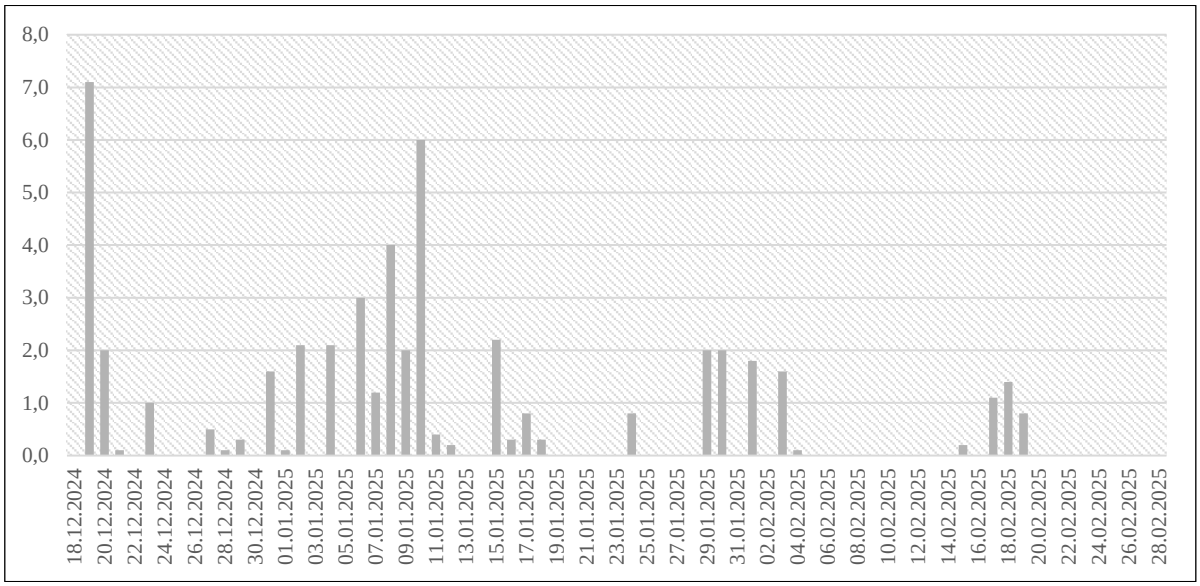


Рисунок 4 – Количество атмосферных осадков в г. Минске за период с 18.12.2024 по 28.02.2025

Сопоставление данных рисунков 2 и 3 за период 18.12.2024 – 31.12.2024 свидетельствует о том, что на качественном уровне существует взаимосвязь между объемной активностью радона в шурфах и среднесуточной температурой воздуха. Учитывая это, предпринята попытка найти количественную зависимость между объемной активностью радона в воздухе шурфов и среднесуточной температурой. В результате обработки полученных данных получены следующие линейные уравнения:

– для шурфа 100 см:

$$Q_0 = 72,7 + 19,5t, \quad (1)$$

– для шурфа 75 см:

$$Q_0 = 76,1 + 20,1t, \quad (2)$$

– для шурфа 50 см:

$$Q_0 = 78,1+15,1t, \quad (3)$$

где здесь и далее по тексту Q_0 – объемная активность радона, Бк/м^3, t – среднесуточная температурой, °С.

Коэффициент корреляции Пирсона, который оценивает силу и направление связи между численными величинами, для уравнения (1) составляет 0,67, для уравнения (2) – 0,56, для уравнения (3) – 0,48. Таким образом, корреляция, описываемая уравнениями (1) и (2), высокая положительная, а уравнением (3) – средняя положительная.

Учитывая, что коэффициенты в уравнениях (1) и (2) близки, предпринята попытка найти единую количественную зависимость между объемной активностью радона в воздухе шурфов глубиной 75 см и 100 см и среднесуточной температурой воздуха. В результате обработки полученных данных получено следующее линейное уравнение:

$$Q_0 = 74,4 + 19,8t. \quad (4)$$

Значение коэффициента корреляции Пирсона составило 0,61. Это значит, что корреляция, описываемая уравнением (4), высокая положительная.

При сопоставлении данных рисунков 2 и 3 за период 18.12.2024 – 31.01.2025 видно, что шести положительным пикам значений объемной активности радона в воздухе шурфов соответствуют шесть пиков среднесуточной температуры воздуха. В связи с этим предпринята попытка получить количественную зависимость между объемной активностью радона в воздухе шурфов и среднесуточной температурой воздуха.

В результате обработки данных, полученных во второй половине декабря 2024 – январе 2025 г., выведены следующие линейные уравнения:

– для шурфа 100 см:

$$Q_0 = 79,6 + 9,1t, \quad (5)$$

– для шурфа 75 см:

$$Q_0 = 82,1 + 7,3t, \quad (6)$$

– для шурфа 50 см:

$$Q_0 = 77,1 + 8,3t. \quad (7)$$

Коэффициент корреляции Пирсона для уравнения (5) составляет 0,41, для уравнения (6) – 0,26, для уравнения (7) – 0,29. Таким образом, корреляция, описываемая уравнениями (5) – (7), средняя положительная.

Учитывая, что коэффициенты в уравнениях (5) и (6) близки, предпринята попытка найти единую количественную зависимость между объемной активностью радона в воздухе шурфов глубиной 75 и 100 см и среднесуточной температурой воздуха. В результате обработки экспериментальных данных получено следующее линейное уравнение:

$$Q_0 = 80,8 + 8,2t. \quad (8)$$

При этом коэффициент корреляции Пирсона составил 0,18, что характеризует корреляцию, описываемую уравнением (8) как слабую положительную.

На основании этого можно сделать заключение, что линейная корреляционная зависимость объемной активности радона в воздухе шурфов от температуры воздуха существует. Проведено также обобщение и анализ данных рисунков 2 и 3 за весь период наблюдений (18.12.2024 – 28.02.2025). В результате обработки полученных материалов выведены следующие линейные уравнения:

– для шурфа 100 см:

$$Q_0 = 84{,}6 + 4{,}2t, \quad (9)$$

– для шурфа 75 см:

$$Q_0 = 80{,}9 + 5{,}5t, \quad (10)$$

– для шурфа 50 см:

$$Q_0 = 74{,}4 + 8{,}9t. \quad (11)$$

Коэффициент корреляции Пирсона для уравнения (9) составил 0,39, для уравнения (10) – 0,41, для уравнения (11) – 0,35. Таким образом, корреляция, описываемая уравнениями (9) – (11), средняя положительная.

Следует отметить, что коэффициенты корреляции Пирсона для данных за вторую половину декабря 2024 – февраль 2025 г. даже несколько выше, чем за вторую половину декабря 2024 – январь 2025 г. Это еще раз доказывает, что существует линейная корреляционная зависимость между значениями объемной активности радона в воздухе шурфов и среднесуточной температурой воздуха.

Как видно из данных рисунка 4, 18 и 31 декабря 2024 г. зафиксировано выпадение атмосферных осадков. Это позволяет предположить, что выпадение атмосферных осадков является фактором, снижающим объемную активность радона в воздухе шурфов. Чтобы проверить это предположение, из выборки данных по объемной активности радона в воздухе шурфов и среднесуточной температуре воздуха за вторую половину декабря 2024 – январь 2025 г. исключены дни, когда выпадали атмосферные осадки. В результате получены следующие линейные уравнения:

– для шурфа 100 см:

$$Q_0 = 90{,}2 + 11{,}1t, \quad (12)$$

– для шурфа 75 см:

$$Q_0 = 77{,}5 + 7{,}0t, \quad (13)$$

– для шурфа 50 см:

$$Q_0 = 60{,}5 + 16{,}0t. \quad (14)$$

Коэффициент корреляции Пирсона для уравнения (12) составляет 0,48, для уравнения (13) – 0,28, для уравнения (14) – 0,66. Таким образом, корреляция, описываемая уравнениями (12) и (13), средняя положительная, а уравнением (14) – высокая положительная. Сопоставление корреляционных коэффициентов Пирсона для уравнений (5) и (12), а также (6) и (13) свидетельствует о том, что они близки. В то же время коэффициент корреляции Пирсона для уравнения (14) существенно выше, чем для уравнения (7).

Если исключить из рассмотрения данные за одни сутки после выпадения осадков и обработать их, то получим корреляционные зависимости, у которых коэффициент корреляции Пирсона для шурфов глубиной 100 и 75 см не изменится, а для шурфа глубиной 50 см достигнет значения 0,71. Это позволяет заключить, что влияние выпадения атмосферных осадков на линейную корреляцию объемной активности радона в воздухе шурфов от температуры имеет место для неглубоких (50 см) шурфов. Для проверки этого вывода проведено аналогичное исследование на выборке данных за вторую поло-

вину декабря 2024 – февраль 2025 г. В результате обработки данных получены следующие линейные уравнения:

– для шурфа 100 см:

$$Q_0 = 85,7 + 4,2t, \quad (15)$$

– для шурфа 75 см:

$$Q_0 = 74,6 + 4,3t, \quad (16)$$

– для шурфа 50 см:

$$Q_0 = 66,4 + 13,2t. \quad (17)$$

При сопоставлении уравнений (9) и (15), (10) и (16), (11) и (17) видно, что коэффициенты эмпирических уравнений, полученных для данных за вторую половину декабря 2024 – февраль 2025 г., близки к коэффициентам для данных за этот же период, где исключены дни с осадками. Коэффициент корреляции Пирсона для уравнения (15) составляет 0,39, для уравнения (16) – 0,38 и для уравнения (17) – 0,63. Таким образом, корреляция, описываемая уравнениями (15) и (16), средняя положительная, а уравнением (17) – высокая положительная. Сопоставление корреляционных коэффициентов Пирсона для уравнений (9) и (15), а также (10) и (16) свидетельствует о том, что они близки. В то же время коэффициент корреляции Пирсона для уравнения (17) существенно выше, чем для уравнения (11). Коэффициент корреляции Пирсона для уравнения (15) составляет 0,39, для уравнения (16) – 0,38, для уравнения (17) – 0,63. Таким образом, корреляция, описываемая уравнениями (15) и (16), средняя положительная, а уравнением (17) – высокая положительная.

В феврале 2025 г. было проведено исследование плотности потока радона. На рисунке 5 представлена динамика значений плотности потока радона в шурфе глубиной 50 см, заложенного возле здания государственного учреждения «Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси».

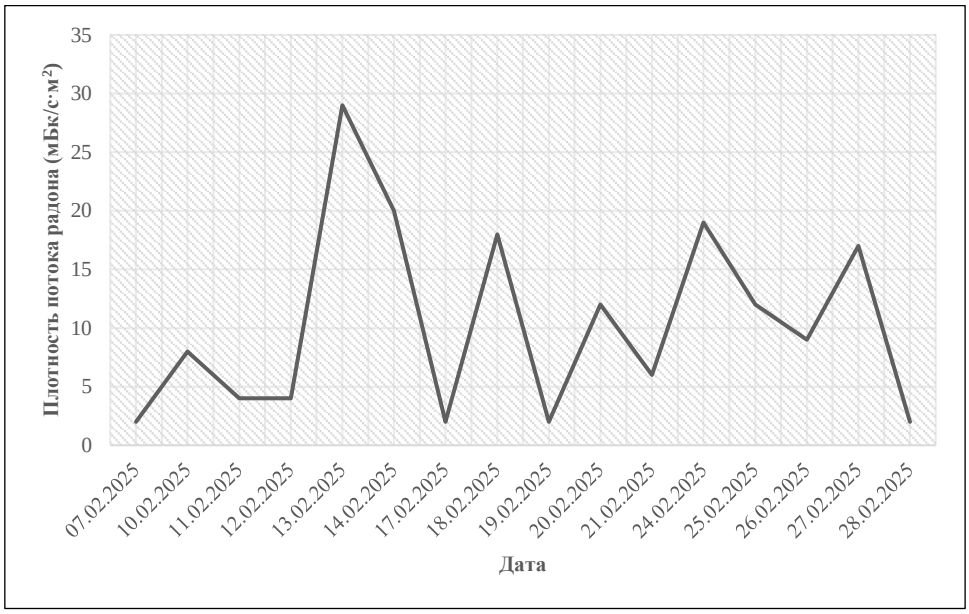


Рисунок 5 – Плотность потока радона (мБк/с·м²) в шурфе глубиной 50 см, заложенном возле здания государственного учреждения «Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси» в г. Минске, за период 07.02.2025 – 28.02.2025

Проанализируем значения среднесуточной температуры и количества атмосферных осадков в г. Минске во второй половине февраля 2025 г. (рисунки 3 и 4) с измеренными значениями плотности потока радона. Нужно отметить, что все измерения плотности потока радона, кроме последнего, проводились при отрицательных среднесуточных температурах воздуха, а выпадение атмосферных осадков фиксировалось только 17.02.2025 и 18.02.2025. Не просматривается корреляция между плотностью потока радона в шурфе глубиной 50 см и выпадением атмосферных осадков.

Вместе с тем, учитывая, что выявлена корреляционная зависимость между объемной активностью радона в воздухе шурфа и температурой воздуха, исследована корреляционная связь значений плотности потока радона и температуры воздуха в шурфе глубиной 50 см. Результаты этого исследования показали, что коэффициент корреляции Пирсона для всей совокупности данных по плотности потока радона в зависимости от температуры воздуха равен 0,07. При исключении из рассмотрения значений для положительной среднесуточной температуры коэффициент корреляции Пирсона для этой совокупности данных равен 0,14, а при исключении из рассмотрения данных для суток с выпадением атмосферных осадков коэффициент корреляции Пирсона составляет −0,17. Если исключить из рассмотрения данные и для положительной среднесуточной температуры, и для суток с выпадением атмосферных осадков, коэффициент корреляции Пирсона равен 0,03. Из теории корреляционного анализа известно, что для диапазонов значений 0 – 0,24 и 0 – −0,24 коэффициента корреляции Пирсона связь между переменными слабая положительная (или отрицательная). Это позволяет сделать вывод, что между плотностью потока радона в шурфе глубиной 50 см и среднесуточной температурой воздуха корреляционная зависимость отсутствует.

Проведенные с помощью комплекса «Альфарад плюс» исследования объемной активности радона и плотности потока этого радиоактивного газа показывают его эффективность и позволяют сделать вывод о том, что использование рассматриваемого прибора возможно при постановке непрерывных радонометрических исследований в различных геологических условиях территории Беларуси. Наибольший интерес представляет организация подобных работ в геодинамически активных участках, к которым относятся зоны активных разрывных нарушений (разломов) земной коры, а также территория Солигорского горнопромышленного района, в границах которого в настоящее время фиксируются проявления техногенно обусловленной сейсмичности. С учетом того факта, что в окрестностях г. Солигорска функционирует сеть сейсмических станций, ее целесообразно дополнить аппаратурой для выполнения непрерывных наблюдений за поведением радиоактивного газа радона с целью детального изучения геодинамической обстановки.

Заключение

1. Анализ проведенных исследований показывает, что радонометрический метод в настоящее время широко используется при изучении геодинамической активности недр во многих регионах мира. На территории Беларуси были выполнены циклы работ по отдельным зонам разломов земной коры, однако долгосрочные исследования не проводились. Изложенные в настоящей статье материалы показывают, что реализация непрерывных радонометрических изысканий возможна с использованием комплекса «Альфарад плюс», способного определять объемную активность радона и плотность его потока и передавать полученные значения для дальнейшей обработки и интерпретации. Существенный интерес в этом отношении представляют зоны активных на современном этапе разломов земной коры, а также территория Солигорского горнопромышленного района, в границах которого фиксируется проявление техногенной сейсмичности.

2. Во второй половине декабря 2024 – феврале 2025 г. выявлена средняя положительная корреляция между объемной активностью радона в воздухе шурфов и значением среднесуточной температуры воздуха. Показано, что во второй половине февраля 2025 г. корреляционная зависимость между значениями плотности потока радона в шурфе глубиной 50 см и среднесуточной температурой воздуха отсутствует.

3. Установлено, что выпадение атмосферных осадков оказывает влияние на корреляционную зависимость между показателями объемной активности радона в воздухе шурфа и значением среднесуточной температуры воздуха для неглубоких шурфов (50 см), и не влияет на объемную активность радона в воздухе глубоких (75 и 100 см) шурфов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Матвеев, А. В. Радон в геологических комплексах Беларуси / А. В. Матвеев, А. К. Карабанов, М. И. Автушко. – Мн. : Бел. навука, 2017. – 136 с.

2. Султанходжаев, А. Н. Радиоактивные эманации при изучении геологических процессов / А. Н. Султанходжаев, В. Г. Тыминский, А. И. Спиридонов. – Ташкент : Фан, 1979. – 120 с.

3. Шашкин, В. Л. Эманирование радиоактивных руд и минералов / В. Л. Шашкин, М. И. Пруткина. – М. : Атомиздат, 1979. – 112 с.

4. Гудзенко, В. В. Изотопы радия и радон в природных водах / В. В. Гудзенко, В. Т. Дубинчук. – М. : Наука, 1987. – 159 с.

5. Wilkening, M. Radon in the Environment / M. Wilkening. – Amsterdam : Elsevier, 1990. – 137 p.

6. Рудаков, В. И. Эманационный мониторинг геосред и процессов / В. И. Рудаков. – М. : Высш. шк., 2009. – 176 с.

7. Ульянов, В. Ю. Мониторинг радона как индикатора сейсмотектонических событий на площадке АЭС «Бушер-1» и прилегающей территории провинции Бушер Исламской Республики Иран / В. Ю. Ульянов // Глобальная ядерная безопасность. – 2017. – № 4 (25). – С. 7–17.

8. Семинский, К. Ж. Вариации объемной активности радона в разломных зонах земной коры: пространственные особенности / К. Ж. Семинский, А. А. Бобров, С. Дэмбэрэл // Физика Земли. – 2014. – № 6. – С. 80–98.

9. Бирюлин, С. В. Пространственно-временные закономерности проявления аномалий объемной активности радона перед тектоническими землетрясениями в районе Южных Курил : дис. … канд. геол.-минерал. наук : 25.00.10 / Бирюлин Сергей Викторович ; ФГБУН «Институт геофизики имени Ю. П. Булашевича УрО РАН». – Екатеринбург, 2021. – 137 л.

10. Soil gas radon: a tool for exploring active fault zones / K. Ioannides, C. Papachristodoulou, K. Stamoulis [et al.] // Applied Radiation and Isotopes. – 2003. – Vol. 59, iss. 2–3. – P. 205–213.

11. Radon, Cl^- and SO_4^{2-} anomalies in hot spring water associated with the 1995 earthquake swarm off the east coast of the Izu Peninsula, Central Japan / S. Nishizawa, G. Igarashi, Y. E. Sano [et al.] // Applied Geochemistry. – 1998. – Nr 13. – P. 89–94.

12. Spatial radon anomalies on active faults in California / C. Y. King, B. S. King, W. S. Evans, W. Zhang // Applied Geochemistry. – 1996. – Vol. 11. – P. 497–510.

13. The use of radon as an earthquake precursor / R. C. Ramola, M. Singh, A. S. Sandhu [et al.] // Nuclear Geophysics. – 1990. – Vol. 4, nr 2. – P. 275–287.

14. Комплекс измерительный для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов «Альфарад плюс». – URL: https://ntm.ru/UserFiles/File/document/ION/Aplus/Alpharad_manual.pdf (дата обращения: 12.02.2026).

15. Архив погоды в Минске // Погода и климат в Беларуси. – URL: https://www.pogodaiklimat.by/weather/26850 (дата обращения: 14.02.2026).

REFERENCES

1. Matveyev, A. V. Radon v geologicheskikh kompleksakh Belarusi / A. V. Matveyev, A. K. Karabanov, M. I. Avtushko. – Mn. : Bel. navuka, 2017. – 136 s.

2. Sultankhodzhaev, A. N. Radioaktivnye emanatsii pri izuchenii geologicheskikh protsessov / A. N. Sultankhodzhaev, V. G. Tyminskii, A. I. Spiridonov. – Tashkent : Fan, 1979. – 120 s.

3. Shashkin, V. L. Emanirovanie radioaktivnykh rud i mineralov / V. L. Shashkin, M. I. Prutkina. – M. : Atomizdat, 1979. – 112 s.

4. Gudzenko, V. V. Izotopy radiya i radon v prirodnykh vodakh / V. V. Gudzenko, V. T. Dubinchuk. – M. : Nauka, 1987. – 159 s.

5. Wilkening, M. Radon in the Environment / M. Wilkening. – Amsterdam : Elsevier, 1990. – 137 p.

6. Rudakov, V. I. Emanatsionnyi monitoring geosred i protsessov / V. I. Rudakov. – M. : Vyssh. shk., 2009. – 176 s.

7. Ul’yanov, V. Yu. Monitoring radona kak indikatora seismotektonicheskikh sobytii na ploshchadke AES «Busher-1» i prilegayushchei territorii provintsii Busher Islamskoi Respubliki Iran / V. Yu. Ul’yanov // Global’naya yadernaya bezopasnost’. – 2017. – № 4 (25). – S. 7–17.

8. Seminskii, K. Zh. Variatsii ob’emnoi aktivnosti radona v razlomnykh zonakh zemnoi kory: prostranstvennye osobennosti / K. Zh. Seminskii, A. A. Bobrov, S. Demberel // Fizika Zemli. – 2014. – № 6. – S. 80–98.

9. Biryulin, S. V. Prostranstvenno-vremennye zakonomernosti proyavleniya anomalii ob’emnoi aktivnosti radona pered tektonicheskimi zemletryaseniyami v raione Yuzhnykh Kuril : dis. … kand. geol.-mineral. nauk : 25.00.10 / Biryulin Sergei Viktorovich ; FGBUN «Institut geofiziki imeni Yu. P. Bulashevicha UrO RAN». – Yekaterinburg, 2021. – 137 l.

10. Soil gas radon: a tool for exploring active fault zones / K. Ioannides, C. Papachristodoulou, K. Stamoulis [et al.] // Applied Radiation and Isotopes. – 2003. – Vol. 59, iss. 2–3. – P. 205–213.

11. Radon, Cl^- and SO_4^{2-} anomalies in hot spring water associated with the 1995 earthquake swarm off the east coast of the Izu Peninsula, Central Japan / S. Nishizawa, G. Igarashi, Y. E. Sano [et al.] // Applied Geochemistry. – 1998. – Nr 13. – P. 89–94.

12. Spatial radon anomalies on active faults in California / C. Y. King, B. S. King, W. S. Evans, W. Zhang // Applied Geochemistry. – 1996. – Vol. 11. – P. 497–510.

13. The use of radon as an earthquake precursor / R. C. Ramola, M. Singh, A. S. Sandhu [et al.] // Nuclear Geophysics. – 1990. – Vol. 4, nr 2. – P. 275–287.

14. Kompleks izmeritel’nyi dlya monitoringa radona, torona i ikh dochernikh produktov «Al’farad plyus». – URL: https://ntm.ru/UserFiles/File/document/ION/Aplus/Alpharad_manual.pdf (data obrashcheniya: 12.02.2026).

15. Arkhiv pogody v Minske // Pogoda i klimat v Belarusi. – URL: https://www.pogodaiklimat.by/weather/26850 (data obrashcheniya: 14.02.2026).

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 13.03.2026

УДК 528.4 DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-103-113

Анна Николаевна Маевская[1], Максим Альбертович Богдасаров[2]
[1]канд. геол.-минерал. наук, доц. каф. городского и регионального развития
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
[2]д-р геол.-минерал. наук, проф., член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси,
проректор по научной работе, проф. каф. городского и регионального развития
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
Anna Maevskaya[1], Maksim Bahdasarau[2]
[1]Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Associate Professor of the Department of Urban and Regional Development
of Brest State A. S. Pushkin University
[2]Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus,
Vice-Rector for Research, Professor of the Department of Urban and Regional Development
of Brest State A. S. Pushkin University
e-mail: [1]maevskaya.anna@inbox.ru; [2]bahdasarau@gmail.com

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БРЕСТА КАК ОСНОВЫ ПРИНЯТИЯ ОБОСНОВАННЫХ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

Высокий уровень изученности подземного пространства урбанизированных территорий позволяет переходить от пассивного хранения фондовых данных к стратегии их активного использования с помощью современных информационных ресурсов. Градостроительный комплекс нуждается в новом подходе к принятию решений – одновременно вдумчивом и оперативном, что требует разработки более универсальных и функциональных инструментов. Авторами в настоящей работе как раз и предлагается такой подход, изложенный в виде концепции создания цифровой инженерно-геологической модели (ЦИГМ) конкретного города. Реализация данной концепции позволит создать многослойную параметрическую модель, объединяющую данные о геологической среде и городской инфраструктуре территории г. Бреста (Республика Беларусь). В основу модели положен синтез геоинформационных технологий, параметрического моделирования и авторских алгоритмов. Концепция определяет основные этапы построения ЦИГМ – от сбора и систематизации первичных данных до пространственного анализа и визуализации результатов. Разработанная модель закладывает основу для перехода к созданию цифрового двойника города как инструмента поддержки принятия управленческих решений, что будет способствовать повышению качества градостроительного проектирования и эффективности управления городским развитием.

Ключевые слова: *цифровая модель, геоинформационные системы, подземное пространство, градостроительный потенциал, г. Брест.*

The Concept of Creating a Digital Engineering-Geological Model of the Territory of the City of Brest as a Basis for Making Informed Urban Planning Decisions

The high level of knowledge regarding the subsurface space of urbanized territories makes it possible to transition from the passive storage of archival data to a strategy of their active use through modern information resources. The urban planning complex requires a new approach to decision-making – one that is simultaneously thoughtful and efficient – which necessitates the development of more universal and functional tools. In this paper, the authors propose precisely such an approach, presented in the form of a concept for creating a Digital Engineering-Geological Model (DEGM) for a specific city. The implementation of this concept will allow for the creation of a multi-layered parametric model that combines data on the geological environment and urban infrastructure of the territory of the city of Brest, Republic of Belarus. The model is based on a synthesis of geoinformation technologies, parametric modeling, and proprietary algorithms. The concept defines the main stages of constructing the DEGM – from the collection and systematization of primary data to spatial analysis and visualization of results. The developed model lays the foundation for the transition to creating a digital twin of the city as a tool to support management decision-making, which will contribute to improving the quality of urban planning design and the efficiency of urban development management.

Key words: *Digital model, geographic information systems, underground space, urban development potential, Brest.*

Введение

Развитие современного мира невозможно без городов. Однако интенсивный рост урбанизации приводит к увеличению потребности в жилых площадях, что заставляет городские власти уплотнять застройку и использовать для этих целей территории, ранее непригодные для строительства: подтопленные и заболоченные участки, поймы рек, места бывших свалок и т. п. Это создает сосредоточенное воздействие на городскую среду, способствуя развитию опасных геологических и экологических процессов, которые повышают риск возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера. Вышесказанное диктует необходимость внедрения принципиально новых подходов к градостроительному планированию.

По мере увеличения сложности и насыщенности техносферы возрастает потребность в качественной и достоверной геологической информации, которая становится ключевым фактором для обеспечения устойчивого развития городов. На современном уровне развития техники и технологий наиболее рациональным способом удовлетворения этой потребности является цифровое геологическое моделирование с использованием ГИС-технологий. Цифровые модели значительно превосходят классические методы сбора и хранения данных по информативности и наглядности, обеспечивая более точное и детальное представление геологической информации.

В сравнении с традиционными инженерно-геологическими материалами, цифровые модели подземного пространства являются более гибкими. На их основе могут быть получены самые широкие характеристики подземных геологических структур и связанных с ними компонентов природной среды, что полезно для подготовки заключений о геологических и гидрогеологических особенностях территорий планируемого строительства.

Цель настоящей работы состоит в разработке концепции создания цифровой модели инженерно-геологического строения территории города Бреста, которая станет комплексной и точной основой для оценки градостроительного потенциала города.

Обзор современного состояния проблемы

Под цифровым инженерно-геологическим моделированием в научной литературе понимается представление данных топологии (связности), геометрии и свойств геологической среды. При этом Г. Г. Болдырев [1] отмечает, что процесс инженерно-геологического моделирования не требует восстановления геологической истории района изысканий, а, скорее, представляет собой интерполяцию между данными из горных выработок при соблюдении основных правил и принципов.

Результатом инженерно-геологического моделирования выступают цифровые инженерно-геологические модели (ЦИГМ), первые из которых известны с 1993–1994 гг., когда начали применяться при разведке нефтяных и газовых месторождений [2].

В последние годы возможности цифрового инженерно-геологического моделирования активно используются в сфере строительства и проектирования. Интерес к ним обусловлен постоянным усложнением строительных проектов. Рост объема исходных данных и усложнение геотехнических расчетов традиционными методами ведут к существенному увеличению сроков и финансовых затрат. В этих условиях ЦИГМ становятся востребованным инструментом для эффективного управления информацией и снижения неопределенности.

Ниже рассмотрим существующие подходы к определению термина «ЦИГМ».

В работе [3] под ЦИГМ понимается модель, представляющая собой массив грунта с известными параметрами геометрии, выделенными инженерно-геологическими элементами, условиями гидрогеологии, а также физико-механическими свойствами грунтов. Здесь же авторами приводится и другая трактовка данного термина, в которой ЦИГМ рассмат-

ривается как трехмерная цифровая информационная модель с набором компонент, характеризующих стратиграфию, физико-механические свойства грунтов в основании строительного объекта. Также подчеркивается, что в своей сути ЦИГМ являются не просто информационной моделью, а технологией, которая содержит как геотехническую модель, так и набор технических и программных средств для получения и анализа информации инженерно-геологических и геотехнических исследований.

В опубликованном в 2022 г. Международной ассоциацией по инженерной геологии и окружающей среде (IAEG) обзоре ЦИГМ определена как комплексный набор данных, позволяющий логически оценивать и интерпретировать геологические, геоморфологические и гидрогеологические условия, которые могут повлиять на проекты сооружений и их инженерные характеристики. Она может включать в себя как концептуальные компоненты, так и результаты фактических наблюдений и испытаний, может состоять из ряда взаимоувязанных моделей [4].

В англоязычной научной литературе ЦИГМ – это модель, представляющая подземные геологические условия в инженерно-значимом цифровом формате, обеспечивая эффективный анализ, планирование и управление рисками в строительных и геотехнических проектах. Такие модели создаются путем интеграции геологических, геотехнических данных, данных дистанционного зондирования и могут динамически обновляться и автоматизироваться с помощью передовых вычислительных методов для удовлетворения сложных требований современного развития инфраструктуры (Wang et al., 2021; Kavoura et al., 2016; De-Fu et al., 2009; Wu et al., 2020; Jin, 2021; Tan et al., 2025).

Иной подход демонстрирует строительная нормативная база. Так, к примеру, в Своде правил Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве» содержится термин «Цифровая модель местности», трактуемый как «совокупность взаимосвязанных инженерно-геодезических, инженерно-геологических, гидрометеорологических, инженерно-экологических данных, инженерно-геотехнических данных и данных о территории объекта капитального строительства, представленных в цифровом виде для автоматизированного решения задач управления процессами на жизненном цикле ОКС», что фактически лигитимирует включение геологической информации в цифровую среду строительства. В то же время в законодательстве Республики Беларусь специальный термин ЦИГМ отсутствует.

Стоит отметить, что в некоторых работах вместо понятия «ЦИГМ» применяется термин «Цифровая модель грунта», рассматриваемый как цифровое представление характеристик и свойств грунта, которое может быть использовано на стадии планирования строительства для выбора участка с оптимальными условиями, а также для составления программы будущих инженерно-геологических изысканий [5].

Анализ специальной литературы показал, что существует несколько видов цифровых моделей, применяемых для решения инженерно-геологических задач [6]: «Куб литологии» (одна или набор накладываемых друг на друга трехмерных поверхностей, формирующих рельеф); «Геологическая колонка» (изображение вертикального сечения пород на заданную глубину); продольный геологический разрез (классическое отображение строения земной коры в вертикальной плоскости); облака точек (наиболее распространенный вид трехмерного моделирования для создания детальной модели и оценки проектных решений); «Проектный котлован» (виртуальная раскопка в ГИС с демонстрацией залегания пород, инструментами визуального измерения и семантической информацией); геологические горизонтальные срезы (частный случай геологической колонки, отражающий собой горизонтальное сечение территории на заданную глубину.

К числу основных принципов создания ЦИГМ относятся [7]:

– кастомизация – подразумевает адаптивность модели под запросы конкретного пользователя путем частичного ее изменения под конкретные запросы с учетом специфики работы;

– функциональная гибкость – подразумевает что данные модели, формирующие общее информационное пространство, должны иметь возможность функционально видоизменяться, чтобы реализовать принцип кастомизации в рамках единой модели;

– информационная насыщенность – предполагает, что функциональная гибкость информационного пространства может быть достигнута только при достаточном количестве данных, позволяющем различным образом комбинировать эти данные, тем самым видоизменять форму их представления.

Далее обратимся к анализу конкретных примеров построения цифровых моделей, представленных в научной литературе.

В публикациях [1; 3; 8; 9] рассматриваются общие подходы к созданию цифровых моделей грунта для реализации расчетных процедур. Однако модели подобного рода узкоспециализированы: они не могут быть использованы в качестве единого цифрового пространства и универсального источника информации при изучении какой-либо территории. Как ключевое звено таких моделей авторы рассматривают централизованную базу данных, содержащую информацию из отчетов об инженерно-геологических изысканиях. Для повышения эффективности использования моделей в исследовании допускается применение возможностей искусственного интеллекта.

Создание ЦИГМ относительно территории конкретных городов рассматривается в [6; 10–16]. К примеру, в [10] приводится опыт создания объемной модели подземного пространства для г. Москвы как нового градостроительного инструмента, позволяющего работать в объеме и обеспечивающего быстродействие, возможность оперировать больш*и*ми массивами информации и оперативно ее обрабатывать. Модель состоит из двух блоков: геологическая основа, наземная и подземная инфраструктура.

В работах [11; 12] описан опыт создания ГИС инженерной геологии для г. Перми как составной части информационной системы обеспечения градостроительной деятельности города. Приведены основополагающие принципы проектирования сетевой распределенной информационно-аналитической среды обработки геологических данных, а также алгоритм проектирования модели.

В статье [13] рассматриваются состав, структура и принципы функционирования модели геологической среды г. Казани. Модель предназначена для организации системы геодинамического и гидрогеологического мониторинга на территории города, основанной на крупномасштабной многослойной цифровой графической модели, отражающей инженерно-геологические условия миллионного города. В ее основу положены сведения о геолого-гидрогеологических условиях города, данные по составу, строению и физико-механическим свойствам грунтов, а также многочисленные научные исследования.

Е. С. Семенко, Т. А. Летова и М. Б. Заводчикова в работе [14] формируют один из вариантов методики организации геологических данных на примере сведений из отчета об инженерно-геологических изысканиях конкретного объекта в г. Санкт-Петербурге. Данная методика является хорошим вариантом, но нуждается в доработке и уточнении перечня данных, а также не содержит указаний по графической визуализации для формирования модели.

В публикации [15] приведен пример инженерно-геологической модели г. Ханты-Мансийска, которая рассматривается как синтетическая карта, полученная путем подсчета суммы баллов каждого компонента инженерно-геологической системы: уклона рельефа, коэффициента пораженности территории природными процессами, коэффициента овражно-балочного расчленения, плотности овражной сети, коэффициента

запаса устойчивости, вероятности затопления территории, геодинамической устойчивости и др.

Поиск вариантов информативного представления подземного пространства также рассмотрен в публикации [6]. Здесь на основе результатов аэрофотосъемки территории г. Томска была создана трехмерная цифровая модель местности, доступ к которой обеспечивается через портал «Градостроительный атлас г. Томска». Авторы подчеркивают, что подобная информация крайне востребована, т. к. позволяет градостроителям, проектировщикам и управленцам существенно сократить время получения данных об инженерно-геологических условиях территории.

Цифровое геологическое моделирование городских территорий является важным научно-исследовательским вопросом в рамках изучения концепции «цифрового города» в Китае. Так, учитывая недостатки существующих методов моделирования, авторы работы [16] предлагают создание интегрированной модели на основе модели данных GTP (GeoTopoPrimitive). Она применяется для наземных инженерных сооружений, рельефа, геологических тел и подземных инженерных объектов и состоит из следующих геометрических примитивов: узел (Node), ребро (Edge), дуга (Arc), треугольник (Triangle), GTP. Треугольник является наиболее базовым геометрическим примитивом в этой модели.

На основе вышеупомянутой модели данных может быть создана бесшовная интегрированная модель поверхности и подповерхностного пространства города. В качестве практического примера представлена реальная 3D-геологическая модель разведочного участка, созданная в системе GeoMo3D – системе трехмерного моделирования, разработанной с использованием VC++, OpenGL и SQL Server.

Таким образом, разработка ЦИГМ позволяет органам власти и проектировщикам получать актуальные данные, необходимые для осуществления градостроительной, оценочной и инвестиционной деятельности с минимальными временными затратами.

Результаты и их обсуждение

В настоящей работе предложена концепция создания цифровой модели инженерно-геологического строения территории г. Бреста. Ее разработка базируется на опыте, полученном авторами при создании цифровых моделей кайнозойских отложений Брестской и Гродненской областей [17; 18].

В отличие от выполненных региональных моделей, ориентированных на оценку минерально-сырьевого потенциала, ЦИГМ будет выступать в качестве многослойного цифрового представления городского пространства, интегрирующего систематизированные данные о литологическом составе, геотехнических свойствах грунтов, гидрогеологических условиях, рельефе, ландшафтах, почвенном покрове и существующей надземной инфраструктуре в единое параметрическое пространство.

В основу создания ЦИГМ будет положен синтез геоинформационных технологий, методов параметрического моделирования, аппарата нейронных сетей и оригинальных авторских алгоритмов, что позволит рассматривать ее в качестве динамической геопространственной основы для оценки градостроительного потенциала территории.

Концепцией предусмотрено, что архитектура модели будет поддерживать включение объемной надземной инфраструктуры, обеспечивая целостный анализ взаимодействия городской системы с геологическим основанием.

Для достижения заявленных характеристик модели необходимо выполнение комплекса работ, которые могут быть структурированы в виде следующих основных этапов (рисунок):



Рисунок – Основные этапы создания ЦИГМ г. Бреста

1. Сбор первичных данных. В качестве исходных данных для создания модели послужат фондовые геологические материалы, включающие отчеты о результатах инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий на территории г. Бреста (данные бурения, описания разрезов, полевых и лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов, зондирования), литературные источники (опубликованные результаты научных исследований о природных условиях территории), разноплановые картографические материалы, данные дистанционного зондирования (спутниковые снимки Sentinel-2), открытые пространственные данные OpenStreetMap, цифровые модели рельефа SRTM.

2. Формирование единого хранилища (геоинформационной базы данных). На этом этапе будет осуществлена интеграция собранных разнородных материалов в единую геоинформационную среду путем создания комплексной базы данных, структурированной по тематическим блокам. В частности, концепцией предполагается разработка следующих подсистем: «Геологическое строение» (данные о литологии, нормативных и расчетных характеристиках грунтов, их физико-механических свойствах и др.), «Гидрогеологические условия» (данные о глубинах залегания грунтовых вод, зонах возможного подтопления территории и др.), «Природные условия» (информация о рельефе и ландшафтах территории, ее почвенном покрове и др.), «Эколого-геологические условия» (характеристики инженерно-геологических процессов, источников техногенного воздействия и др.), «Инженерно-инфраструктурные условия» (информация о существующей застройке, транспортных и инженерных коммуникациях и др.).

3. Обработка данных. На данном этапе будет проведена комплексная обработка собранных и систематизированных данных с использование ряда вычислительных

средств. В частности, для пространственного анализа и интеграции разнородных данных будут применяться встроенные инструменты программного комплекса QGIS, обеспечивающие базовые операции геообработки и визуализации. Моделирование подземной среды, включая интерполяцию геологических поверхностей и построение трехмерных структур, будет выполняться с использованием авторских алгоритмов на основе диаграмм Вороного. Обеспечение построение цифровой модели рельефа, а также объемных моделей существующих зданий и городских коммуникаций будет осуществляться в среде параметрического моделирования Grasshopper, что позволит интегрировать наземные и подземные объекты в единое трехмерное пространство ЦИГМ. Анализ техногенных воздействий и динамики изменений природно-техногенной среды будет проводиться на основе обработки спутниковых снимков с применением методов автоматизированного дешифрирования и классификации.

4. Ожидаемые результаты и практическая значимость. В результате реализации вышеперечисленных этапов будет получена ЦИГМ г. Бреста, которая будет выступать комплексной основой градостроительного планирования и позволит: составлять схемы планировочных ограничений для оптимизации функционального зонирования территории; формировать разные виды прикладных карт (геологических гидрогеологических, эколого-геологических); выполнять расчет проектных рисков и создавать основу для автоматизации экспертизы проектных решений; обеспечить межведомственное взаимодействие путем интеграции разрозненных данных в едином информационном пространстве; осуществлять пространственное моделирование в режиме реального времени для поддержки принятия управленческих и инженерных градостроительных решений.

В долгосрочной перспективе создаваемая ЦИГМ рассматривается как базовый элемент *цифрового двойника г. Бреста* – виртуальной модели, объединяющей городскую инфраструктуру и все семантически связанные системы. Цифровой двойник позволит: моделировать развитие города путем визуализации пространственно-временной перспективы и многомерных данных на основе цифрового мастер-плана; синхронизировать деятельность заинтересованных сторон, обеспечивая общий доступ к актуальным данным платформы в режиме реального времени; управлять, обеспечивая принятие обоснованных решений на основе точных данных, аналитики, математического моделирования и прогнозов.

Научная новизна проекта по созданию ЦИГМ г. Бреста заключается в том, что впервые в Беларуси на основе собранной и систематизированной геологической, физико-географической, экологической информации об урбанизированной территории будет создана единая цифровая инженерно-геологическая модель, которая будет выступать как основа для оценки градостроительного потенциала территории и разработки эффективных проектных решений развития городских пространств с учетом инженерно-геологических условий.

Практическая значимость заключается в том, что созданная ЦИГМ г. Бреста может быть использована: в качестве основы при создании цифрового двойника города; выступать в качестве информационной основы для комитета (центра) по архитектуре и строительству, что поможет поднять управление городом на более высокий цифровой уровень.

Уникальность реализации проекта по созданию ЦИГМ определяется следующими особенностями.

1. Комплексным подходом к использованию информационных технологий. Для создания цифровой инженерно-геологической модели г. Бреста планируется применение широкого комплекса информационных технологий – геоинформационных систем, нейросетевых технологий, собственных программных алгоритмов, технологий 3D-моделирования. Все это позволит повысить точность и эффективность анализа

инженерно-геологических условий, а также оптимизировать процесс разработки проектных решений для развития городской территории.

2. Полнотой модели. Созданная модель будет включать информацию не только о геологическом строении города, но и о других компонентах инженерно-геологических условий, таких как рельеф, ландшафты, почвенный покров, гидрография, растительность.

3. Возможностью проводить на базе созданной модели различные вычисления. На основе созданной модели появится возможность проводить расчеты крутизны рельефа, экспозиции склонов, площадей и объемов земляных работ, а также других характеристик.

4. Возможностью моделирования, экспериментирования и просчета различных сценариев развития города и их наглядного представления. Разрабатываемая модель позволит городским планировщикам наглядно представить и оценить потенциальные последствия предлагаемых ими стратегий развития города с учетом геологических и инженерно-экологических факторов, что позволит просчитать ожидаемые эффекты.

5. Спецификой хранения информации. Все данные будут систематизированы и представлены в цифровом виде, что позволит сократить сроки получения информации, необходимой при строительной деятельности; повысить научную обоснованность проектных предложений за счет более достоверной информационной базы; сформировать единое городское цифровое информационное пространство.

Предполагается, что основными пользователями разрабатываемой модели будут являться Комитет по архитектуре и строительству Брестского областного исполнительного комитета, Брестский городской центр архитектуры и строительства при Брестском городском исполнительном комитете, Институт комплексного проектирования объектов строительства г. Брест (ОАО «Брестпроект»), УП «БЕЛНИИПГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА», Научно-производственный центр по геологии Минприроды Республики Беларусь, Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, учреждения высшего образования Республики Беларусь.

Заключение

Таким образом, в настоящей работе авторами предложена концепция разработки ЦИГМ урбанизированной территории, которая рассматривается как базовый элемент и фундаментальная основа для последующего формирования цифрового двойника города, обеспечивающего синхронизацию заинтересованных сторон и поддержку принятия управленческих решений.

Результаты реализации модели могут быть использованы при решении следующих задач: формирования градостроительной стратегии; выявления наиболее перспективных участков подземного пространства; оценки инженерно-геологических условий на предпроектной стадии; разработки обоснованных программ инженерно-геологических и геотехнических исследований; прогноза активизации опасных геологических процессов при техногенном воздействии; предварительного решения о типе фундаментных и ограждающих конструкций и о применении мероприятий по обеспечению инженерной защиты, минимизирующих негативное влияние инженерно-геологических процессов, разработка многовариантных проектов; построение основы для гидрогеологического и геомеханического моделирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Болдырев, Г. Г. Трехмерное моделирование и визуализация данных инженерно-геологических изысканий. Состояние вопроса и практическая реализация / Г. Г. Болдырев // Инженерные изыскания. – 2022. – № 1. – С. 8–26. – DOI: https://doi.org/10.25296/1997-8650-2022-16-1-8-26.

2. Закревский, К. Е. Геологическое 3D-моделирование / К. Е. Закревский. – М. : ООО ИПЦ «Маска», 2009. – 375 с.

3. Красильников, В. П. Об актуальности применения BIM-технологии в инженерно-геологических изысканиях / В. П. Красильников, А. В. Андрианов, П. А. Красильников // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2023. – № 2 (91). – С. 263–271.

4. Baynes, F. J., Parry, S. Guidelines for the development and application of engineering geological models on projects. International Association for Engineering Geology and the Environment (IAEG) Commission 25 Publication № 1. – 2022. – 129 p.

5. Седова, Э. В. Методика формирования единой базы данных результатов геологических изысканий для построения цифровой модели грунта в масштабе города / Э. В. Седова. – Екатеринбург : УрФУ, 2024. – 85 с.

6. Гатина, Н. В. Представление подземного пространства в открытых информационных системах / Н. В. Гатина // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – № 3. – С. 207–214.

7. Самосват, В. В. Трехмерная цифровая модель геологической среды как ключевой элемент BIM-технологии / В. В. Самосват // Независимый электронный журнал «Геоинфо». – 2020. – № 3. – URL: https://geoinfo.ru/product/samosvat-viktor-vadimovich/trekhmernaya-cifrovaya-model-geologicheskoj-sredy-kak-klyuchevoj-ehlement-bim-tekhnologii-42694.shtml.

8. Иванусь, И. В. К вопросу о создании цифровой трехмерной инженерной геологической модели территории для получения полного цикла BIM / И. В. Иванусь // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2020. – № 11 4 (67). – С. 126–131.

9. Ковалев, И. Н. Использование геоинформационных систем и BIM-технологий в проектировании и строительстве / И. Н. Ковалев // Молодежный вестник ИрГТУ. – 2020. – Т. 10, № 4. – С. 7–11.

10. Жидков, Р. Ю. Трехмерная компьютерная модель подземного пространства как инновационный градостроительный инструмент / Р. Ю. Жидков, М. Н. Бучкин, А. Ю. Серов // Жилищное строительство. – 2017. – № 5. – С. 30–33.

11. Болдырев, Г. Г. BIM в зарубежной геотехнической практике / Г. Г. Болдырев, А. А. Дивеев // Геоинфо. – 2022. – № 6. – С. 48–61.

12. Разработка принципов и создание единой геоинформационной системы геологической среды г. Перми (инженерная геология и геоэкология) / А. В. Коноплев [и др.] // Современные проблемы науки и образования : сетевое издание. – 2012. – № 6. – URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=7893.

13. Латыпов, А. И. Использование цифровой модели геологической среды города Казани для решения инженерно-геологических задач / А. И. Латыпов, Н. И. Жаркова // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации : материалы XII общерос. конф. изыскат. орг., Москва, 7–9 дек. 2016 г. / М. : ООО Геомаркетинг, 2016. – С. 16–21.

14. Семененко, Е. С. Оценка инженерно-геологических данных для подготовки информационной геотехнической модели / Е. С. Семененко, Т. А. Летова, М. Б. Заводчикова // Флагман науки. – 2023. – № 4. – С. 36–43.

15. Ковязин, И. Г. Информационная инженерно-геологическая модель городских территорий для строительного освоения (на примере г. Ханты-Мансийска) : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук : 1.6.7 / Ковязин Иван Геннадьевич ; ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет». – М., 2021. – 23 с.

16. De-Fu, C. 3D spatial modeling for urban surface and subsurface seamless integration / C. De-Fu, W. Li, Y. Zuo-Ru // IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing (IGARSS). – 2009. – Vol. 5. – DOI: 10.1109/IGARSS.2009.5417787.

17. Геолого-генетическое моделирование кайнозойских отложений Брестской области с применением информационных технологий / А. Н. Маевская [и др.] // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2023. – № 1. – С. 107–118.

18. Опыт создания цифровой модели строения кайнозойских отложений территории Гродненской области как основы для прогноза минерально-сырьевой базы строительных полезных ископаемых / А. Н. Маевская, М. А. Богдасаров, Д. О. Петров, Н. Н. Шешко // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5, Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2025. – № 2. – С. 136–144.

REFERENCES

1. Boldyrev, G. G. Trekhmernoye modelirovaniye i vizualizatsiya dannykh inzhenerno-geologicheskikh izyskanii. Sostoyaniye voprosa i prakticheskaya realizatsiya / G. G. Boldyrev // Inzhenernyye izyskaniya. – 2022. – № 1. – S. 8–26. – DOI: https://doi.org/10.25296/1997-8650-2022-16-1-8-26.

2. Zakrevskii, K. Ye. Geologicheskoye 3D-modelirovaniye / K. Ye. Zakrevskii. – M. : OOO IPTS «Maska», 2009. – 375 s.

3. Krasil’nikov, V. P. Ob aktualnosti primeneniya BIM-tekhnologii v inzhenerno-geologicheskikh izyskaniyakh / V. P. Krasil’nikov, A. V. Andrianov, P. A. Krasil’nikov // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel’nogo universiteta. Seriya: Stroitel’stvo i arkhitektura. – 2023. – № 2 (91). – S. 263–271.

4. Baynes F. J., Parry S. Guidelines for the development and application of engineering geological models on projects. International Association for Engineering Geology and the Environment (IAEG) Commission 25 Publication № 1. – 2022. – 129 p.

5. Sedova, Ye. V. Metodika formirovaniya yedinoi bazy dannykh rezul’tatov geologicheskikh izyskanii dlya postroyeniya tsifrovoi modeli grunta v masshtabe goroda / Ye. V. Sedova. – Yekaterinburg : UrFU, 2024. – 85 s.

6. Gatina, N. V. Predstavleniye podzemnogo prostranstva v otkrytykh informatsionnykh sistemakh / N. V. Gatina // Interekspo Geo-Sibir’. – 2019. – № 3. – S. 207–214.

7. Samosvat, V. V. Trekhmernaya tsifrovaya model’ geologicheskoi sredy kak klyuchevoi element BIM-tekhnologii / V. V. Samosvat // Nezavisimyi elektronnyi zhurnal «Geoinfo». – 2020. – № 3. – URL: https://geoinfo.ru/product/samosvat-viktor-vadimovich/trekhmernaya-cifrovaya-model-geologicheskoj-sredy-kak-klyuchevoj-ehlement-bim-tekhnologii-42694.shtml.

8. Ivanus, I. V. K voprosu o sozdanii tsifrovoi trekhmernoi inzhenernoi geologicheskoi modeli territorii dlya polucheniya polnogo tsikla BIM / I. V. Ivanus // Aktualnyye nauchnyye issledovaniya v sovremennom mire. – 2020. – № 11 4 (67). – S. 126–131.

9. Kovalev, I. N. Ispolzovaniye geoinformatsionnykh sistem i BIM-tekhnologii v proyektirovanii i stroitel’stve / I. N. Kovalev // Molodezhnyi vestnik IrGTU. – 2020. – T. 10, № 4. – S. 7–11.

10. Zhidkov, R. Yu. Trekhmernaya kompyuternaya model’ podzemnogo prostranstva kak innovatsionnyi gradostroitelnyi instrument / R. Yu. Zhidkov, M. N. Buchkin, A. Yu. Serov // Zhilishchnoye stroitel’stvo. – 2017. – № 5. – S. 30–33.

11. Boldyrev, G. G. BIM v zarubezhnoi geotekhnicheskoi praktike / G. G. Boldyrev, A. A. Diveyev // Geoinfo. – 2022. – № 6. – S. 48–61.

12. Razrabotka printsipov i sozdaniye yedinoi geoinformatsionnoi sistemy geologicheskoi sredy g. Permi (inzhenernaya geologiya i geoekologiya) / A. V. Konoplev [i dr.] // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya : setevoye izdaniye. – 2012. – № 6. – URL: https://science-education.ru/ru/-article/view?id=7893.

13. Latypov, A. I. Ispolzovaniye tsifrovoi modeli geologicheskoi sredy goroda Kazani dlya resheniya inzhenerno-geologicheskikh zadach / A. I. Latypov, N. I. Zharkova // Perspektivy razvitiya inzhenernykh izyskanii v stroitel’stve v Rossiyskoi Federatsii : materialy XII obshcheros. konf. izyskat. org., Moskva, 7–9 dek. 2016 g. / M. : OOO Geomarketing, 2016. – S. 16–21.

14. Semenenko, Ye. S. Otsenka inzhenerno-geologicheskikh dannykh dlya podgotovki informatsionnoi geotekhnicheskoi modeli / Ye. S. Semenenko, T. A. Letova, M. B. Zavodchikova // Flagman nauki. – 2023. – № 4. – S. 36–43.

15. Kovyazin, I. G. Informatsionnaya inzhenerno-geologicheskaya model’ gorodskikh territorii dlya stroitel’nogo osvoyeniya (na primere g. Khanty-Mansiiska) : avtoref. dis. ... kand. geol.-mineral.

nauk : 1.6.7 / Kovyazin Ivan Gennad'evich ; FGBOU VO «Ural'skiy gosudarstvennyi gornyi universitet». – M., 2021. – 23 s.

16. De-Fu, C. 3D spatial modeling for urban surface and subsurface seamless integration / C. De-Fu, W. Li, Y. Zuo-Ru // IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing (IGARSS). – 2009. – Vol. 5. – DOI: 10.1109/IGARSS.2009.5417787.

17. Mayevskaya, A. N. Geologo-geneticheskoye modelirovaniye kainozoyskikh otlozhenii Brestskoi oblasti s primeneniyem informatsionnykh tekhnologii / A. N. Mayevskaya [i dr.] // Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Geografiya. Geologiya. – 2023. – № 1. – C. 107–118.

18. Opyt sozdaniya tsifrovoi modeli stroyeniya kainozoyskikh otlozhenii territorii Grodnenskoi oblasti kak osnovy dlya prognoza mineral'no-syryevoi bazy stroitel'nykh poleznykh iskopayemykh / A. N. Mayevskaya, M. A. Bogdasarov, D. O. Petrov, N. N. Sheshko // Vesnik Brestskaga universiteta. Seryya 5, Biyalogiya. Navuki ab Zyamli. – 2025. – № 2. – S. 136–144.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 13.03.2026

УДК 551.73+551.8 (476) DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-114-139

Дмитрий Петрович Плакс
канд. геол.-минерал. наук, доц., доц. каф. «Горные работы»
Белорусского национального технического университета
Dmitry Plax
Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Mining Work
of Belarusian National Technical University
e-mail: agnatha@mail.ru

ИСТОРИЯ СТРАТИГРАФО-ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СИЛУРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Представлен исторический обзор стратиграфических и палеонтологических исследований силурийских отложений на территории Беларуси. Первые сведения о силурийских отложениях на территории страны были опубликованы в период с начала 1950-х по начало 1960-х гг. и содержали в основном общие данные о литологическом составе и строении силурийских отложений республики, вскрытых в те годы бурением. С 1958 по 1964 г. приводятся сведения о силурийских отложениях, вскрытых на полную мощность только в нескольких пунктах на северо-западе страны. С 1964 по 1971 г. в связи с широким развитием структурно-поискового бурения силурийские отложения были пройдены на полную мощность многими скважинами в пределах Подлясско-Брестской впадины, что дало возможность получить более или менее полную геологическую информацию о составе и строении всей силурийской толщи на этой территории. С 1968 по 1980-е гг. началось монографическое изучение богатой и разнообразной силурийской фауны беспозвоночных (остракод, брахиопод, мшанок, граптолитов) и акритарх. В конце 1970-х – начале 1980-х гг. в результате комплексных стратиграфических исследований была разработана Стратиграфическая схема силурийских отложений Беларуси (1981). Впоследствии с 1980-го по начало 2000-х гг. продолжилось активное изучение фауны беспозвоночных животных и акритарх из силурийских отложений страны. За этот период было получено много новых палеонтолого-стратиграфических данных, которые легли в основу составления и опубликования уточненной и дополненной Стратиграфической схемы силурийских отложений Беларуси (2005). В 2010 г. она была утверждена Приказом Департамента по геологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и рекомендована для использования. С 2010 г. началось целенаправленное изучение остатков силурийских позвоночных (бесчелюстных и рыб), которое продолжается и в настоящее время. Автором данной статьи были также получены новые литолого-фациальные, промыслово-геофизические и палеонтолого-стратиграфические данные, благодаря которым назрела необходимость внесения существенных дополнений и уточнений в действующую Стратиграфическую схему силурийских отложений Беларуси (2010). По этой причине в 2025 г. Д. П. Плаксом был опубликован проект усовершенствованной Стратиграфической схемы силурийских отложений Беларуси.

Ключевые слова: *Беларусь, силурийские отложения, палеонтология, стратиграфия.*

History of the Stratigraphic and Palaeontological Investigations of the Silurian Deposits within the Territory of Belarus

This paper presents a historical overview of the stratigraphic and palaeontological studies of the Silurian deposits within the territory of Belarus. The first information on the Silurian deposits found in the country was published in the early fifties – early sixties and primarily contained some general evidences on the lithological composition and structure of the Silurian deposits exposed by drilling during those years. Some evidences on the Silurian deposits which were exposed in their full thickness only in a few points in the northwest of the country were provided between 1958 and 1964. From 1964 to 1971 due to the widespread development of structural exploration drilling the Silurian deposits were penetrated to their full thickness by many boreholes within the Podlasie-Brest Depression, making it possible to obtain more or less complete geological information on the composition and structure of the entire Silurian strata in this area. From 1968 to 1980 several monographic studies of the rich and diverse Silurian invertebrate fauna (ostracods, brachiopods, bryozoans, graptolites) and acritarchs were initiated. In the late seventies – early eighties complex stratigraphic studies resulted in the development of the Stratigraphic Chart of the Silurian deposits of Belarus (1981). Subsequently, an active study of the fauna of invertebrates and acritarchs from the Silurian deposits of the country continued from 1980 to the early 2000s. During this period, some significant new palaeontological and stratigraphic data were obtained,

forming the basis for the compilation and publication of a revised and supplemented Stratigraphic Chart of the Silurian deposits of Belarus in 2005. In 2010 it was approved by the Order of the Department of Geology of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus and recommended for use. Since 2010 a targeted study of the remains of the Silurian vertebrates (agnathans and fishes) has begun and is still continued. From the second half of the 2000s to the present, active studies of the Silurian deposits of Belarus have been carried out by a number of researchers, the author of this paper being among them. Many new lithofacies, geophysical, isotope-geochemical, and palaeontological-stratigraphic data were obtained, which again necessitated significant additions and clarifications to the available Stratigraphic Chart of the Silurian deposits of Belarus (2010). For this reason, in 2025 the author of this paper published a project of an updated Stratigraphic Chart of the Silurian deposits of Belarus.

Key words: *Belarus, Silurian deposits, palaeontology, stratigraphy.*

Введение

История изучения силурийских отложений Беларуси насчитывает немногим более семидесяти лет. За этот длительный промежуток время было получено много разнообразных сведений по стратиграфии и палеонтологии этих отложений. Так, например, эти данные в разные годы являлись основой для разработки региональной стратиграфической схемы силурийских отложений Беларуси, выступали базисом для палеоэкологических и палеогеографических реконструкций силура на территории страны, а также активно использовались геологами при проведении поисковых работ на полезные ископаемые в силурийских отложениях республики. Наиболее значимыми исследователями, внесшими существенный вклад в изучение стратиграфии силурийских отложений Беларуси и в изучение ископаемых органических остатков из них, являлись А. С. Махнач, В. К. Голубцов, О. И. Никифорова, Т. И. Моисеева, П. Д. Цегельнюк, В. С. Крандиевский, Г. В. Зиновенко, В. И. Пушкин, В. Ф. Ропот, И. Ю. Пашкевичюс, Л. В. Пискун, Т. Л. Модзалевская, А. Ф. Абушик. Ниже в статье кратко излагаются основные результаты стратиграфо-палеонтологических исследований, полученные и опубликованные преимущественно вышеперечисленными авторами, в хронологической последовательности с 1952 по 2010 г. С 2010 г. по настоящее время приводятся обобщенные данные по изучению силура Беларуси, полученные и опубликованные в основном Д. П. Плаксом, С. А. Кручеком и В. Ю. Обуховской.

История стратиграфо-палеонтологических исследований силура Беларуси

Первые достоверные сведения о силурийских отложениях на территории Беларуси содержатся в работах А. С. Махнача, А. Я. Стефаненко, И. Ю. Пашкевичюса и В. К. Голубцова [1–4; 9]. Так, в статье А. Я. Стефаненко и А. С. Махнача [1] впервые приводятся данные об установлении верхнесилурийских отложений в юго-западной части Беларуси (г. Брест и д. Гузни Брестского района). Согласно их исследованиям, пройденная мощность выявленных отложений верхнего силура составляла в Бресте 60 м, у д. Гузни – 25 м.

Эти отложения были представлены однообразной толщей зеленовато-серых мергелей, содержащих характерную для позднего силура фауну, и выше они перекрывались юрскими образованиями.

В статье 1956 г. А. С. Махнача [2] говорится о том, что силурийские отложения на территории Беларуси пока достоверно известны только в юго-западной части страны. Здесь они сложены в основном мергелями и известняками, реже – доломитами, с многочисленными гнездами и прожилками кальцита, с частыми выделениями пирита, а также с фауной кораллов, остракод, брахиопод, мшанок и других организмов. Установленная в породах фауна позволила выделить в этом районе наличие трех отделов силура – лландовери, венлока и лудлова, причем было выяснено, что лудлов захватывает меньшую площадь распространения, чем венлок, а венлок меньшую, чем лландовери.

Кроме того, в данной статье на основании анализа мощностей и фаций силура в смежных с Беларусью районах Литвы и Латвии было сделано предположение о том, что силурийские отложения, по всей видимости, также могут заходить и в пределы территории республики, а именно в северо-западную часть Беларуси.

В книге [3], вышедшей в 1957 г., приводятся общие сведения о стратиграфии, литологии и условиях залегания силурийских отложений на территории страны. В частности, указывается информация о вещественном составе пород силура, о находках в них различных остатков беспозвоночных животных (кораллов, остракод, трилобитов, цефалопод, брахиопод, криноидей и др.). На основании изучения фауны, преимущественно кораллов и брахиопод, выполненного О. И. Никифоровой, А. В. Мацкевичем, А. В. Фурсенко, Г. М. Помяновской и Т. Н. Алиховой, в силуре юго-западной части Беларуси были обоснованы выделения горизонтов от верхов лландовери до низов лудлова. Также было высказано предположение о наличии отложений силура в северо-западных районах Беларуси (западная часть Молодечненского района и северо-западная часть Гродненской области), заходящих с территории Прибалтики. Обоснованием этого в данной работе являлись сведения о присутствии сравнительно мощных толщ силура в окрестностях Вильнюса и других районах Литвы.

В опубликованной в 1958 г. монографии [4] А. С. Махнача указываются в основном обобщенные данные по стратиграфии и литологии силурийских отложений Беларуси, которые были изложены в его ранее приведенных работах. Из принципиально нового для силура в этой монографии приводятся данные об установлении и обосновании в пределах северо-западной части страны лландоверийских отложений.

В 1958–1968 гг. в контексте изучения силурийского разреза Литвы, палеонтолого-стратиграфическое изучение силура крайней северо-западной части Беларуси (по разрезам скважин Купа, Видзы и Браслав) выполнялось И. Ю. Пашкевичюсом [5–8].

В книге А. С. Махнача и Л. М. Вазнячука [9] (1959) отводится несколько страниц краткому описанию органического мира и палеогеографии силура на территории Беларуси и отдельно указывается, что силурийские отложения на территории страны достоверно установлены только на северо-западе и юго-западе.

В 1961 г. выходит в свет книга В. К. Голубцова, А. С. Махнача [10], в которой ими представлены довольно детальные для того времени сведения о распространении силурийских отложений на территории республики, их стратиграфии, вещественном составе, фациальной изменчивости, а также палеогеографии. В частности, в данной работе указывается, что силурийские отложения на территории Беларуси известны только в крайних юго-западных и северо-западных районах, где они занимают значительно меньшие площади распространения, чем ордовикские отложения. В северо-западной части республики силурийские отложения представлены преимущественно доломитами с подчиненным содержанием известняков и мергелей. Залегают они на верхнем ордовике и покрываются со стратиграфическим несогласием либо породами среднего девона, либо четвертичными образованиями. На юго-западе страны отложения силура сложены в основном доломитами, известняками, глинистыми известняками, мергелями, глинистыми мергелями с подчиненным содержанием глин и алевролитов. Силурийские отложения здесь не пройдены полностью ни в одном пункте, и подстилающие их породы не вскрыты. Однако делается предположение, что силур здесь может залегать на отложениях верхнего ордовика, а перекрываться, как правило, средней и верхней юрой, и только в районе н. п. Высокое – пермью. На основе палеонтологических данных (преимущественно фауны кораллов, трилобитов и брахиопод, определенных О. И. Никифоровой, Т. Н. Алиховой и другими исследователями), в силуре юго-западной части Беларуси приводятся обоснованно выделенные лландоверийские, венлокские и лудловские отложения, а в северо-западной части страны – только лланд-

доверийские. Основными палеогеографическими особенностями силура на территории страны, согласно исследованиям В. К. Голубцова и А. С. Махнача, являлись: эпиконтинентальный характер морского бассейна, нормальная, иногда несколько повышенная соленость морской воды, накопление в основном карбонатных осадков, образовавшихся вблизи береговой линии морского бассейна, преимущественно восстановительные условия в рыхлом осадке, небольшая разница в абсолютных отметках между областями сноса и накопления, теплый и влажный климат, установление на большей территории республики континентальных условий к концу силура.

В период с 1958 по 1968 г. на крайнем юго-западе Беларуси в пределах Волынской моноклинали были пробурены две глубокие скважины – Томашовка 4116 и Томашовка 11, вскрывшие верхнесилурийские отложения и перекрывающие их образования нижнего девона [11; 12]. Разрезы этих скважин характеризовались представительным выходом керна и содержали многочисленные и хорошо сохранившиеся остатки различной фауны (остракод, брахиопод, мшанок, криноидей, граптолитов, конодонтов и др.), ставшие впоследствии предметом изучения и написания специальных статей [11; 13–15], и явившиеся основой для выделения на территории Беларуси томашовской свиты верхнего силура [12], а также домачевской, дубицкой и орховской свит лохковского яруса нижнего девона [12; 14].

С 1964 по 1971 г. в связи с широким развитием структурно-поискового бурения силурийские отложения на территории юго-западной части Беларуси в пределах Подлясско-Брестской впадины были пройдены на полную мощность с представительным отбором керна многими скважинами. Это дало возможность получить более или менее полную геологическую информацию о составе и строении всей силурийской толщи, развитой на территории впадины [16].

Выполненный в 1967 г. Г. В. Зиновенко и И. И. Верниковским [17] детальный анализ промыслово-геофизических и литологических материалов по пробуренным вкрест простирания (с востока на запад) скважинам 1к, 10к, 12к, 5к и 3к позволил им расчленить всю сложно построенную разнофациальную толщу силура Подлясско-Брестской впадины на семь (I–VII) литологических пачек: I – мергельную, II – мергельную с редкими прослоями и желваками известняка, иногда глинистого, III – мергельно-известняковую, IV – мергельную с редкими прослоями и желваками известняка, V – мергельно-известняковую, VI – глинистую и VII – известняково-доломитовую. Все семь пачек были выделены ими только в наиболее полном разрезе скважины 12к (д. Ратайчицы). В разрезах, расположенных восточнее (скважины 5к и 3к), было установлено выпадение за счет домезозойского размыва VI–VII пачек, в более западных разрезах было зарегистрировано вначале выпадение пачки VII (скважина 10к), а затем и пачки VI (скважина 1к). Аналогичные пачки (I–V) были выделены в разрезе скважины Мельник 1.

В 1968 г. вышла статья [18] Т. И. Моисеевой. Ей были изучены остракоды из ряда скважин юго-запада республики. Их изучение показало, что они встречаются практически по всему разрезу силура и характеризуются обильностью и разнообразием видового состава. Это позволило Т. И. Моисеевой предварительно выделить характерные комплексы остракод для лландоверийских, венлокских и лудловских отложений и сделать предположение о том, что дальнейшие, более детальные исследования комплексов остракод позволят дать более дробное стратиграфическое расчленение силура, развитого в пределах юго-западной части Беларуси.

С 1968 по 1969 г. Г. А. Белоусова целенаправленно занималась изучением брахиопод из силурийских отложений Беларуси с целью их стратификации [19].

С учетом накопленных к 1969 г. био- и литостратиграфических данных появилась возможность высказать предположение о наличии позднесилурийского кораллового рифа в восточной части Подлясско-Брестской впадины [20].

Комплексное палеонтологическое и литологическое изучение силурийских отложений, вскрытых опорной скважиной Кустинская 1-оп, дает возможность точно доказать присутствие лландоверийских, венлокских и лудловских отложений, подтвердить границу нижнего и верхнего силура, проведенную Г. В. Зиновенко на основании промыслово-геофизического и литологического сопоставления с соседними территориями Польши и Прибалтики и установить точнее, чем это было сделано ранее, объем нижнего силура [21].

Т. И. Моисеевой в статье [22] (1971) приводится палеонтологическая характеристика пород II литологической пачки, выделенной ранее Г. В. Зиновенко и И. И. Верниковским [17] для силурийских отложений Подлясско-Брестской впадины. Во всех разрезах, в которых данная пачка была установлена, она сложена мергелями и карбонатными глинами с прослоями, линзами и желваками известняков, содержащих остатки фауны беспозвоночных. На основе данных по трилобитам, определенных Е. А. Балашовой, брахиоподам и цефалоподам, идентифицированных В. Ю. Саладжюсом и комплексу остракод, изученных Т. И. Моисеевой, обосновывается венлокский возраст пород этой пачки и производится сопоставление этой части разреза с одновозрастными отложениями Подолии и Северной Прибалтики.

В вышедшей в 1971 г. обобщающей сводке по геологии Беларуси [23] была подытожена вся накопленная до этого времени информация об изучении силурийских отложений на территории страны. Были приведены сведения об их географическом распространении, стратиграфии, вещественном составе пород и распределении в них ископаемых органических остатков. На основе палеонтологических данных были даны сопоставления отдельных подразделений силурийских отложений Беларуси с одновозрастными образованиями сопредельных территорий Украины, Польши и Прибалтики.

В. И. Пушкиным в статье [24] (1972) приводятся результаты изучения силурийских граптолитов (около 30 видов) из скважин 1к, 10к, 12к, 26к, 27 к и Кустинской 1-оп, пробуренных на территории белорусской части Подлясско-Брестской впадины. Здесь стоит оговориться, что самое первое изучение граптолитов из силурийских отложений Беларуси было выполнено еще в 1958 г. А. В. Фурсенко и А. В. Мицкевичем. Из верхней части силура, вскрытой скважиной Новоселки 1 (глубина 618,7–678,5 м), они определили *Pristiograptus spectatus* Přib., *P. bohemicus tenuis* Bouč., *P. transgrediens* Pern., а еще выше (на глубине 529,4 м) установили вид *Pristiograptus speciosus* Přib. [25]. Этот комплекс граптолитов свидетельствовал о принадлежности вмещающих пород к граптолитовой зоне силура – *Pristiograptus transgrediens* [26]. Несколько позже Я. М. Сандлер в скважине 1к (глубина 809,0 – 815,0 м) установил комплекс граптолитов, характерный уже для верхнелландоверийских отложений [21]. Таким образом, исходя из ранее полученных сведений по граптолитам и своих собственных данных, В. И. Пушкин в вышеуказанной статье выделил четыре граптолитовые зоны: *Oktavites spiralis* в верхнем лландовери, *Pristiograptus jaegeri*, *Neodiversograptus nilssoni-Lobograptus scanicus* и *Pristiograptus tumescens* в лудлове. Позже зона *Pristiograptus jaegeri* (= *Monograptus ludensis*) (сейчас это *Colonograptus ludensis*) после выхода статьи [26] Т. Н. Корень и Д. Л. Кальо стала рассматриваться уже как верхняя часть венлока, что затем нашло отражение в стратиграфии силурийских отложений Подлясско-Брестской впадины, предложенной Т. И. Моисеевой [27].

В 1973 г. В. И. Пушкин [28] описывает новые силурийские мшанки *Astroviella borstshovensis* Pushk., *A. insolens* Pushk., *A. silurica* Pushk., *A. vulgaris* (Pushk.), *Astroviellina mukhovetskensis* Pushk., *Hemieridotrypa belorussiensis* Pushk., относящиеся к новому выделенному им же семейству Hemieridotrypidae отряда Trepostomata. Из них вид *Astroviella borstshovensis* Pushk. указывается как характерный еще и для отложений нижнего девона. Все остальные виды мшанок типичны только для отложений верхнего

силура. В этом же 1973 г. в автореферате кандидатской диссертации В. И. Пушкин [29] приводит сведения о систематическом составе и стратиграфическом распространении мшанок в ордовикских и силурийских отложениях юго-западной части Беларуси. Кроме того, им рассматриваются некоторые вопросы экологии ордовикских и силурийских мшанок и эволюционные пути развития некоторых их семейств.

В опубликованной в 1973 г. работе Т. И. Моисеевой и Л. В. Пискун [30] обосновывается палеонтологически возраст первой мергельной пачки нижнего силура Брестской впадины, выделенной ранее по промыслово-геофизическим и литологическим данным Г. В. Зиновенко и И. И. Верниковским [17].

В статье Т. И. Моисеевой [31] (1973), посвященной расчленению верхнесилурийских отложений Подлясско-Брестской впадины, предлагается схема дробного биостратиграфического расчленения верхнего силура, базирующаяся главным образом на анализе систематического состава и распределения в разрезе остракод. По последовательной смене во времени пяти остракодовых комплексов, а также с учетом литологических особенностей строения пачек и данных по трилобитам, моллюскам, брахиоподам, криноидеям, но прежде всего граптолитам, в пределах верхнего силура Подлясско-Брестской впадины ею выделяются фаунистически охарактеризованные стратиграфические подразделения в ранге слоев (снизу вверх): пульвинские, леснянские, мухавецкие и кустинские слои.

В 1974 г. Т. И. Моисеева в автореферате кандидатской диссертации [32] рассматривает стратиграфию силурийских отложений юго-запада Беларуси, разработанную на основе изучения остракод.

В публикации Л. В. Пискун [33], вышедшей в 1974 г., приводится детальная палинологическая характеристика силурийских отложений, распространенных в пределах Брестской области Беларуси.

В 1975 г. Л. В. Пискун [34] в автореферате кандидатской диссертации на основе изучения акритарх приводит стратиграфическое расчленение ордовикских и силурийских отложений юго-западной части Беларуси.

В 1975 г. В. И. Пушкин [35] публикует сведения о роде *Medipora* Trizna и его трех новых представителях (*Mediapora antiqua* Pushk., *M. piltenensis* Pushk. и *M. orbiculata* Pushk.) из отложений верхнего силура Беларуси (скв. Брест 3к, Томашовка 11) и Латвии (скв. Пилтене 33). В другой статье В. И. Пушкина [36], опубликованной в этом же году, приводятся сведения о комплексах мшанок из ордовикских и силурийских отложений юго-западной части Беларуси и их палеогеографическом значении.

В 1976 г. П. Д. Цегельнюк [12; 37] в разрезах скважин 1к и 10к выявил 57 видов граптолитов, многие из которых ранее были установлены в этих же разрезах В. И. Пушкиным [24]. Кроме того, опираясь в значительной степени на белорусский материал, П. Д. Цегельнюк [37] выделил большое количество новых родов, подсемейств и семейств монограптид. Базируясь на данных изучения брахиопод и граптолитов из разрезов двух указанных выше скважин, он предложил новую схему стратиграфии силура белорусской части Подлясско-Брестской впадины [12]. Эта стратиграфическая схема, несомненно, внесла определенный вклад в изучение силура впадины, однако в связи с тем, что разработана она была без учета других довольно многочисленных разрезов силурийских отложений, заключала в себе ряд неточностей.

В статье В. И. Пушкина [38], опубликованной в 1976 г. в Палеонтологическом журнале, рассмотрены история изучения мшанок рода *Callocladia*, его состав и систематическое положение. Приведено описание трех новых видов мшанок, входящих в состав этого рода: *Callocladia cava* Pushk. из даунтонских (пржидольских) отложений верхнего силура, *Callocladia tomashevensis* Pushk. и *C. acanthoporoides* Pushk. из пород борщовского горизонта жединского (лохковского) яруса нижнего девона. Весь скелетный

материал по трем описанным видам мшанок, происходил из разреза скважины Томашовка 11. Не лишним здесь будет сделать оговорку о том, что позже В. И. Пушкин в коллективной работе [39] приводит уточненные данные по стратиграфическому распространению мшанок в пржидольских отложениях Брестской области Беларуси и уже указывает вид *Callocladia acanthoporoides* Pushk. наряду с видом *Callocladia cava* Pushk, присутствующим только в пржидольских отложениях.

В очередной статье В. И. Пушкина [40], вышедшей в свет в 1976 г., приводятся данные об изучении мшанок из ордовикских и силурийских отложений юго-западной части Беларуси. В результате выполненного им изучения систематического состава мшанок из интересующих нас силурийских отложений, было описано 26 новых видов. Полученные в результате этого исследования результаты позволили дополнить палеонтологическую характеристику силурийских отложений, развитых в пределах Подлясско-Брестской впадины, и детализировать региональную стратиграфическую схему силура Беларуси.

В работе Т. И. Моисеевой [41], вышедшей в 1976 г., дано описание шести новых видов остракод, принадлежащих к семействам Kloedenellidae, Bolliidae, Cavellinidae, Healdiidae, Longisculidae. Все описанные ей виды имеют важное стратиграфическое значение для лудловских и пржидольских отложений верхнего силура Беларуси.

В публикации 1976 г. Л. В. Пискун [42] приводится описание 10 новых видов акритарх, имеющих важное стратиграфическое значение для расчленения силурийских отложений Подлясско-Брестской впадины.

В 1977 г. выходит статья Т. И. Моисеевой [43], в которой приводится корреляция региональных стратиграфических подразделений нижнего и верхнего силура белорусской части Подлясско-Брестской впадины с одновозрастными отложениями, развитыми на территориях Подолии, Литвы, Латвии, Эстонии и о. Готланд (Швеция) на основе изученных остракод и граптолитов.

В опубликованной в 1977 г. книге [44] приводятся некоторые данные по стратиграфии и вещественному составу отложений силура северо-запада Беларуси.

В вышедшей в 1978 г. книге «Стратиграфические и палеонтологические исследования в Белоруссии» в разделе, посвященном малоизученным группам фауны и флоры [25], указывается, что в силурийских отложениях северо-западной части Беларуси имеются пока единичные находки ругоз и табулят в отложениях лландовери из скважины Ванглишки 205. Говорится и о том, что в нижнем силуре юго-западной части республики находки кораллов также очень редки. Известны пока только две находки крупных ругоз в верхнем лландовери (зона *Oktavites spiralis*) и единичные мелкие чашечки ругоз в верхней половине венлока. В лудловских и пржидольских отложениях, развитых в восточной и центральной частях Подлясско-Брестской впадины, установлены весьма многочисленные губки и кишечнополостные, где они нередко образуют органогенные постройки типа биогермов и биостромов, а в наиболее восточных районах впадины слагают, по всей видимости, небольшие рифы. Наиболее распространенными здесь являются, пожалуй, разнообразные по форме и размерам колонии строматопороидей, которые особенно обильны в восточной части впадины. Почти не уступают им в количестве и разнообразии табуляты, многочисленны гелиолитоидеи и ругозы. В целом же в вышеуказанной работе [45] приводятся также общие сведения о находках на территории Беларуси силурийских акритарх, остракод, трилобитов, брахиопод, мшанок, конодонтов и граптолитов. Некоторые сведения о находках остракод, трилобитов, брахиопод и мшанок до 1978 г., т. е. до выхода этой книги в свет, приведены выше. Поэтому далее мы рассмотрим лишь данные о находках и изученности силурийских конодонтов, о которых в этой статье ничего не было сказано. Так, согласно данным С. А. Кручека [46], конодонты силурийских отложений Беларуси изучены очень слабо. В этих образованиях было выявлено только два конодонтовых комплекса.

Первый из них был обнаружен в толще зеленовато-серых мергелей и глин с прослоями и линзами глинистых светло-серых известняков лландоверийского возраста, развитых в пределах северо-западной части Беларуси (скважины Видзы и Ольгиняны 68к). Установленный комплекс включал виды конодонтов, характерные для зоны *amorphognatoides* нижнего силура Карнийских Альп [47] и швянченских отложений верхнего лландовери Прибалтики [48]. Второй комплекс конодонтов был приурочен к толще доломитовых мергелей и глин с пропластками известняков кустинского возраста Подлясско-Брестской впадины (скважина Ратайчицы 12к) и Волынской моноклинали (скважина Томашовка 11). Данный комплекс содержал виды конодонтов, характерные для зоны *eosteinhornensis* верхнего силура Карнийских Альп [47] и юраского горизонта Южной Прибалтики [49].

В 1978 г. В. И. Пушкин в [50] приводит результаты детального изучения мшанок из пограничных силурийско-девонских отложений, вскрытых скважиной Томашовка 11. Выполненное им исследование мшанок из вышеуказанных отложений позволило ему более или менее точно определить уровень проведения границы между силуром и девоном, что также было подтверждено материалами по другим группам фауны (остракодам, конодонтам и др.). В верхней части силура скважины Томашовка 11 В. И. Пушкиным было обнаружено 10 видов мшанок, среди которых были определены виды *Hennigopora* aff. *ramosa* Astr., *Astroviella* cf. *silurica* Pushk., широко распространенные в верхах силурийского разреза Подлясско-Брестской впадины [36]. Этот комплекс сменялся с глубины 493,7 м ассоциацией мшанок, представленной шестью таксонами, из которых *Astroviella borstshovensis* Pushk., *Anisotrypa proavus* Astr. и *Anisotrypa* sp. были широко распространены в вышележащих отложениях. Здесь же В. И. Пушкиным был встречен вид, близкий к девонскому, *Lioclema elasmaticum* Boardman. В то же время им отмечается, что, начиная с глубины 487,2 м, появились многие виды мшанок, типичные для борщовского горизонта Подолии [51]. Вверх по разрезу мшанки, характерные для борщовского горизонта, сменились некоторыми видами мшанок, встречающимися в отложениях чортковского горизонта – *Leptotrypella ustiensis* Astr., *L. semiramosa* Astr., *Lioclema netshlavense* Astr. Таким образом, при анализе вертикального распространения мшанок в разрезе скважины Томашовка 11 В. И. Пушкиным было предложено проводить границу силура и девона на двух уровнях: либо на глубине 493,7 м, либо на глубине 487,2 м. Последний уровень на глубине 487,2 м представлялся ему более обоснованным. В настоящее время граница между силуром и девоном в разрезе скважины Томашовка 11 проводится тоже на этой глубине.

В 1978 г. В. И. Пушкин в [52] представил уточненную стратиграфическую схему силурийских отложений Беларуси (с. 127, таблица III). Она была составлена им на основе суммирования всех известных палеонтолого-стратиграфических данных по силуру северо-западных и юго-западных районов республики.

В статье 1979 г. Л. В. Пискун, П. Д. Жуковой и Т. И. Моисеевой [53] приводятся данные о том, что распределение акритарх и изменение их систематического состава по площади распространения в силурийских отложениях впадины зависело в определенной степени от фациальной обстановки в бассейне седиментации, геохимических условий осадконакопления, минерализации вод и глубины самого бассейна.

В 1981 г. выходит в свет статья [54], в которой приводится новая, обоснованная комплексными литолого-биостратиграфическими и промыслово-геофизическими исследованиями Стратиграфическая схема силурийских отложений Белоруссии [54; 55].

В книге [56], опубликованной в 1983 г., приводятся обобщенные данные по стратиграфии, литологии, тектонике и палеогеографии силурийских отложений Беларуси. Отдельно в данной работе демонстрируются литолого-палеогеографические схемы территории Беларуси и соседних областей, составленные Г. В. Зиновенко для лландо-

верийской, венлокской, лудловской и пржидольской эпох. Также в этой книге приводятся некоторые сведения об основных тектонических перестройках, происходивших на территории страны в силурийском периоде.

В публикации Н. В. Сидравичене, П. П. Лапинскаса и В. И. Пушкина [57] (1986) приводится детальное стратиграфическое расчленение силурийских отложений Литвы и Брестской области Беларуси с указанием вещественного состава и палеонтологической характеристики отдельных подразделений силура.

В статье 1986 г. А. Ф. Абушик и Т. И. Моисеевой [58] представлены сведения о стратиграфическом распространении силурийских флипсурид на территории юго-запада Украины и Беларуси и приводятся их предполагаемые филогенетические связи. В статье также даются описания новых родов и видов флипсурид и конвергентных лонгискулид. Из них из силурийских отложений юго-запада Беларуси описано шесть новых видов и три новых рода.

В. М. Зотов в 1986 г. публикует статью [59], в которой приводит все известные к тому времени данные о кораллах из силурийских отложений северо-запада и юго-запада Беларуси.

В 1986 г. Г. В. Зиновенко в монографии [60] описывает строение и геологическое развитие Балтийско-Приднестровской зоны перикратонных опусканий, включающей территорию впадины проливов Скагеррак и Каттегат, Балтийской синеклизы, Мазурского выступа, Подлясско-Брестской впадины, Луковско-Ратновского горста, Волынско-Подольской впадины, Северо-Молдавского поднятия, Молдавской моноклинали. Она освещает вопросы тектоники фундамента, характеризует структурные подразделения и формации платформенного чехла, разломы, локальные структуры, историю геологического развития всей этой территории. В частности, Г. В. Зиновенко приводит общие сведения по стратиграфии, литолого-фациальных обстановках, тектонике силурийских отложений, входящих в состав осадочного чехла вышеуказанных тектонических структур.

В статье Т. Л. Модзалевской, И. Ю. Пашкевичюса и В. И. Пушкина [61], опубликованной в 1988 г., приводятся результаты послойного изучения брахиоподовой и граптолитовой фауны силурийских отложений запада белорусской части Подлясско-Брестской впадины, давшие возможность осуществить первую попытку корреляции граптолитовых и брахиоподовых зон и впервые выделенных на этой территории слоев с фауной по брахиоподам. Это сопоставление демонстрируется ими в таблице, приведенной отдельно в статье. Данная корреляция была основана ими на изучении распространения граптолитов, ранее установленных и вновь выявленных в ряде скважин, вскрывших силурийские отложения в пределах исследуемой территории. Наиболее полная брахиоподовая последовательность была выявлена ими в разрезах скважин Ратайчицы 12к и Скверики 1.

В статье 1988 г. И. Ю. Пашкевичюса и В. И. Пушкина [62] излагаются результаты исследования коллекции граптолитов из 11 разрезов скважин, вскрывших силурийские отложения в пределах белорусской части Подлясско-Брестской впадины. Это исследование позволило установить им последовательность граптолитовых зон. Так, в отложениях зельвянской свиты позднелландоверийского возраста было подтверждено присутствие зоны *Oktavites spiralis*. В венлокских отложениях были установлены только верхние зоны *Gothograptus nassa* и *Monograptus ludensis* (сейчас после ревизии это *Colonograptus ludensis*). В лудловских отложениях были выявлены семь граптолитовых зон, разрез лудлова, согласно им, начинался зоной *Neodiversograptus nilssoni* и кончался зоной *Monograptus formosus* (сейчас это *Formosograptus formosus*).

Наконец, в еще одной статье 1988 г. В. И. Пушкиным и И. Ю. Пашкевичюсом [63] была предпринята первая попытка корреляции силурийских отложений белорусской и польской частей Подлясско-Брестской впадины, основанная на сопоставлении грап-

толитовых зон и литологического сходства опорных разрезов скважин. В польской части впадины таким разрезом являлся разрез скважины Мельник 1, а в белорусской части – разрез скважины Высокое 1. Для детального сопоставления обоих разрезов ими были использованы данные граптолитовой зональности и литологический состав отложений с данными промысловой геофизики, отражающей особенности строения разрезов. В итоге на основании проведенного ими детального сопоставления силурийских отложений указанных опорных разрезов была сделана попытка корреляции не только местных стратиграфических схем двух смежных районов единого седиментационного бассейна, разработанных в силу различных причин совершенно изолированно друг от друга, но и унификации граптолитовых шкал Польши, Прибалтики и Беларуси, что в дальнейшем вошло в геологическую практику.

В опубликованной в 1989 г. статье А. Ф. Абушик и Т. И. Моисеевой [64] приводятся комплексные результаты исследования силурийских остракод юго-западной части Беларуси, направленные на выявление на их основе биозон всех установленных видов, определение фациальных, региональных и возрастных различий комплексов остракод, разработку местной зональной биостратиграфической схемы силура по остракодам и сравнение остракодовых зональных схем этого возраста юго-запада Украины, Беларуси и Прибалтики.

В статье В. И. Пушкина и В. Ф. Ропота [65], вышедшей в 1989 г., дана детализация стратиграфической схемы силурийских отложений белорусской части Подлясско-Брестской впадины, произведенная на основе комплексного анализа палеонтологических, литологических и промыслово-геофизических материалов.

В 1990 г. выходит работа Л. В. Пискун [66], посвященная описанию 15 видов акритарх, имеющих важное стратиграфическое значение для расчленения и корреляции верхнесилурийских и нижнедевонских отложений Беларуси, а также дополняющих палеонтологическую характеристику региональных стратиграфических подразделений вышеуказанных отложений новыми таксонами.

В том же 1990 г. выходит работа В. И. Пушкина с соавторами [39], посвященная изучению пржидольских мшанок СССР, в т. ч. и происходящих с территории Беларуси. В этой работе представлен анализ стратиграфического и географического распространения мшанок, максимально полно выявлен систематический состав, установлен пржидольский этап в эволюционном развитии Bryozoa. Отдельно приводится монографическое описание пржидольских мшанок.

В 1991 г. появляется коллективная работа [67], в которой приводятся данные по детальному стратиграфическому расчленению и фациальной зональности силурийских отложений, а также по биостратиграфическому, пространственному и палеобатиметрическому распространению основных групп ископаемых организмов: акритарх, остракод, трилобитов, строматопороидей, кораллов, моллюсков, брахиопод, мшанок, граптолитов и конодонтов, – установленных в пределах белорусской части Подлясско-Брестской впадины.

В 1996 г. С. А. Кручеком, Ю. Ю. Валюкявичюсом и Т. Мярсс [68] озвучивается краткая информация о том, что в глинисто-мергельных породах кустинского горизонта пржидольского отдела верхнего силура Подлясско-Брестской впадины были обнаружены единичные находки чешуй акантод рода *Gomphonchus* и неопределимых до рода и вида редкие чешуи телодонтов (Thelodonti). Других каких-либо сведений по силуру Беларуси в этом сообщении ими не приводится. Далее в сообщении излагаются данные только об обнаруженных ими микроостатках раннедевонских (лохковских) позвоночных (преимущественно акантод) в пределах белорусской части Подлясско-Брестской впадины и Волынской моноклинали.

В 1997 г. В. К. Голубцов в третьей главе книги [69] приводит описание стратиграфического строения осадочного чехла запада Восточно-Европейской платформы, в котором отводится отдельное место также и стратиграфии силурийской системы Беларуси наряду со стратиграфией силура сопредельных территорий.

В 1999 г. Т. Л. Модзалевская в статье [70] освещает основные этапы развития брахиопод из силурийских отложений Беларуси на рубеже венлока и лудлова.

В статье 1999 г. В. И. Пушкина и Т. Л. Модзалевской [71] описываются силурийские и раннедевонские брахиоподовые и мшанковые сообщества юго-запада Беларуси.

В фундаментальных монографиях 2001 и 2004 гг. о геологическом строении Беларуси [72; 73] В. И. Пушкиным были составлены разделы, посвященные силурийским отложениям, в которых он подробно изложил всю накопившуюся палеонтолого-стратиграфическую информацию.

В результате появления многочисленных новых палеонтолого-стратиграфических и литологических данных по силурийским отложениям Беларуси (1981–2005) назрела необходимость уточнения и дополнения Стратиграфической схемы силурийских отложений Беларуси 1981 г. Ее усовершенствованный вариант был предложен В. И. Пушкиным в 2005 г. [74] в виде уточненного проекта, а в 2010 г. Стратиграфическая схема силурийских отложений Беларуси [75], разработанная В. И. Пушкиным, была рассмотрена и утверждена Приказом Департамента по геологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь № 49 от 22 сентября 2010 г.

В 2007 г. В. И. Пушкин публикует статью [76], в которой приводит общую характеристику силурийского периода (и силурийской системы) территории Восточно-Европейской платформы и более подробно охарактеризовывает силур Беларуси. Он освещает историю разработки и состояние Общей стратиграфической шкалы силура и региональных стратиграфических подразделений Восточно-Европейской платформы, дает биостратиграфически обоснованную корреляцию (на уровне горизонтов и свит) стратиграфических подразделений, выделяемых на территории Подлясско-Брестской впадины, с их аналогами в пределах сопредельных регионов Восточно-Европейской платформы. Также В. И. Пушкин приводит описание экологии сообществ ископаемых беспозвоночных животных, характерных для белорусской части Подлясско-Брестской впадины.

В опубликованной в 2007 г. монографии [77] впервые приведены результаты монографического изучения силурийских и раннедевонских брахиопод и остракод белорусской части Подлясско-Брестской впадины. На их основе выделены руководящие комплексы местных и региональных стратиграфических подразделений шельфовых отложений силура и нижнего девона и дано обоснование их возраста. Описаны и изображены более 150 видов. Представлены карта расположения изученных скважин и региональная схема силура – нижнего девона Беларуси с характерными ассоциациями брахиопод и остракод.

В 2010 г. в коллективной статье С. А. Кручека с соавторами [78] приводятся палеонтологические данные, а именно данные по ихтиофауне (определения выполнены Д. П. Плаксом) и микрофитофоссилиям (определения выполнены В. Ю. Обуховской), позволившие установить и доказать, что в районе Островецкой площадки, где проводились до этого детальные инженерно-геологические исследования, связанные со строительством здесь Белорусской атомной электростанции, отсутствуют как эйфельские отложения среднего девона, так и лудловские образования верхнего силура, ранее выделенные здесь всеми геологами по геофизическим и литологическим данным. В статье также предлагается продолжить изучение этого района с целью уточнения его геологического строения. Геологам рекомендуется активнее использовать палеонтологические данные, чтобы избегать ошибок, связанных с определением возраста отложений.

В 2010 г. Д. П. Плакс публикует сообщение [79] о находках позвоночных, впервые обнаруженных им в лландоверийских отложениях Подлясско-Брестской впадины и венлокских отложениях Прибалтийской моноклинали. Отдельно приводится краткая тафономическая характеристика обнаруженных остатков ихтиофауны. Намечаются дальнейшие работы по выявлению остатков позвоночных в силурийских отложениях Беларуси.

В опубликованной в 2011 г. статье Д. П. Плакса и Т. Мярсс [80] были представлены данные о находках чешуй телодонтов в нижнесилурийских (венлокских) отложениях северо-западной части Белорусской антеклизы (район Островецкой площадки). Чешуи телодонтов, обнаруженные в четырех скважинах (Островец 1-оп, Островец 7ц, Островец 73 и Островец 195), позволили обосновать силурийский возраст вмещающих отложений, ранее считавшихся девонскими (позднеэмсско-эйфельскими). Другие группы фауны (сколекодонты, брахиоподы, мшанки, конодонты и др.) также подтвердили вывод об отсутствии девонских отложений в пределах Островецкой площадки, а также то, что нижнесилурийские отложения (лландоверийского и венлокского отделов) залегают здесь под кайнозойскими (неогеновыми) образованиями. Кроме того, в исследуемом регионе для выделения Д. П. Плаксом новой островецкой свиты были использованы литологические, геофизические и микропалеонтологические данные. Поэтому большое внимание было уделено всестороннему изучению пород из разреза скважины Островец 1-оп, в которой была вскрыта на полную мощность островецкая свита. В этой статье также были приведены данные о стратиграфическом распространении позвоночных и других групп ископаемых организмов в нижнесилурийских отложениях. Была кратко рассмотрена тафономическая характеристика остатков телодонтов. Выполнены описания внешнего вида и внутреннего строения чешуй телодонтов и сделаны их микро- и СЭМ-фотографии. Нижнесилурийские (лландоверийские и венлокские) отложения были сопоставлены с одновозрастными образованиями из наиболее хорошо палеонтологически изученных регионов Эстонии и Швеции. Полученные данные указали на необходимость более точного определения границ распространения как девонских, так и силурийских отложений на геологических картах северо-западной части территории Беларуси.

В том же 2011 г. Д. П. Плакс публикует работу [81], в которой приводит некоторые дополнительные данные по систематическому составу силурийской ихтиофауны, остатки которых были обнаружены им в породах, отобранных из скважин № 45 (Прибугская площадь) и № 201 (Вычулковская площадь), ранее пробуренных на территории Подлясско-Брестской впадины. Так, бедный в таксономическом отношении комплекс телодонтов, представленный единичными чешуями *Loganellia* sp. (первоначально ошибочно определенных как *Thelodus*), был обнаружен Д. П. Плаксом в скважине № 45 в мергелях зельвянского горизонта теличского яруса лландоверийского отдела нижнего силура [79]. Чешуи этого рода агнат являются самыми древними скелетными элементами, обнаруженными на территории Беларуси. В скважине № 201 на глубине 435,6 м в мергелях руситовского горизонтам лудфордского яруса лудловского отдела верхнего силура были найдены немногочисленные чешуи *Thelodus parvidens* Agassiz и *Andreolepis hedei* Gross, а на глубине 407,2 м, в этой же скважине, в мергелях леснянского горизонта лудфордского яруса лудловского отдела верхнего силура были обнаружены чешуи акантод *Gomphonchus sandelensis* (Pander) и *Acanthoides* ? sp. (после уточнения – *Gomphonchus* sp.) [81]. Из указанных таксонов ихтиофауны, выявленных в скважине № 201, наиболее важным в стратиграфическом отношении являлся зональный вид *Andreolepis hedei* Gross. Остальные таксоны оказались транзитными, не игравшими существенной роли для датировки вмещающих отложений.

В 2012 г. была опубликована коллективная статья Д. П. Плакса с соавторами [82], посвященная комплексному (литолого-геохимическому, геофизическому и палеонтолого-

стратиграфическому) изучению керна скважины Комаровка 91з/10, пробуренной в 2010 г. на крайнем юго-западе Беларуси в пределах северо-западной части Волынской моноклинали. Проведенные исследования позволили авторам выполнить детальное стратиграфическое расчленение кембрийских, ордовикских, силурийских, каменноугольных, юрских и меловых отложений, выявить фациальные обстановки осадконакопления, оценить перспективы отложений на углеводороды и уточнить геологическое строение данного района. Полученные результаты исследований впоследствии были использованы при проведении геолого-съемочных работ в пределах листа M 34-VI (Влодава).

В 2014 г. А. А. Махнач публикует книгу [83], в которой он, наряду с иными данными по геологии Беларуси и сопредельных территорий, кратко приводит сведения о стратиграфии и вещественном составе силурийских отложений Беларуси и истории геологического развития территории страны в этот временной интервал.

В 2014 г. в статье С. А. Кручека с соавторами [84] были подробно изложены результаты палеонтолого-стратиграфических исследований палеозойских отложений территории Островецкой площадки (район строительства Белорусской АЭС), расположенной в северо-западной части Белорусской антеклизы. В образцах пород ряда скважин Островец 1-оп, Островец 7ц, Островец 55, Островец 73, Островец 195 и др. были впервые обнаружены чешуи телодонтов, а также акритархи, сколекодонты, конодонты и другие остатки ископаемых организмов. Изучение этих органических остатков позволило очередной раз доказать, что возраст вмещающих их пород является раннесилурийским (лландоверийским и венлокским), а не девонским (эмсско-эйфельским), как это было показано в то время на геологических картах дочетвертичных отложений, в научных публикациях и производственных отчетах. Было установлено также отсутствие здесь и верхнесилурийских (лудловских) образований. На основании палеонтологических, геофизических и литологических данных в опорном разрезе скважины Островец 1-оп Д. П. Плаксом была детальней изучена ранее выделенная им островецкая свита для отложений силурийской системы территории Беларуси [76]. В статье также была приведена корреляция изученных нижнесилурийских отложений исследованной территории с одновозрастными образованиями Подлясско-Брестской впадины и Балтийского региона (Литва, Эстония, Швеция). Полученные палеонтологические результаты стали основанием для переинтерпретации возраста пород в разрезах скважин прошлых лет и уточнения на геологических картах дочетвертичных отложений контуров распространения силурийских и девонских отложений в северо-западной части Белорусской антеклизы при проведении здесь крупномасштабной (1 : 50 000) геологической съемки.

В опубликованной в 2014 г. статье С. А. Кручека с соавторами [85] излагаются данные, в целом аналогичные приведенным в [84].

В публикации 2016 г. Д. П. Плакса, С. А. Кручека и В. Ю. Обуховской [86] приводится стратиграфическое расчленение типового разреза скважины Давтюны 3к, пробуренной в пределах северо-западной части Белорусской антеклизы, а также описываются две новые свиты: вилейская и болошинская. Первая из них представлена глинисто-мергельно-карбонатными отложениями горстийского яруса лудловского отдела верхнего силура, а вторая сложена карбонатно-глинистыми отложениями эйфельского яруса среднего девона. Для выделенных свит в [86] приведены голостратотипы и условия их залегания, дано детальное их расчленение на литологические пачки, дана палеонтологическая и геофизическая характеристика, показано их распространение и корреляция с одновозрастными отложениями разрезов скважин сопредельных участков Островецкого района.

В статье [87], опубликованной Д. П. Плаксом в 2017 г., приводятся общие сведения о находках скелетных элементов различных групп бесчелюстных и рыб в палеозой-

ских, а именно силурийских, девонских и каменноугольных отложениях Беларуси, дается представление об их разнообразии и распределении в указанных отложениях, приводится характеристика этих остатков.

Выполненное Д. П. Плаксом в 2017 и 2019 гг. [88; 89] изучение скелетных элементов силурийской ихтиофауны, находящихся во вторичном залегании в четвертичных отложениях, оказалось совершено новым для Беларуси. Стоит отметить, что данные о находках силурийских остатков беспозвоночных животных, находившихся во вторичном залегании в четвертичных отложениях в пределах страны, известны с XIX в. В ряде публикаций некоторых авторов того времени [81; 90; 92] приводились указания находок переотложенных нижнепалеозойских, в т. ч., возможно, силурийских остатков, представленных кораллами, моллюсками, брахиоподами в отложениях квартера. Автор за многие годы их обследований также находил в этих отложениях большое количество переотложенных остатков силурийской фауны беспозвоночных. Он находил скелеты губок, строматопороидей, кораллов, трилобитов, створки остракод, раковины бивальвий, гастропод, цефалопод, тентакулитов, брахиопод, скелеты мшанок, иглокожих и граптолитов. Однако обнаружить остатки позвоночных ему не удавалось. Находка фрагмента переотложенной породы с остатками силурийских позвоночных была сделана Ю. В. Заикой в одном из песчано-гравийных карьеров Минской области. Эта находка явилась первой достоверно установленной на территории республики. Предварительные результаты по ее изучению были опубликованы в виде короткого сообщения [88]. В этой публикации были приведены первые определения переотложенных остатков (чешуй и тессер) силурийских позвоночных в отложениях квартера. Д. П. Плаксу удалось по ним установить более десятка таксонов позвоночных, представленных телодонтами *Thelodus parvidens* Agassiz, *T.* cf. *sculptilis* Gross, *T. admirabilis* Märss, акантодами *Nostolepis striata* Pander, *N.* cf. *striata* Pander, *N.* cf. *elegans* (Brotzen), *N.* sp., *N.* ? sp., *Gomphonchus sandelensis* (Pander), *G. volborthi* ? (Rohon), *G.* cf. *volborthi* (Rohon), *G.* sp., *Gomphonchoporus hoppei* (Gross), *G. hoppei* ? (Gross), Ischnacanthiformes gen. et sp. indet., Acanthodii gen. et sp. indet. 1, Acanthodii gen. et sp. indet. 2, Acanthodii gen. et sp. indet. 3 и Nostolepid stellate tesserae. Их описание было выполнено Д. П. Плаксом в статье, опубликованной в 2019 г. [89].

В 2021 г. Д. П. Плакс представил обзорную статью [93], посвященную силурийской ихтиофауне Беларуси. Помимо опубликованных ранее данных, в ней были изложены новые сведения о находках ихтиофауны в верхнесилурийских отложениях скважины Ратайчицы 12к. Эти новые данные в некоторой степени позволили расширить представление о систематическом составе ихтиофауны в указанной части геологического разреза.

В 2023 г. Ю. В. Заикой была опубликована статья [94], содержащая обобщенные данные о находках переотложенных органических остатков кембрийского, ордовикского и силурийского возраста в отложениях верхнего кайнозоя Беларуси. Ископаемые остатки и горные породы силура, согласно данным Ю. В. Заики, относятся ко всем четырем отделам (лландоверийскому, венлокскому, лудловскому и пржидольскому) и семи ярусам (руданскому, аэронскому, теличскому, шейнвудскому, гомерскому, горстийскому и лудфордскому). Они представлены строматопороидеями (Stromatoporoidea), кораллами (Tabulata, Rugosa), моллюсками (Cephalopoda, Bivalvia, Gastropoda), брахиоподами (Brachiopoda), мшанками (Bryozoa), криноидеями (Crinoidea) и позвоночными (Thelodonti и Acanthodii), определенными Д. П. Плаксом. Остатки беспозвоночных животных были идентифицированы Ю. В. Заикой. В данной статье был сделан вывод, что находки органических остатков в подавляющем большинстве могли происходить из выходов Балтийского силура.

В вышедшей в 2023 г. статье М. Бассе и Ф. Шёнинга [95], посвященной описанию трилобитов подсемейства Proertinae из силура Германии, имеются некоторые упоминания о переотложенных силурийских трилобитах Беларуси.

В 2023 г. Д. П. Плаксом была издана статья [96], содержащая результаты палеоихтиологического изучения пород пржидольского возраста, вскрытых скважинами Комаровка 93з/10 и Ратайчицы 12к на территории Волынской моноклинали и Подлясско-Брестской впадины в пределах Беларуси. Представленная в статье информация по ихтиофауне позволила автору уточнить и дополнить ее таксономический состав в вышеупомянутых отложениях в границах названных тектонических структур, а также использовать ихтиофауну для определения возраста пород, их расчленения и корреляции. Отдельно Д. П. Плакс дал описание нового вида акантода на основе изолированных чешуй и рассмотрел краткую тафономическую характеристику скелетных остатков пржидольской ихтиофауны. Полученные данные по пржидольской ихтиофауне дополнили информацию об ее стратиграфическом и географическом распространении.

В 2025 г. Д. П. Плаксом были получены новые данные по ихтиофауне пржидольского возраста из керна скважины Кустинская 1-оп, которые позволили дополнить ее таксономический состав [97].

О. Ф. Кузьменковой с коллективом соавторов в статье 2025 г. [98] приводятся результаты литологического, минералогического, геохимического и палеонтологического изучения пород платформенного чехла (от верхнего рифея до квартера), вскрытых скважиной Кобрин 1к на востоке Подлясско-Брестской впадины. В разрезе этой скважины выделяются силурийские отложения, представленные двумя свитами: зельвянская свита (глубина – 184,5 – 190,5 м), сложенная глинами доломитовыми, опесчаненными, с прослоями плитчатых глинисто-алевритовых пород, и липновская свита (глубина – 174,7 – 184,5 м), состоящая преимущественно из доломитов тонко- и мелкокристаллических, органогенно-детритовых, с примесью терригенного материала, массивных, местами кавернозных. Также в отложениях этой части разреза обнаружены акритархи, позволившие обосновать возраст пород.

В опубликованной в 2025 г. статье Д. П. Плакса [99] предлагается усовершенствованная Стратиграфическая схема силурийских отложений Беларуси. В общей стратиграфической шкале приведено расчленение системы на две подсистемы: нижнюю и верхнюю. Отделов приведено не два, как принято в Стратиграфической схеме силурийских отложений Беларуси (2010), а четыре, согласно Международной хроностратиграфической (2024) [100] и Общей стратиграфической шкалам (2024) [101]: лландоверийский, венлокский, лудловский и пржидольский. Подъярусы, введенные в предыдущую схему 2010 г., Д. П. Плаксом переведены в ранг ярусов, которых в Международной хроностратиграфической и Общей стратиграфической шкалах насчитывается семь, из которых только пять установлены на территории Беларуси. Так, верхи лландоверийского отдела, начинающие разрез силура на территории страны, отнесены к теличскому ярусу; венлокский отдел подразделяется на шейнвудский и гомерский ярусы; лудловский отдел – на горстийский и лудфордский ярусы; пржидольский отдел не включает в себя никаких ярусов. В Стратиграфическую схему силура Беларуси Д. П. Плаксом вводится также обновленная последовательность стандартных граптолитовых зон и приводятся установленные им зоны по ихтиофауне. В региональной стратиграфической схеме силура Беларуси используется самостоятельная последовательность горизонтов, базирующаяся на изучении разрезов Подлясско-Брестской впадины. Территория впадины подразделяется, как это было принято ранее, на западную и восточную части, каждая из которых характеризуется определенным набором свит и пачек. Раздел корреляции местных стратиграфических подразделений Беларуси впервые дополняется шестью новыми местными стратиграфическими подразделениями – свитами. В преде-

лах Волынской моноклинали это – комаровская, кладневская, рытецкая и приборовская свиты, а в пределах Прибалтийской моноклинали – островецкая и вилейская свиты. Приводится также корреляция белорусских разрезов силура с одновозрастными образованиями польской части Подлясско-Брестской впадины, Волыни (северо-запад Украины), Средней и Восточной Литвы, а также Эстонии.

Заключение

Перечень основных задач для будущих исследований:

1. Необходимо выполнить монографическое изучение важных в стратиграфическом отношении групп ископаемых органических остатков (трилобитов, бивальвий, гастропод, цефалопод, брахиопод, граптолитов, конодонтов, ихтиофауны и др.).

2. Важно изучить на современном уровне различные микромерные органические остатки, довольно часто встречающиеся в силурийских отложениях Беларуси (сколекодонты, остракоды, тентакулиты и др.).

3. Необходимо продолжить изучение литостратиграфии силурийских отложений Беларуси.

4. Явно недостаточно (по сравнению с био- и литостратиграфией) проведены изотопно-геохимические, минералогические и литологические исследования силурийских отложений Беларуси. Необходимо выполнение исследований в этой области на современном уровне.

5. После решения всех перечисленных выше задач можно будет с должным обоснованием приступить к более детальным палеоэкологическим и палеогеографическим реконструкциям, представляющим большой интерес для белорусских геологов, занимающихся поисками полезных ископаемых на территории страны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стефаненко, А. Я. Нижнепалеозойские отложения Белоруссии / А. Я. Стефаненко, А. С. Махнач // Известия Академии наук Белорусской ССР. – 1952. – № 1. – С. 75–85.

2. Махнач, А. С. Стратиграфическая схема древнего палеозоя Белоруссии / А. С. Махнач // Доклады Академии наук СССР. – 1956. – Т. 110, № 5. – С. 831–834.

3. Краткий очерк геологии Белоруссии / А. С. Махнач, А. Я. Стефаненко, М. М. Цапенко, М. Ф. Козлов. – Мн. : Изд-во Академии наук Белорусской ССР, 1957. – 214 с.

4. Махнач, А. С. Древнепалеозойские отложения Белоруссии / А. С. Махнач. – Мн. : Ин-т геол. наук АН БССР, 1958. – 226 с.

5. Пашкевичюс, И. Ю. Силур (S) / И. Ю. Пашкевичюс // Краткий очерк геологии Литовской ССР. – Вильнюс, 1958. – С. 23–30.

6. Пашкевичюс, И. Ю. Стратиграфия силура (готландия) Южной Прибалтики / И. Ю. Пашкевичюс // Труды Института геологии АН Эстонской ССР. – 1960. – Т. V. – С. 159–169.

7. Пашкевичюс, И. Ю. Балтийская (Польско-Литовская) синеклиза и Белорусско-Мазурская антеклиза (Южная Прибалтика) / И. Ю. Пашкевичюс // Стратиграфия СССР. Силурийская система. – М. : Недра, 1965. – С. 60–71.

8. Пашкевичюс, И. Ю. Биостратиграфия и корреляция силурийских терригенных и карбонатных отложений Южной Прибалтики / И. Ю. Пашкевичюс // Стратиграфия нижнего палеозоя Прибалтики и корреляция с другими регионами. – Вильнюс, 1968. – С. 250–272.

9. Махнач, А. С. Геалагічнае мінулае Беларусі (Падарожжа ў нетры Беларусі) / А. С. Махнач, Л. М. Вазнячук. – Мн. : Дзярж. выд-ва БССР. Рэд. навук. і тэхн. літ., 1959. – 214 с.

10. Голубцов, В. К. Фации территории Белоруссии в палеозое и раннем мезозое / В. К. Голубцов, А. С. Махнач. – Мн. : Изд-во Академии наук Белорусской ССР, 1961. – 183 с.

11. Крандиевский, В. С. Первые находки граптолитов в силурийских отложениях Белоруссии / В. С. Крандиевский // Доклады АН БССР. – 1962. – Т. VI, № 8. – С. 514–516.

12. Цегельнюк, П. Д. Стратиграфия отложений силура и нижнего девона Полесского погребенного массива и Брестской впадины / П. Д. Цегельнюк // Палеонтология и стратиграфия верхнего докембрия и нижнего палеозоя юго-запада Восточно-Европейской платформы. – Киев : Наук. думка, 1976. – С. 77–91.

13. Крандиевский, В. С. Граптолиты силура Волыно-Подолии / В. С. Крандиевский // Палеонтология и стратиграфия нижнего палеозоя Волыно-Подолии. – Киев : Наук. думка, 1968. – С. 26–62.

14. Пушкин, В. И. Положение границы силур – девон и стратиграфия нижнего девона Белоруссии / В. И. Пушкин, С. А. Кручек // Доклады АН БССР. – 1978. – Т. XXII, № 11. – С. 1013–1016.

15. Положение границы силур–девон в скважине Томашовка 11 (юго-западная часть БССР) / А. Ф. Абушик, С. А. Кручек, Т. И. Моисеева, В. И. Пушкин // Доклады АН БССР. – 1982. – Т. XXVI, № 6. – С. 533–536.

16. Кондратчик, Н. В. Краткий литолого-стратиграфический очерк Брестской впадины по материалам бурения / Н. В. Кондратчик, В. А. Богино // Материалы первой научной конференции молодых геологов Белоруссии. – Мн. : Наука и техника, 1965. – С. 35–37.

17. Зиновенко, Г. В. Силурийские отложения Подлясско-Брестской впадины / Г. В. Зиновенко, И. И. Верниковский // Вопросы геологии территории БССР и некоторых смежных районов УССР. – Мн. : Наука и техника, 1970. – С. 54–63.

18. Моисеева, Т. И. Некоторые результаты изучения остракод силура Брестской впадины / Т. И. Моисеева // Материалы второй научной конференции молодых геологов Белоруссии. – Мн., 1968. – С. 26–27.

19. Белоусова, Г. А. Брахиоподы / Г. А. Белоусова, Л. С. Линник, В. И. Пушкин // Стратиграфические и палеонтологические исследования в Белоруссии. – Мн. : Наука и техника, 1978. – С. 64–72.

20. Корреляция разнофациальных толщ при поисках нефти и газа / М. М. Грачевский, Ю. М. Берлин, И. Т. Дубовской, Г. Ф. Ульмишек ; под ред. д-ра геол.-минерал. наук, проф. В. А. Долицкого. – М. : Недра, 1969. – 295 с.

21. Кустинская опорная скважина Брестской впадины / А. М. Синичка, Г. В. Зиновенко, В. Я. Бессонова, З. В. Жицкая. – М. : Недра, 1970. – 143 с.

22. Моисеева, Т. И. Комплекс остракод из отложений силура (венлока) Брестской впадины / Т. И. Моисеева // Материалы четвертой науч. конф. молодых геологов Белоруссии. – Мн. : Полымя, 1971. – С. 21–22.

23. Свержинский, А. И. Силурийская система / А. И. Свержинский, Н. Н. Смирнова, А. С. Махнач // Геология СССР. Т. III : Белорусская ССР. Геологическое описание. – М. : Недра, 1971. – С. 101–107.

24. Пушкин, В. И. О граптолитовых зонах в силуре Брестской впадины / В. И. Пушкин // Доклады АН БССР, 1972. – Т. XVI, № 11. – С. 1023–1026.

25. Пушкин, В. И. Некоторые малоизученные группы фауны и флоры / В. И. Пушкин, С. А. Кручек, В. К. Голубцов // Стратиграфические и палеонтологические исследования в Белоруссии. – Мн. : Наука и техника, 1978. – С. 78–85.

26. Корень, Т. Н. Граптолитовая зональная шкала силура / Т. Н. Корень, Д. Л. Кальо // Граптолиты и стратиграфия. – Таллин, 1976. – С. 64–84.

27. Моисеева, Т. И. Стратиграфия силурийских отложений Брестской впадины / Т. И. Моисеева // Новые данные по стратиграфии осадочной толщи Белоруссии. – Мн. : БелНИГРИ, 1975. – С. 6–26.

28. Пушкин, В. И. Hemieridotrypidae – новое семейство раннепалеозойских мшанок отряда Trepostomata / В. И. Пушкин // Палеонтологический журнал, 1973. – № 4. – С. 47–55.

29. Пушкин, В. И. Биостратиграфия и мшанки ордовика и силура Брестской впадины : автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук / Пушкин Виктор Иванович. – М., 1973. – 24 с.

30. Моисеева, Т. И. Новые данные о возрасте I мергельной пачки нижнего силура Брестской впадины / Т. И. Моисеева, Л. В. Пискун // Тез. докл. и сообщений пятой науч. конф. молодых геологов Белоруссии, Минск, 16–18 окт. 1973 г. – Мн., 1973.

31. Моисеева, Т. И. О расчленении верхнего силура Брестской впадины / Т. И. Моисеева // Доклады Академии наук БССР, 1973. – Т. XVII, № 6. – С. 545–548.

32. Моисеева, Т. И. Стратиграфия и остракоды Брестской впадины : автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук : 04.00.09 / Моисеева Татьяна Ивановна. – Вильнюс, 1974. – 24 с.

33. Пискун, Л. В. Палинологическая характеристика силурийских отложений Брестской впадины / Л. В. Пискун // Микрофоссилии СССР. – Новосибирск, 1974. – С. 30–36.

34. Пискун, Л. В. Акритархи ордовика и силура Брестской впадины и их стратиграфическое значение : автореф. дис. канд. геол.-минерал. наук : 04.00.09 / Пискун Любовь Владимировна. – Таллин, 1975. – 45 с.

35. Пушкин, В. И. О роде *Medipora* Trizna и его новых представителях из верхнего силура Белоруссии и Латвии / В. И. Пушкин // Жизнь Земли. Сборник Музея землеведения МГУ. – М., 1975. – Вып. 11. – С. 113–120.

36. Пушкин, В. И. Комплексы мшанок из отложений ордовика и силура Брестской впадины и их палеогеографическое значение / В. И. Пушкин // Вопросы геологии, геохимии и геофизики земной коры Белоруссии. – Мн. : Наука и техника, 1975. – С. 155–161.

37. Цегельнюк, П. Д. Позднесилурийские и раннедевонские граптолиты юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы / П. Д. Цегельнюк // Палеонтология и стратиграфия верхнего докембрия и нижнего палеозоя юго-запада Восточно-Европейской платформы. – Киев : Наук. думка, 1976. – С. 91–133.

38. Пушкин, В. И. Род *Callocladia* (Bryozoa) и его новые виды из нижнего палеозоя Белоруссии / В. И. Пушкин // Палеонтологический журнал. – 1976. – № 1. – С. 67–73.

39. Пржидольские мшанки СССР / В. И. Пушкин, Л. В. Нехорошева, Г. В. Копаевич, А. М. Ярошинская. – М. : Наука, 1990. – 125 с.

40. Пушкин, В. И. Новые виды мшанок из ордовика и силура Брестской впадины / В. И. Пушкин // Новые виды ископаемых животных и растений Белоруссии. – Мн. : Наука и техника, 1976. – С. 6–40.

41. Моисеева, Т. И. Некоторые новые виды остракод из верхнего силура Брестской впадины / Т. И. Моисеева // Новые виды ископаемых животных и растений Белоруссии. – Мн. : Наука и техника, 1976. – С. 41–45.

42. Пискун, Л. В. Новые виды акритарх из ордовикских и силурийских отложений Брестской впадины / Л. В. Пискун // Новые виды ископаемых животных и растений Белоруссии. – Мн. : Наука и техника, 1976. – С. 100–108.

43. Моисеева, Т. И. О сопоставлении силурийских отложений Брестской впадины, Прибалтики и Подолии / Т. И. Моисеева // Новые данные по геологии БССР. – Мн. : БелНИГРИ, 1977. – С. 20–28.

44. Фации и фауна силура Прибалтики / Отв. ред. Д. Л. Кальо. – Таллин : АН ЭССР, 1977. – 286 с.

45. Стратиграфические и палеонтологические исследования в Белоруссии / Под ред. В. К. Голубцова. – Мн. : Наука и техника, 1978. – 248 с.

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

47. Walliser, O. H. Conodonten des Silurs / O. H. Walliser. – Abhandlungen des Hessischen Landesamtes. – 1964. – Bodenforsch 41. – S. 1–106.

48. Саладжюс, В. Ю. Конодонты лландоверийских (нижнесилурийских) отложений Литвы / В. Ю. Саладжюс // Фауна и стратиграфия палеозоя и мезозоя Прибалтики и Белоруссии. – Вильнюс : Минтис, 1975. – С. 219–226.

49. Саладжюс, В. Ю. Первые находки конодонтов в отложениях даунтонского яруса южной Прибалтики / В. Ю. Саладжюс // Материалы третьей науч. конф. молодых геологов Белоруссии. – Мн., 1969. – С. 31–33.

50. Пушкин, В. И. Мшанки / В. И. Пушкин // Стратиграфические и палеонтологические исследования в Белоруссии. – Мн. : Наука и техника, 1978. – С. 72–78.

51. Астрова, Г. Г. Мшанки борщовского и чортковского горизонтов Подолии / Г. Г. Астрова // Труды Палеонтологического института АН СССР, 1964. – Т. XCVIII. – 51 с.

52. Пушкин, В. И. Силурийская система // Стратиграфические и палеонтологические исследования в Белоруссии / В. И. Пушкин. – Мн. : Наука и техника, 1978. – С. 126–127.

53. Пискун, Л. В. Закономерности распространения акритарх в силурийских отложениях Брестской впадины в зависимости от фациально-геохимических условий / Л. В. Пискун, П. Д. Жуков, Т. И. Моисеева // Новое в стратиграфии, тектонике и четвертичной геологии Белоруссии. – Мн. : Бел. науч.-исслед. геологоразведоч. ин-т, 1979. – С. 3–11.

54. Стратиграфическая схема Силурийских отложений Белоруссии / В. И. Пушкин, Г. В. Зиновенко, Т. И. Моисеева, В. Ф. Ропот // Материалы по стратиграфии Белоруссии (к Межведомственному стратиграфическому совещанию). – Мн. : Наука и техника, 1981. – С. 41–46.

55. Решения Межведомственного регионального стратиграфического совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Белоруссии, 1981 г. (с унифицированными стратиграфическими корреляционными таблицами). – Л. : Изд-во ВСЕГЕИ, 1983. – 134 с.

56. Палеотектоника Белоруссии / Под ред. акад. АН БССР Р. Г. Гарецкого. – Мн. : Наука и техника, 1983. – 182 с.

57. Сидравичене, Н. В. Силурийская система / Н. В. Сидравичене, П. П. Лапинскас, В. И. Пушкин // Геологическая карта СССР. – 1 : 1 000 000, 100 км в 1 см (новая серия). Объяснительная записка. Лист N-(34), (35). – Вильнюс ; Л., 1986. – С. 43–53.

58. Абушик, А. Ф. Силурийские флипсуриды и конвергентные виды лонгискулид (Ostracoda) Украины и Белоруссии / А. Ф. Абушик, Т. И. Моисеева // Новые и малоизвестные виды ископаемых животных и растений Белоруссии. – Мн. : Наука и техника, 1986. – С. 22–33.

59. Зотов, В. М. Фауна целентерат палеозоя Белоруссии / В. М. Зотов // Палеонтология и ее роль в познании геологического строения территории Белоруссии. – Мн. : Наука и техника, 1986. – С. 63–65.

60. Зиновенко, Г. В. Балтийско-Приднестровская зона перикратонных опусканий / Г. В. Зиновенко ; под ред. Р. Г. Гарецкого. – Мн. : Наука и техника, 1986. – 215 с.

61. Модзалевская, Т. Л. Корреляция граптолитовых и брахиоподовых зон силура белорусской части Подлясско-Брестской впадины / Т. Л. Модзалевская, И. Ю. Пашкевичюс, В. И. Пушкин // Граптолиты в истории Земли : тез. докл. V симп. по изучению граптолитов в СССР. – Вильнюс, 1988. – С. 21–26.

62. Пашкевичюс, И. Ю. Лудловские граптолитовые зоны белорусской части Подлясско-Брестской впадины / И. Ю. Пашкевичюс, В. И. Пушкин // Граптолиты в истории Земли : тез. докл. V симп. по изучению граптолитов в СССР. – Вильнюс, 1988. – С. 36–43.

63. Пушкин, В. И. Корреляция силурийских отложений белорусской и польской частей Подлясско-Брестской впадины / В. И. Пушкин, И. Ю. Пашкевичюс // Граптолиты в истории Земли : тез. докл. V симп. по изучению граптолитов в СССР. – Вильнюс, 1988. – С. 43–48.

64. Абушик, А. Ф. Биостратиграфия силурийских отложений Брестской впадины по остракодам / А. Ф. Абушик, Т. И. Моисеева // Геология платформенного чехла Белоруссии. – Мн. : БелНИГРИ, 1989. – С. 82–97.

65. Пушкин, В. И. Детализация стратиграфической схемы силура белорусской части Подлясско-Брестской впадины / В. И. Пушкин, В. Ф. Ропот // Доклады АН БССР, 1989. – Т. XXXIII, № 11. – С. 1021–1024.

66. Пискун, Л. В. Акритархи из верхнесилурийских и нижнедевонских отложений Белоруссии / Л. В. Пискун // Новые представители ископаемой фауны и флоры Белоруссии и других районов СССР. – Мн. : Наука и техника, 1990. – С. 34–50.

67. Экостратиграфия: результаты исследований силурийских отложений белорусской части Подлясско-Брестской впадины / В. И. Пушкин [и др.] ; под ред. А. С. Махнача. – Мн. : Наука и техника, 1991. – 48 с.

68. Kruchek, S. Vertebrate microremains from the Lower Devonian (Lochkovian) deposits of Belarus / S. Kruchek, J. Valiukevičius, T. Märss // The Third Baltic Stratigraphical Conference (Abstracts). – Tartu, 1996. – P. 34.

69. Голубцов, В. К. Стратиграфия осадочного чехла запада Восточно-Европейской платформы / В. К. Голубцов // Геология и нефтегазоносность запада Восточно-Европейской платформы : к 70-летию БелНИГРИ. – Мн. : Бел. навука, 1997. – С. 41–104.

70. Модзалевская, Т. Л. Брахиоподы Белоруссии на венлокско-лудловском рубеже / Т. Л. Модзалевская // Вопросы палеонтологии : межвуз. сб. / Под ред. Д. Л. Степаненко, Г. Н. Киселева. – СПб : Изд-во СПбГУ, 1999. – Т. XI. – С. 111–118.

71. Pushkin, V. I. Silurian and Lower Devonian brachiopod and bryozoan communities of southwestern Byelorussia / V. I. Pushkin, T. L. Modzalevskaya // Palaeocommunities: A Case Study from the Silurian and Lower Devonian. – Cambridge : Cambridge University Press, 1999. – P. 496–509.

72. Пушкин, В. И. Силурийская система / В. И. Пушкин // Геология Беларуси / под ред. А. С. Махнача [и др.]. – Мн. : Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2001. – С. 171–186.

73. Пушкин, В. И. Силурийская система / В. И. Пушкин // Основы геологии Беларуси ; под общ. ред. А. С. Махнача, Р. Г. Гарецкого, А. В. Матвеева, Я. И. Аношко. – Мн. : Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2004. – С. 102–108.

74. Пушкин, В. И. Стратиграфическая схема силурийских отложений Беларуси / В. И. Пушкин // Літасфера. – 2005. – № 1 (22). – С. 62–68.

75. Пушкин, В. И. Силурийская система / В. И. Пушкин // Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объясн. зап. – Мн. : ГП «БелНИГРИ», 2010. – С. 93–98 (со стратиграфической схемой силурийских отложений Беларуси (1 лист)).

76. Пушкин, В. И. Силур Беларуси (стратиграфо-палеонтологические исследования) / В. И. Пушкин // Літасфера. – 2007. – № 1 (26). – С. 14–28.

77. Абушик, А. Ф. Силурийские и раннедевонские брахиоподы и остракоды Беларуси / А. Ф. Абушик, Т. Л. Модзалевская, Т. И. Моисеева. – СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. – 126 с.

78. К вопросу о девонских отложениях северо-западной части Белорусской антеклизы / С. А. Кручек, Н. Д. Михайлов, Д. П. Плакс, В. Ю. Обуховская // Проблемы региональной геологии Беларуси : IV Университет. геол. чтения, посвящ. 15-летию каф. динам. геологии БГУ, Минск, 2–3 апр. 2010 г. ; редкол.: Э. А. Высоцкий [и др.]. – Мн. : БГУ, 2010. – С. 42–44.

79. Плакс, Д. П. Позвоночные силура Беларуси / Д. П. Плакс // Эволюция органического мира и биотические кризисы : материалы LVI сессии Палеонтол. о-ва при РАН, Санкт-Петербург, 6–10 апр. 2010 г. – СПб., 2010. – С. 130–131.

80. Plax, D. P. Thelodonts (Agnatha) from the Lower Silurian (Wenlock) deposits of the north-west of Belarus / D. P. Plax, T. Märss // Літасфера. – 2011. – № 1 (34). – С. 69–81.

81. Плакс, Д. П. О находках агнат и рыб в силурийских отложениях Подлясско-Брестской впадины (Беларусь) / Д. П. Плакс // Актуальные проблемы современной геологии, геохимии и географии : материалы междунар. науч.-практ. конф., Брест, 28–30 сент. 2011 г. : в 2 ч. / Брестс. гос. ун-т ; редкол.: М. А. Богдасаров [и др.]. – Брест, 2011. – Ч. 1 : Геология, геохимия. – С. 159–161.

82. Литолого-стратиграфическая характеристика домеловых отложений платформенного чехла юго-западной Беларуси (по результатам изучения скважины Комаровка 91з/10) / Д. П. Плакс, О. Ф. Кузьменкова, В. Ю. Обуховская [и др.] // Літасфера. – 2012. – № 2 (37). – С. 3–21.

83. Махнач, А. А. Краткий очерк геологии Беларуси и смежных территорий / А. А. Махнач. – Мн. : Бел. навука, 2014. – 190 с.

84. Кручек, С. А. О силурийских отложениях Островецкой площадки северо-западной части Белорусской антеклизы / С. А. Кручек, Д. П. Плакс, В. Ю. Обуховская // Літасфера. – 2014. – № 2 (41). – С. 27–39.

85. Кручек, С. А. К вопросу о силурийских отложениях Островецкой площадки Белорусской АЭС / С. А. Кручек, Д. П. Плакс, В. Ю. Обуховская // Современное состояние и актуальные направления геологического изучения и комплексного освоения ресурсов недр стран СНГ : Материалы междунар. науч.-практ. конф. в рамках XVII сессии Межправительств. совета стран Содружества Независимых Государств по разведке, использованию и охране недр. – Мн. : Респ. унитар. предприятие «Научно-производственный центр по геологии», 2014. – С. 53–61.

86. Плакс, Д. П. Новые местные стратиграфические подразделения верхнего силура и среднего девона северо-западной части Белорусской антеклизы / Д. П. Плакс, С. А. Кручек, В. Ю. Обуховская // Літасфера. – 2016. – № 1 (44). – С. 3– 25.

87. Плакс Дз. П. Аб знаходках рэшткаў палеазойскай іхтыяфаўны на тэрыторыі Беларусі / Дз. П. Плакс // Вестник БарГУ. Серия: Биологические науки. Сельскохозяйственные науки. – 2017. – № 5. – С. 54–64.

88. Plax, D. P. First findings of the redeposited Silurian ichthyofauna in the Quaternary deposits of Belarus / D. P. Plax, Yu. V. Zaika // Материалы 15-й Междунар. науч.-техн. конф. «Наука – образованию, производству, экономике» : в 4 т. ; ред. кол.: Б. М. Хрусталев, Ф. А. Романюк, А. С. Калиниченко. – Мн. : БНТУ, 2017. – Т. 3. – С. 232.

89. Plax, D. P. On the redeposited Silurian ichthyofauna remains in the Quaternary deposits of Belarus / D. P. Plax // Природные ресурсы. – 2019. – № 2. – С. 34–45.

90. Гельмерсен, Г. А. Геогностическое исследование девонской полосы средней России от реки Западной Двины до р. Воронежа / Г. А. Гельмерсен // Записки императорского русского географического общества. – 1856. – Кн. XI. – С. 3–59.

91. Антонович, М. А. Геогностический очерк берегов Западной Двины в пределах Витебской губернии / М. А. Антонович // Горный журнал. – 1873. – Т. 2, № 4. – С. 55–87.

92. Гельмерсен, Г. А. Отчет о геологических исследованиях и разведках, произведенных с 1872 до 1876 года в губерниях Гродненской и Курляндской для изучения встречающихся в них месторождений минерального топлива / Г. А. Гельмерсен // Горный журнал. – 1880. – Т. 1, № 2. – С. 182–239.

93. 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.

94. Заіка, Ю. В. Алахтонныя выкапневыя рэшткі ў адкладах верхняга кайназоя Беларусі. Папярэднія вынікі вывучэння. Частка I: ніжні палеазой / Ю. В. Заіка // Вестник БарГУ. Серия: Биологические науки. Сельскохозяйственные науки. – 2023. – № 1 (13). – С. 4–22.

95. Basse, M. The Proetinae (Trilobita) of the German Silurian. 1. *Plesiowensus, Signatoproetus* n.g., and *Pulcherproetus* / M. Basse, F. Schöning // Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. – 2023. – Abhandlung 309/3. – 2023. – P. 209–254.

96. Plax, D. P. Přidolian ichthyofauna of Belarus / D. P. Plax // Літасфера. – 2023. – № 1 (58). – С. 26–47.

97. Плакс, Д. П. Ихтиофауна из пржидольских отложений скважины Кустинская 1-оп (Подлясско-Брестская впадина, Беларусь) / Д. П. Плакс // Фундаментальные основы палеонтологии: теория и практика : Материалы LXXI сессии Палеонтол. о-ва при РАН, Санкт-Петербург, 7–11 апр. 2025 г. ; редкол.: М. А. Ткаченко [и др.]. – СПб. : Ин-т Карпинского, 2025. – С. 243–244.

98. Строение платформенного чехла в разрезе скважины Кобрин 1к (Подлясско-Брестская впадина, Беларусь) / О. Ф. Кузьменкова, Г. Д. Стрельцова, Т. В. Воскобойникова [и др.] // Літасфера. – 2025. – № 1 (62). – С. 27–45.

99. Плакс, Д. П. Силурийские отложения территории Беларуси / Д. П. Плакс // Природопользование, 2025. – № 2. – С. 131–145.

100. The ICS International Chronostratigraphic Chart 2024/12 / K. M. Cohen [et al.] // International Commission on Stratigraphy, IUGS. – URL: www.stratigraphy.org (date of access: 03.02.2026).

101. Общая стратиграфическая шкала // Межведомственный стратиграфический комитет России (МСК). – 2024. – URL: https://karpinskyinstitute.ru/info/str_scale-03-24.pdf (дата обращения: 03.02.2026).

REFERENCES

1. Stefanenko, A. Ya. Nizhnepaleozoiskie otlozheniya Belorussii / A. Ya. Stefanenko, A. S. Makhnach // Izvestiya Akademii nauk Belorusskoi SSR. – 1952. – № 1. – S. 75–85.

2. Makhnach, A. S. Stratigraficheskaya skhema drevnego paleozoya Belorussii / A. S. Makhnach // Doklady Akademii nauk SSSR. – 1956. – T. 110, № 5. – S. 831–834.

3. Kratkii ocherk geologii Belorussii / A. S. Makhnach, A. Ya. Stefanenko, M. M. Tsapenko, M. F. Kozlov. – Mn. : Izd-vo Akademii nauk Belorusskoi SSR, 1957. – 214 s.

4. Makhnach, A. S. Drevnepaleozojskie otlozheniya Belorussii / A. S. Makhnach. – Mn. : In-t geol. nauk AN BSSR, 1958. – 226 s.

5. Pashkevichyus, I. Yu. Silur (S) / I. Yu. Pashkevichyus // Kratkii ocherk geologii Litovskoi SSR. – Vil'nyus, 1958. – S. 23–30.

6. Pashkevichyus, I. Yu. Stratigrafiya silura (gotlandiya) Yuzhnoi Pribaltiki / I. Yu. Pashkevichyus // Trudy Instituta geologii AN Estonskoi SSR. – 1960. – T. V. – S. 159–169.

7. Pashkevichyus, I. Yu. Baltiiskaya (Pol'sko-Litovskaya) sinekliza i Belorussko-Mazurskaya antekliza (Yuzhnaya Pribaltika) / I. Yu. Pashkevichyus // Stratigrafiya SSSR. Siluriiskaya sistema. – M. : Nedra, 1965. – S. 60–71.

8. Pashkevichyus, I. Yu. Biostratigrafiya i korrelyatsiya silurijskikh terrigennykh i karbonatnykh otlozhenii Yuzhnoi Pribaltiki / I. Yu. Pashkevichyus // Stratigrafiya nizhnego paleozoya Pribaltiki i korrelyatsiya s drugimi regionami. – Vil'nyus, 1968. – S. 250–272.

9. Makhnach, A. S. Gealagichnae minulae Belarusi (Padarozhzha u netry Belarusi) / A. S. Makhnach, L. M. Vaznyachuk. – Mn. : Dzyarzh. vyd-va BSSR. Red. navuk. i tekhn. lit., 1959. – 214 s.

10. Golubtsov, V. K. Fatsii territorii Belorussii v paleozoe i rannem mezozoe / V. K. Golubtsov, A. S. Makhnach. – Mn. : Izd-vo Akademii nauk Belorusskoi SSR, 1961. – 183 s.

11. Krandievskii, V. S. Pervye nakhodki graptolitov v siluriiskikh otlozheniyakh Belorussii / V. S. Krandievskii // Doklady AN BSSR. – 1962. – T. VI, № 8. – S. 514–516.

12. Tsegel'nyuk, P. D. Stratigrafiya otlozhenii silura i nizhnego devona Polesskogo pogrebennogo massiva i Brestskoi vpadiny / P. D. Tsegel'nyuk // Paleontologiya i stratigrafiya verkhnego dokembriya i nizhnego paleozoya yugo-zapada Vostochno-Yevropeiskoi platformy. – Kiev : Nauk. dumka, 1976. – S. 77–91.

13. Krandievskii, V. S. Graptolity silura Volyno-Podolii / V. S. Krandievskii // Paleontologiya i stratigrafiya nizhnego paleozoya Volyno-Podolii. – Kiev : Nauk. dumka, 1968. – S. 26–62.

14. Pushkin, V. I. Polozhenie granitsy silur – devon i stratigrafiya nizhnego devona Belorussii / V. I. Pushkin, S. A. Kruchek // Doklady AN BSSR. – 1978. – T. XXII, № 11. – S. 1013–1016.

15. Polozhenie granitsy silur – devon v skvazhine Tomashovka 11 (yugo-zapadnaya chast' BSSR) / A. F. Abushik, S. A. Kruchek, T. I. Moiseeva, V. I. Pushkin // Doklady AN BSSR. – 1982. – T. XXVI, № 6. – S. 533–536.

16. Kondratchik, N. V. Kratkii litologo-stratigraficheskii ocherk Brestskoi vpadiny po materialam bureniya / N. V. Kondratchik, V. A. Bogino // Materialy pervoi nauch. konf. molodykh geologov Belorussii. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1965. – S. 35–37.

17. Zinovenko, G. V. Siluriiskie otlozheniya Podlyassko-Brestskoi vpadiny / G. V. Zinovenko, I. I. Vernikovskii // Voprosy geologii territorii BSSR i nekotorykh smezhnykh raionov USSR. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1970. – S. 54–63.

18. Moiseeva, T. I. Nekotorye rezul'taty izucheniya ostrakod silura Brestskoi vpadiny / T. I. Moiseeva // Materialy vtoroi nauch. konf. molodykh geologov Belorussii. – Mn., 1968. – S. 26–27.

19. Belousova, G. A. Brakhiopody / G. A. Belousova, L. S. Linnik, V. I. Pushkin // Stratigraficheskie i paleontologicheskie issledovaniya v Belorussii. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1978. – S. 64–72.

20. Korrelyatsiya raznofatsial'nykh tolshch pri poiskakh nefti i gaza / M. M. Grachevskij, Yu. M. Berlin, I. T. Dubovskoi, G. F. Ul'mishek ; pod red. d-ra geol.-mineral. nauk, prof. V. A. Dolitskogo. – M. : Nedra, 1969. – 295 s.

21. Kustinskaya opornaya skvazhina Brestskoi vpadiny / A. M. Sinichka, G. V. Zinovenko, V. Ya. Bessonova, Z. V. Zhitskaya. – M. : Nedra, 1970. – 143 s.

22. Moiseeva, T. I. Kompleks ostrakod iz otlozhenii silura (venloka) Brestskoi vpadiny / T. I. Moiseeva // Materialy chetvertoi nauch. konf. molodykh geologov Belorussii. – Mn. : Polymya, 1971. – S. 21–22.

23. Sverzhinskii, A. I. Siluriiskaya sistema / A. I. Sverzhinskii, N. N. Smirnova, A. S. Makhnach // Geologiya SSSR. T. III : Belorusskaya SSR. Geologicheskoe opisanie. – M. : Nedra, 1971. – S. 101–107.

24. Pushkin, V. I. O graptolitovykh zonakh v silure Brestskoi vpadiny / V. I. Pushkin // Doklady AN BSSR. – 1972. – T. XVI, № 11. – S. 1023–1026.

25. Pushkin, V. I. Nekotorye maloizuchennye gruppy fauny i flory / V. I. Pushkin, S. A. Kruchek, V. K. Golubtsov // Stratigraficheskie i paleontologicheskie issledovaniya v Belorussii. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1978. – S. 78–85.

26. Koren', T. N. Graptolitovaya zonal'naya shkala silura / T. N. Koren', D. L. Kal'o // Graptolity i stratigrafiya. – Tallin, 1976. – S. 64–84.

27. Moiseeva, T. I. Stratigrafiya siluriiskikh otlozhenii Brestskoi vpadiny / T. I. Moiseeva // Novye dannye po stratigrafii osadochnoi tolshchi Belorussii. – Mn. : BelNIGRI, 1975. – S. 6–26.

28. Pushkin, V. I. Hemieridotrypidae – novoe semeistvo rannepaleozoiskikh mshanok otryada Trepostomata / V. I. Pushkin // Paleontologicheskii zhurnal. – 1973. – № 4. – S. 47–55.

29. Pushkin, V. I. Biostratigrafiya i mshanki ordovika i silura Brestskoi vpadiny : avtoref. dis. … kand. geol.-mineral. nauk / Pushkin Viktor Ivanovich. – M., 1973. – 24 s.

30. Moiseeva, T. I. Novye dannye o vozraste I mergel'noi pachki nizhnego silura Brestskoi vpadiny / T. I. Moiseeva, L. V. Piskun // Tez. dokl. i soobshchenij pyatoi nauch. konf. molodykh geologov Belorussii. – Mn., 1973.

31. Moiseeva, T. I. O raschlenenii verkhnego silura Brestskoi vpadiny / T. I. Moiseeva // Doklady Akademii nauk BSSR. – 1973. – T. XVII, № 6. – S. 545–548.

32. Moiseeva, T. I. Stratigrafiya i ostrakody Brestskoi vpadiny : avtoref. dis. … kand. geol.-mineral. nauk : 04.00.09 / Moiseeva Tatyana Ivanovna. –Vil'nyus, 1974. – 24 s.

33. Piskun, L. V. Palinologicheskaya kharakteristika siluriiskikh otlozhenii Brestskoi vpadiny / L. V. Piskun // Mikrofossilii SSSR. – Novosibirsk, 1974. – S. 30–36.

34. Piskun, L. V. Akritarkhi ordovika i silura Brestskoi vpadiny i ikh stratigraficheskoe znachenie / L. V. Piskun : avtoref. dis. … kand. geol.-mineral. nauk : 04.00.09. – Tallin, 1975. – 45 s.

35. Pushkin, V. I. O rode *Medipora* Trizna i ego novykh predstavitelyakh iz verkhnego silura Belorussii i Latvii / V. I. Pushkin // Zhizn' Zemli. Sbornik Muzeya zemlevedeniya MGU. – M., 1975. – Vyp. 11. – S. 113–120.

36. Pushkin, V. I. Kompleksy mshanok iz otlozhenii ordovika i silura Brestskoi vpadiny i ikh paleogeograficheskoe znachenie / V. I. Pushkin // Voprosy geologii, geokhimii i geofiziki zemnoi kory Belorussii. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1975. – S. 155–161.

37. Tsegel'nyuk, P. D. Pozdnesiluriiskie i rennedevonskie monograptidy yugo-zapadnoi okrainy Vostochno-Yevropeiskoi platformy / P. D. Tsegel'nyuk // Paleontologiya i stratigrafiya verkhnego dokembriya i nizhnego paleozoya yugo-zapada Vostochno-Yevropeiskoi platformy. – Kiev : Nauk. dumka, 1976. – S. 91–133.

38. Pushkin, V. I. Rod *Callocladia* (Bryozoa) i ego novye vidy iz nizhnego paleozoya Belorussii / V. I. Pushkin // Paleontologicheskii zhurnal. – 1976. – № 1. – S. 67–73.

39. Przhidol'skie mshanki SSSR / V. I. Pushkin, L. V. Nekhorosheva, G. V. Kopaevich, A. M. Yaroshinskaya. – M. : Nauka, 1990. – 125 s.

40. Pushkin, V. I. Novye vidy mshanok iz ordovika i silura Brestskoi vpadiny / V. I. Pushkin // Novye vidy iskopaemykh zhivotnykh i rastenii Belorussii. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1976. – S. 6–40.

41. Moiseeva, T. I. Nekotorye novye vidy ostrakod iz verkhnego silura Brestskoi vpadiny / T. I. Moiseeva // Novye vidy iskopaemykh zhivotnykh i rastenii Belorussii. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1976. – S. 41–45.

42. Piskun, L. V. Novye vidy akritarkh iz ordovikskikh i siluriiskikh otlozhenii Brestskoi vpadiny / L. V. Piskun // Novye vidy iskopaemykh zhivotnykh i rastenii Belorussii. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1976. – S. 100–108.

43. Moiseeva, T. I. O sopostavlenii siluriiskikh otlozhenii Brestskoi vpadiny, Pribaltiki i Podolii / T. I. Moiseeva // Novye dannye po geologii BSSR. – Mn. : BelNIGRI, 1977. – S. 20–28.

44. Fatsii i fauna silura Pribaltiki / Otv. red. D. L. Kal'o. – Tallin : AN ESSR, 1977. – 286 s.

45. Stratigraficheskie i paleontologicheskie issledovaniya v Belorussii / Pod red. V. K. Golubtsova. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1978. – 248 s.

46. Kruchek, S. A. Konodonty / S. A. Kruchek // Stratigraficheskie i paleontologicheskie issledovaniya v Belorussii. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1978. – S. 61–64.

47. Walliser, O. H. Conodonten des Silurs / O. H. Walliser. – Abhandlungen des Hessischen Landesamtes. – 1964. – Bodenforsch 41. – S. 1–106.

48. Saladzhyus, V. Yu. Konodonty llandoveriiskikh (nizhnesiluriiskikh) otlozhenii Litvy / V. Yu. Saladzhyus // Fauna i stratigrafiya paleozoya i mezozoya Pribaltiki i Belorussii. – Vil'nyus : Mintis, 1975. – S. 219–226.

49. Saladzhyus, V. Yu. Pervye nakhodki konodontov v otlozheniyakh dauntonskogo yarusa yuzhnoi Pribaltiki / V. Yu. Saladzhyus // Materialy tret'ei nauch. konf. molodykh geologov Belorussii. – Mn., 1969. – S. 31–33.

50. Pushkin, V. I. Mshanki / V. I. Pushkin // Stratigraficheskie i paleontologicheskie issledovaniya v Belorussii. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1978. – S. 72–78.

51. Astrova, G. G. Mshanki borshchovskogo i chortkovskogo gorizontov Podolii / G. G. Astrova // Trudy Paleontologicheskogo instituta AN SSSR. – 1964. – T. XCVIII. – 51 s.

52. Pushkin, V. I. Siluriiskaya sistema / V. I. Pushkin // Stratigraficheskie i paleontologicheskie issledovaniya v Belorussii. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1978. – S. 126–127.

53. Piskun, L. V. Zakonomernosti rasprostraneniya akritarkh v siluriiskikh otlozheniyakh Brestskoi vpadiny v zavisimosti ot fatsial'no-geokhimicheskikh uslovii / L. V. Piskun, P. D. Zhukov, T. I. Moiseeva // Novoe v stratigrafii, tektonike i chetvertichnoi geologii Belorussii. – Mn. : Bel. nauch.-issled. geologorazvedoch. in-t, 1979. – S. 3–11.

54. Stratigraficheskaya skhema Siluriiskikh otlozhenij Belorussii / V. I. Pushkin, G. V. Zinovenko, T. I. Moiseeva, V. F. Ropot // Materialy po stratigrafii Belorussii (k Mezhvedomstvennomu stratigraficheskomu soveshchaniyu). – Mn. : Nauka i tekhnika, 1981. – S. 41–46.

55. Resheniya Mezhvedomstvennogo regional'nogo stratigraficheskogo soveshchaniya po razrabotke unifitsirovannykh stratigraficheskikh skhem Belorussii, 1981 g. (s unifitsirovannymi stratigraficheskimi korrelyatsionnymi tablitsami). – L. : Izd-vo VSEGEI, 1983. – 134 s.

56. Paleotektonika Belorussii / Pod red. akad. AN BSSR R. G. Garetskogo. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1983. – 182 s.

57. Svidravichene, N. V. Siluriiskaya sistema / N. V. Svidravichene, P. P. Lapinskas, V. I. Pushkin // Geologicheskaya karta SSSR. – 1 : 1 000 000, 100 km v 1 sm (novaya seriya). Ob'yasnitel'naya zapiska. List N-(34), (35). – Vil'nyus ; L., 1986. – S. 43–53.

58. Abushik, A. F. Siluriiskie flipsuridy i konvergentnye vidy longiskulid (Ostracoda) Ukrainy i Belorussii / A. F. Abushik, T. I. Moiseeva // Novye i maloizvestnye vidy iskopaemykh zhivotnykh i rastenij Belorussii. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1986. – S. 22–33.

59. Zotov, V. M. Fauna tselenterat paleozoya Belorussii / V. M. Zotov // Paleontologiya i ee rol' v poznanii geologicheskogo stroeniya territorii Belorussii. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1986. – C. 63–65.

60. Zinovenko, G. V. Baltijiko-Pridnestrovskaya zona perikratonnykh opuskanij / G. V. Zinovenko ; pod red. R. G. Garetskogo. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1986. – 215 s.

61. Modzalevskaya, T. L. Korrelyatsiya graptolitovykh i brakhiopodovykh zon silura belorusskoi chasti Podlyassko-Brestskoj vpadiny / T. L. Modzalevskaya, I. Yu. Pashkevichyus, V. I. Pushkin // Graptolity v istorii Zemli : tez. dokl. V simp. po izucheniyu graptolitov v SSSR. – Vil'nyus, 1988. – S. 21–26.

62. Pashkevichyus, I. Yu. Ludlovskie graptolitovye zony belorusskoi chasti Podlyassko-Brestskoi vpadiny // I. Yu. Pashkevichyus, V. I. Pushkin // Graptolity v istorii Zemli : tez. dokl. V simp. po izucheniyu graptolitov v SSSR. – Vil'nyus, 1988. – S. 36–43.

63. Pushkin, V. I. Korrelyatsiya siluriiskikh otlozhenii belorusskoi i pol'skoi chastei Podlyassko-Brestskoi vpadiny / V. I. Pushkin, I. Yu. Pashkevichyus // Graptolity v istorii Zemli : tez. dokl. V simp. po izucheniyu graptolitov v SSSR. – Vil'nyus, 1988. – S. 43–48.

64. Abushik, A. F. Biostratigrafiya siluriiskikh otlozhenii Brestskoi vpadiny po ostrakodam / A. F. Abushik, T. I. Moiseeva // Geologiya platformennogo chekhla Belorussii. – Mn. : BelNIGRI, 1989. – S. 82–97.

65. Pushkin, V. I. Detalizatsiya stratigraficheskoi skhemy silura belorusskoi chasti Podlyassko-Brestskoi vpadiny / V. I. Pushkin, V. F. Ropot // Doklady AN BSSR, 1989. – T. XXXIII, № 11. – S. 1021–1024.

66. Piskun, L. V. Akritarkhi iz verkhnesiluriiskikh i nizhnedevonskikh otlozhenii Belorussii / L. V. Piskun // Novye predstaviteli iskopaemoj fauny i flory Belorussii i drugikh rajonov SSSR. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1990. – S. 34–50.

67. Ekostratigrafiya: rezul’taty issledovanij siluriiskikh otlozhenii belorusskoi chasti Podlyassko-Brestskoi vpadiny / V. I. Pushkin [i dr.] ; pod red. A. S. Makhnacha. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1991. – 48 s.

68. Kruchek, S. Vertebrate microremains from the Lower Devonian (Lochkovian) deposits of Belarus / S. Kruchek, J. Valiukevičius, T. Märss // The Third Baltic Stratigraphical Conference (Abstracts). – Tartu, 1996. – P. 34.

69. Golubtsov, V. K. Stratigrafiya osadochnogo chekhla zapada Vostochno-Yevropeiskoi platformy / V. K. Golubtsov // Geologiya i neftegazonosnost’ zapada Vostochno-Yevropejskoi platformy : k 70-letiyu BelNIGRI. – Mn. : Bel. navuka, 1997. – S. 41–104.

70. Modzalevskaya, T. L. Brakhiopody Belorussii na venloksko-ludlovskom rubezhe / T. L. Modzalevskaya // Voprosy paleontologii : mezhvuz. sb. / Pod red. D. L. Stepanenko, G. N. Kiseleva. – SPb. : Izd-vo SPbGU, 1999. – T. XI. – S. 111–118.

71. Pushkin, V. I. Silurian and Lower Devonian brachiopod and bryozoan communities of southwestern Byelorussia / V. I. Pushkin, T. L. Modzalevskaya // Palaeocommunities: A Case Study from the Silurian and Lower Devonian. – Cambridge : Cambridge University Press, 1999. – P. 496–509.

72. Pushkin, V. I. Siluriiskaya sistema / V. I. Pushkin // Geologiya Belarusi / Pod red. A. S. Makhnacha [i dr.] – Mn. : In-t geol. nauk NAN Belarusi, 2001. – S. 171–186.

73. Pushkin, V. I. Siluriiskaya sistema / V. I. Pushkin // Osnovy geologii Belarusi / Pod obshch. red. A. S. Makhnacha, R. G. Garetskogo, A. V. Matveeva, Ya. I. Anoshko. – Mn. : In-t geol. nauk NAN Belarusi, 2004. – S. 102–108.

74. Pushkin, V. I. Stratigraficheskaya skhema siluriiskikh otlozhenii Belarusi / V. I. Pushkin // Litasfera. – 2005. – № 1 (22). – S. 62–68.

75. Pushkin, V. I. Siluriiskaya sistema / V. I. Pushkin // Stratigraficheskie skhemy dokembrijskikh i fanerozoiskikh otlozhenii Belarusi : ob’yasn. zap. – Mn. : GP «BelNIGRI», 2010. – S. 93–98 (so stratigraficheskoi skhemoi siluriiskikh otlozhenii Belarusi (1 list)).

76. Pushkin, V. I. Silur Belarusi (stratigrafo-paleontologicheskie issledovaniya) / V. I. Pushkin // Litasfera. – 2007. – № 1 (26). – S. 14–28.

77. Abushik, A. F. Silurijikie i rannedevonskie brakhiopody i ostrakody Belarusi / A. F. Abushik, T. L. Modzalevskaya, T. I. Moiseeva. – SPb. : Izd-vo VSEGEI, 2007. – 126 s.

78. K voprosu o devonskikh otlozheniyakh severo-zapadnoi chasti Belorusskoi anteklizy / S. A. Kruchek, N. D. Mikhailov, D. P. Plaks, V. Yu. Obukhovskaya // Problemy regional’noi geologii Belarusi : IV Universitet. geol. chteniya, posvyashch. 15-letiyu kaf. dinamicheskoj geologii BGU, Minsk, 2–3 apr. 2010 g. ; redkol.: E. A. Vysotskii [i dr.]. – Mn. : BGU, 2010. – S. 42–44.

79. Plaks, D. P. Pozvonochnye silura Belarusi / D. P. Plaks // Evolyutsiya organicheskogo mira i bioticheskie krizisy : materialy LVI sessii Paleontol. o-va pri RAN, Sankt-Peterburg, 6–10 apr. 2010 g. – SPb., 2010. – S. 130–131.

80. Plax, D. P. Thelodonts (Agnatha) from the Lower Silurian (Wenlock) deposits of the northwest of Belarus / D. P. Plax, T. Märss // Litasfera. – 2011. – № 1(34). – P. 69–81.

81. Plaks, D. P. O nakhodkakh agnat i ryb v siluriiskikh otlozheniyakh Podlyassko-Brestskoi vpadiny (Belarus’) / D. P. Plaks // Aktual’nye problem sovremennoi geologii, geokhimii i geografii : materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Brest, 28–30 sent. 2011 g. : v 2 ch. / Brests. gos. un-t ; redkol.: M. A. Bogdasarov [i dr.]. – 2011. – Ch. 1 : Geologiya, geokhimiya. – S. 159–161.

82. Litologo-stratigraficheskaya kharakteristika domelovykh otlozhenii platformennogo chekhla yugo-zapadnoi Belarusi (po rezul’tatam izucheniya skvazhiny Komarovka 91z/10) / D. P. Plaks, O. F. Kuz’menkova [i dr.] // Litasfera. – 2012. – № 2 (37). – S. 3–21.

83. Makhnach, A. A. Kratkii ocherk geologii Belarusi i smezhnykh territorij / A. A. Makhnach. – Mn. : Bel. navuka, 2014. – 190 s.

84. Kruchek, S. A. O siluriiskikh otlozheniyakh Ostrovetskoi ploshchadki severo-zapadnoi chasti Belorusskoi anteklizy / S. A. Kruchek, D. P. Plaks, V. Yu. Obukhovskaya // Litasfera. – 2014. – № 2 (41). – S. 27–39.

85. Kruchek S. A. K voprosu o siluriiskikh otlozheniyakh Ostrovetskoi ploshchadki Belorusskoi AES / S. A. Kruchek, D. P. Plaks, V. Yu. Obukhovskaya // Sovremennoe sostoyanie i aktual’nye napravleniya geologicheskogo izucheniya i kompleksnogo osvoeniya resursov nedr stran SNG : Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v ramkakh XVII sessii Mezhpravitel’stvennogo soveta stran

Sodruzhestva Nezavisimykh Gosudarstv po razvedke, ispol'zovaniyu i okhrane nedr. – Mn. : Resp. unitar. predpriyatie «Nauchno-proizvodstvennyj tsentr po geologii», 2014. – S. 53–61.

86. Plaks, D. P. Novye mestnye stratigraficheskie podrazdeleniya verkhnego silura i srednego devona severo-zapadnoi chasti Belorusskoi anteklizy / D. P. Plaks, S. A. Kruchek, V. Yu. Obukhovskaya // Litasfera. – 2016. – № 1 (44). – S. 3– 25.

87. Plaks, Dz. P. Ab znakhodkakh reshtkau paleazoiskai ikhtyyafauny na terytoryi Belarusi / Dz. P. Plaks // Vestnik BarGU. Seriya: Biologicheskie nauki. Sel'skokhozyaistvennye nauki. – 2017. – № 5. – S. 54–64.

88. Plax, D. P. First findings of the redeposited Silurian ichthyofauna in the Quaternary deposits of Belarus / D. P. Plax, Yu. V. Zaika // Materialy 15-i Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu, ekonomike» : v 4 t. ; red. kol.: B. M. Khrustalev, F. A. Romanyuk, A. S. Kalinichenko. – Mn. : BNTU, 2017. – T. 3. – S. 232.

89. Plax, D. P. On the redeposited Silurian ichthyofauna remains in the Quaternary deposits of Belarus / D. P. Plax // Natural resources. – 2019. – № 2. – P. 34–45.

90. Gel'mersen, G. A. Geognosticheskoe issledovanie devonskoj polosy srednej Rossii ot reki Zapadnoj Dviny do r. Voronezha / G. A. Gel'mersen // Zapiski imperatorskogo russkogo geograficheskogo obshchestva. – 1856. – Kn. XI. – S. 3–59.

91. Antonovich, M. A. Geognosticheskii ocherk beregov Zapadnoi Dviny v predelakh Vitebskoi gubernii / M. A. Antonovich // Gornyi zhurnal. – 1873. – T. 2, № 4. – S. 55–87.

92. Gel'mersen, G. A. Otchet o geologicheskikh issledovaniyakh i razvedkakh, proizvedennykh s 1872 do 1876 goda v guberniyakh Grodnenskoi i Kurlyandskoi dlya izucheniya vstrechayushchikhsya v nikh mestorozhdenii mineral'nogo topliva / G. A. Gel'mersen // Gornyi zhurnal. – 1880. – T. 1, № 2. – S. 182–239.

93. Plaks, D. P. Stratigraficheskoe rasprostranenie ostatkov ikhtiofauny v siluriiskikh otlozheniyakh Belarusi / D. P. Plaks // Aktual'nye problem nauk o Zemle: ispol'zovanie prirodnykh resursov i sokhranenie okruzhayushchei sredy : sb. materialov V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Brest, 27–29 sent. 2021 g. : v 2 ch. / In-t prirodopol'zovaniya NAN Belarusi, Brest. gos. un-t im. A. S. Pushkina, Brest. gos. tekhn. un-t ; redkol.: S. A. Lysenko, M. A. Bogdasarov, A. A. Volchek. – Brest : BrGU, 2021. – Ch. 1. – S. 121–124.

94. Zaika, Yu. V. Alakhtonnyya vykapnevyya reshtki u adkladakh verkhnyaga kainazoya Belarusi. Papyaredniya vyniki vyvuchennya. Chastka I: nizhni paleazoi / Yu. V. Zaika // Vestnik BarGU. Seriya: Biologicheskie nauki. Sel'skokhozyaistvennye nauki. – 2023. – № 1 (13). – S. 4–22.

95. Basse, M. The Proetinae (Trilobita) of the German Silurian. 1. *Plesiowensus, Signatoproetus* n.g., and *Pulcherproetus* / M. Basse, F. Schöning // Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. – 2023. – Abhandlung 309/3. – 2023. – P. 209–254.

96. Plax, D. P. Přidolian ichthyofauna of Belarus / D. P. Plax // Litasfera. – 2023. – № 1 (58). – P. 26–47.

97. Plaks, D. P. Ikhtiofauna iz przhidol'skikh otlozhenii skvazhiny Kustinskaya 1-op (Podlyassko-Brestskaya vpadina, Belarus') / D. P. Plaks // Fundamental'nye osnovy paleontologii: teoriya i praktika : Materialy LXXI sessii Paleontol. o-va pri RAN, Sankt-Peterburg, 7–11 apr. 2025 g. ; redkol.: M. A. Tkachenko [i dr.]. – SPb. : In-t Karpinskogo, 2025. – S. 243–244.

98. Stroenie platformennogo chekhla v razreze skvazhiny Kobrin 1k (Podlyassko-Brestskaya vpadina, Belarus') / O. F. Kuz'menkova, G. D. Strel'tsova, T. V. Voskobojnikova [i dr.] // Litasfera. – 2025. – № 1 (62). – S. 27–45.

99. Plaks, D. P. Silurijskie otlozheniya territorii Belarusi / D. P. Plaks // Prirodopol'zovanie. – 2025. – № 2. – S. 131–145.

100. The ICS International Chronostratigraphic Chart 2024/12 / K. M. Cohen [et al.] // International Commission on Stratigraphy, IUGS. – URL: www.stratigraphy.org (date of access: 03.02.2026).

101. Obshchaya stratigraficheskaya shkala // Mezhvedomstvennyi stratigraficheskii komitet Rossii (MSK). – 2024. – URL: https://karpinskyinstitute.ru/info/str_scale-03-24.pdf (data obrashcheniya: 03.02.2026).

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 17.02.2026

УДК 551.793 + 551.89 [476.4] DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-140-152

Татьяна Борисовна Рылова
д-р геол.-минерал. наук, доц.,
гл. науч. сотрудник лаб. современной геодинамики и палеогеографии
Института природопользования Национальной академии наук Беларуси
Tatyana Rylova
Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor,
Chief Researcher of Laboratory of Modern Geodynamics and Paleogeography
of Institute for Nature management of the National Academy of Sciences of Belarus
e-mail: rylova_tatyana18@mail.ru

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БЕЛОВЕЖСКОГО ВОЗРАСТА ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, ВСКРЫТЫХ СКВ. МГ-2 У Д. ГОЛУБОВКА В МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлены результаты палинологических исследований плейстоценовых отложений, вскрытых скв. МГ-2 у д. Голубовка Белыничского района Могилевской области, обоснована их принадлежность борковскому и нижнинскому подгоризонтам беловежского горизонта плейстоцена Беларуси. Формирование данных отложений происходило в течение начальных фаз, большей части климатического оптимума и заключительных фаз борковского интервала, а также на протяжении последующего нижнинского холодного интервала беловежского времени. Выполнены реконструкции соответствующих фаз развития растительности.

Ключевые слова: *палинологический анализ, палиностратиграфия, беловежский горизонт, борковский подгоризонт, нижнинский подгоризонт, растительность, климат, беловежское время, плейстоцен, Беларусь.*

Palynological Substantiation of the Belovezhian Age of Pleistocene Deposits Exposed by Borehole MG-2 near the Village of Golubovka in the Mogilev Region

The article presents the results of palynological researches of Pleistocene deposits exposed by borehole MG-2 near the village of Golubovka, Belynichi district, Mogilev region. Their belonging to the Borkovian and Nizhninian subhorizons of the Belovezhian horizon of the Pleistocene of Belarus was substantiated. The formation of these deposits occurred during the initial phases, most of the climatic optimum and final phases of the Borkovian interval and the subsequent Nizhninian cold interval of the Belovezhian time. Reconstructions of the corresponding phases of vegetation development has been performed.

Key words: *palynological analysis, palynostratigraphy, Belovezhian horizon, Borkovian subhorizon, Nizhninian subhorizon, vegetation, climate, Belovezhian time, Pleistocene, Belarus.*

Введение

На территории Беларуси в Могилевской области в настоящее время известно около десятка местонахождений беловежского горизонта, изученных палинологическим методом [1]: Углы, скв. 21 [2], Бобруйск, скв. 132 и 40 [3], Могилев, скв. 21Ф и 24Ф [4], Черенки, скв. 2Р и 4Р [5], Шилов Угол, скв. 21.2 [6] и др.

В 1996–1997 гг. при изучении керна скважин, пробуренных Вилейско-Свислочской партией ПО «Белгеология» в Белыничском районе Могилевской области, в нескольких из них были обнаружены межледниковые отложения. Последующее их изучение по скважинам Бл-14, Бл-32 и МГ-2 позволило Ф. Ю. Величкевичу обосновать беловежский возраст выявленной в них ископаемой семенной флоры [7].

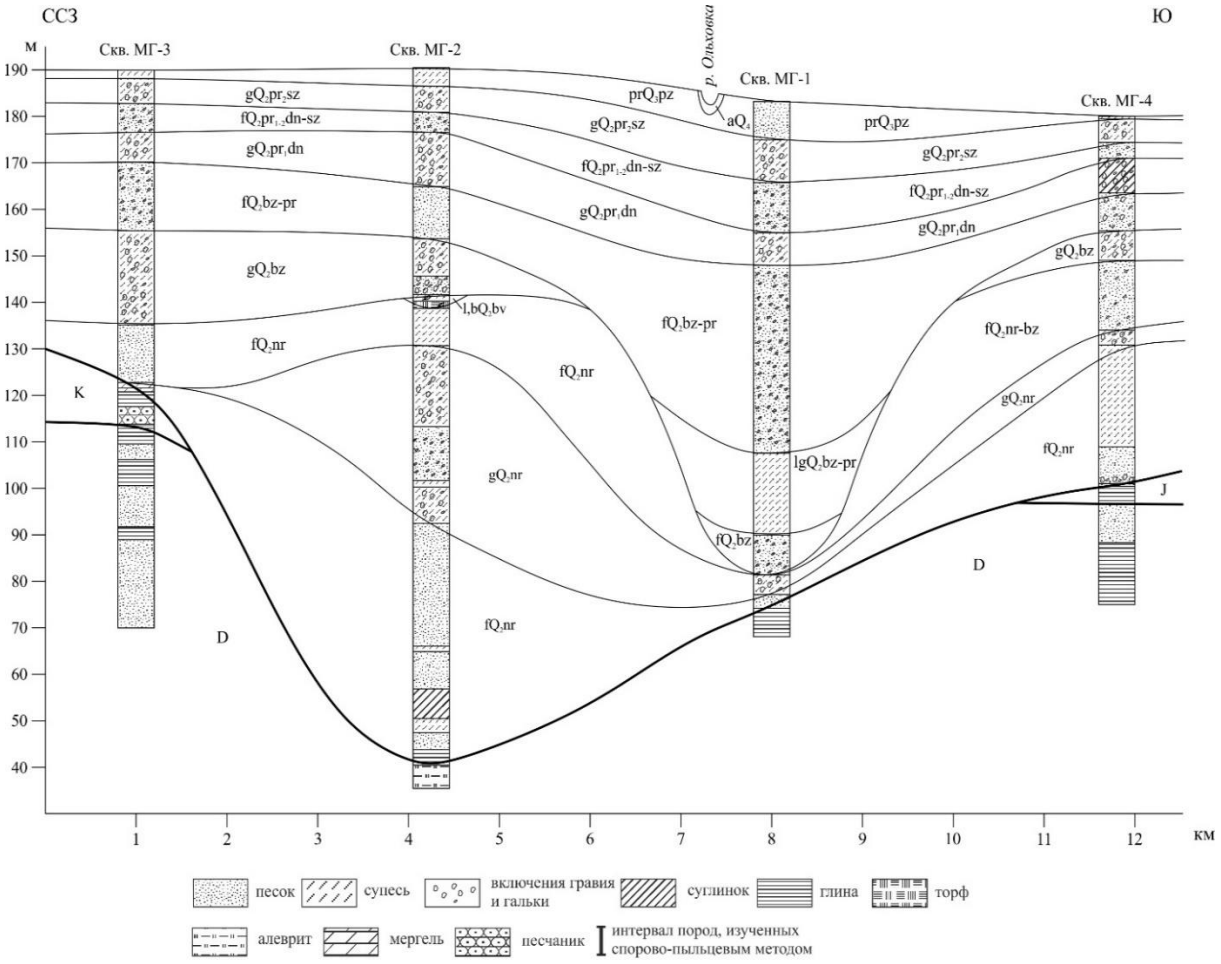
Плейстоценовые отложения, вскрытые скважиной МГ-2, изучены и методом спорово-пыльцевого анализа. В результате исследований определен их беловежский возраст, палинологические данные, однако, не опубликованы. Соответствующие материалы приведены в настоящей статье.

Материал и методы исследования

Скважина МГ-2 была пробурена на западной окраине д. Голубовка Белыничского района Могилевской области. Согласно геологическому описанию разреза, выполненному Т. Ф. Заугольником, скважиной вскрыты следующие отложения:

№	Отложения	Глубина, м
1	Почвенно-растительный слой	0,0 – 0,3
2	Супесь палево-серая, внизу бурая, пятнистая, тонкая, пылеватая, легкая, лессовидная	0,3 – 4,0
3	Супесь бурая, плотная, моренная, с гравием, галькой, единичными валунами	4,0 – 9,6
4	Песок бурый разнозернистый, преимущественно мелко- и крупнозернистый, с гравием, галькой, слабоглинистый	9,6 – 13,9
5	Супесь буро-серая, плотная, грубая, с гравием и галькой и единичными валунами	13,9 – 25,6
6	Песок бурый, разнозернистый, преимущественно мелкозернистый, в верхней части гравелистый, плотный	25,6 – 36,8
7	Супесь серая, грубая, плотная, моренная, с гравием и галькой	36,8 – 44,8
8	Песчано-гравийная порода с примесью гальки серая, глинистая, состоит из песка разнозернистого, гравия и гальки крепких пород	44,8 – 48,8
9	Супесь серая, темно-серая до черной, с прослоями более светлой и черной супеси, легкая, с вивианитом, с редкими включениями древесных остатков, местами запесоченная, слабо гумусированная	48,8 – 50,2
10	Торф осоково-гипновый серовато-коричневый, легкий, плотный, слабо разложившийся, спрессованный, с включением спрессованной древесины, горизонтально тонкослоистый	50,2 – 51,0
11	Гиттия плотная серая, с небольшим количеством органики, в конце слоя – обуренный ствол древесины, тонкорасслоенный на пластинки	51,0 – 51,8
12	Супесь серая, легкая, без видимой слоистости, озерного типа, пятнами гумусированная, с вивианитом, редкими растительными остатками	51,8 – 58,2
13	Суглинок серый, плотный, без слоистости, местами опесчаненный	58,2 – 58,8
14	Супесь буро-серая, плотная, грубая, моренная, с гравием и галькой, в интервале 71,2 – 74,4 м – песок (по каротажу)	58,8 – 77,2
15	Песок серый, разнозернистый, преимущественно мелко- и среднезернистый, пылеватый, с гравием и галькой	77,2 – 88,8
16	Супесь серая, тонкая, легкая, ленточная, горизонтально тонкослоистая, озерная	88,8 – 90,2
17	Супесь серая, плотная, грубая, моренная, с гравием и галькой, единичными валунами	90,2 – 98,0
18	Песок серый, тонкозернистый, пылеватый, неплотный	98,0 – 124,4
19	Супесь серая, тонкая, плотная, легкая, горизонтально слоистая	124,4 – 125,6
20	Песок серый, мелкозернистый, плотный, пылеватый	125,6 – 133,6
21	Суглинок светло-зеленовато-серый, тонкий, легкий, горизонтально слоистый, озерный	133,6 – 140,0
22	Супесь серая, тонкая, легкая, пылеватая, песчанистая, плотная, горизонтально слоистая	140,0–143,0
23	Песок (по каротажу)	143,0 – 146,7
24	Глина пестроцветная, бурая, зеленоватая, сероватая, плотная, горизонтально слоистая	146,7–150,0
25	Алевролит зеленовато-серый, плотный, тонко слоистый, горизонтально слоистый	150,0 – 155,0

Условия залегания беловежских отложений в скважине МГ-2 у д. Голубовка показаны на схематическом геологическом профиле по линии д. Вишов – д. Дубинка (рисунок 1), составленном А. В. Шидловской по материалам, полученным в результате бурения поисковых скважин МГ-1 у д. Песчанка, МГ-2 у д. Голубовка, МГ-3 у д. Вишов, МГ-4 у д. Дубинка Белыничского района Могилевской области. Согласно приведенным данным, четвертичная толща сложена моренными и флювиогляциальными отложениями трех ледниковых горизонтов – наревского, березинского и припятского (днепровская и сожская стадии), а также лессовидными породами поозерского горизонта. В скв. МГ-1 прослежена палеоложбина, образовавшаяся во время отступания березинского ледника. Беловежские отложения, вскрытые в скв. МГ-2, образуют небольшую линзу, залегающую поверх наревских водно-ледниковых отложений и перекрытую березинской мореной [8].



Генетические типы четвертичных отложений: a – аллювиальные; pr – лессовидные; l – озерные; b – болотные; g – ледниковые; f – флювиогляциальные; lg – лимногляциальные.
Стратиграфические индексы: Q_4 – голоцен; Q_3 – верхний плейстоцен; Q_2 – средний плейстоцен; pz – поозерский горизонт; pr_2sz – сожский подгоризонт припятского горизонта; $pr_{1-2}dn–sz$ – нерасчлененные отложения днепровского и сожского подгоризонтов припятского горизонта; pr_1dn – днепровский подгоризонт припятского горизонта; bz–pr – нерасчлененные отложения припятского и березинского горизонтов; bz – березинский горизонт; bv – беловежский горизонт; nr – наревский горизонт; J – юрская система; K – меловая система; D – девонская система.

Рисунок 1 – Схематический геологический профиль по линии д. Вишов – д. Дубинка (составила А. В. Шидловская [8])

Для палинологического анализа из толщи гумусированных и оторфованных супесей в интервале 48,95 – 58,8 м были отобраны 46 образцов, по результатам исследования которых получена спорово-пыльцевая диаграмма, построение которой выпол-

нено с использованием компьютерной программы POLPAL [9]. Вычисление процентного содержания пыльцы каждого таксона древесных, кустарниковых и травянистых наземных растений производилось от суммы AP + NAP (AP – arborum pollen; NAP – non-arborum pollen), а таксонов водных растений и спор – от суммы AP + NAP + подсчитываемый таксон. На диаграмме показаны локальные пыльцевые зоны – L PAZ (local pollen assemblage zones), выделенные на основании таксономического состава пыльцевых спектров и количественного содержания отдельных таксонов. Локальные зоны по их определенной последовательности и характерным особенностям сопоставлены с соответствующими региональными пыльцевыми зонами, выделенными в отложениях наревского, борковского и нижнинского подгоризонтов беловежского горизонта плейстоцена Беларуси [1; 10–14]. Таксономический состав спектров и количественное содержание пыльцы отдельных таксонов в каждой локальной зоне явились основой для реконструкции последовательных фаз развития растительности в регионе исследований на протяжении изученного интервала среднего плейстоцена.

Результаты и их обсуждение

На спорово-пыльцевой диаграмме (рисунок 2), построенной по результатам изучения плейстоценовых отложений, вскрытых в интервале 48,95 – 58,55 м, выделены 10 локальных пыльцевых зон (L PAZ) – Gb-1 – Gb-10 (Gb – Голубовка), детальная характеристика которых позволяет обосновать возраст изученных отложений.

Gb-1 L PAZ (глубина – 58,10 – 58,55 м): нижняя пыльцевая зона, характеризуется спорово-пыльцевым спектром одного образца, взятого из отложений суглинка серого, плотного, без слоистости, местами запесоченного. В общем составе здесь доминирует пыльца травянистых растений – 62 %. Среди пыльцы трав господствует *Artemisia* – 49,1 %, в меньшем числе представлена Chenopodiaceae – 10 %, в количестве до 1 % встречены пыльцевые зерна Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Apiaceae, Ranunculaceae (в т. ч. *Thalictrum),* Cichoriaceae, Brassicaceae, Polygonaceae, а из водных – Alismataceae. Из спор единично присутствуют Bryales, *Sphagnum,* Polypodiaceae.

На долю пыльцы древесных пород приходится лишь 38 %. Они представлены в основном пыльцой *Betula* (*Betula pendula* Roth., *B. pubescens* Ehrh.) – в сумме 16,7 %, *Betula nana* L. и *B. humilis* Schrank – в сумме 11,5 %, а также *Pinus* (*Pinus sylvestris* L., *P. cembra* L.) – 9,3 % и единично *Larix* sp. и *Salix* sp.

По составу спектров рассмотренная локальная зона отвечает пыльцевой зоне ***nr-f-1 NAP – Betula nana,*** выделенной в отложениях верхней части наревского горизонта [6; 11–13], и имеет наибольшее сходство с Ob/3-1 NAP – *Betula nana* L PAZ, представленной в разрезе Обухово Верхнедвинского района Витебской области [13]. В это время в регионе исследований существовали открытые безлесные пространства типа тундростепи, занятые преимущественно степными видами (полынями, маревыми, злаками, зонтичными, лютиковыми и др.). Изредка произрастали небольшие группировки из древесных видов берез (береза бородавчатая и береза пушистая), с участием сосны, в т. ч. кедровой. Местами селились тундровые виды (береза карликовая, береза приземистая, ива). Состав растительности указывает на холодный и сухой климат этого времени.

Последующие пыльцевые зоны ***Gb-2 – Gb-7*** выделены в интервале 51,8 – 58,2 м в отложениях, представленных супесью серой, легкой, без видимой слоистости, озерного типа, местами гумусированной, с вивианитом и редкими растительными остатками.

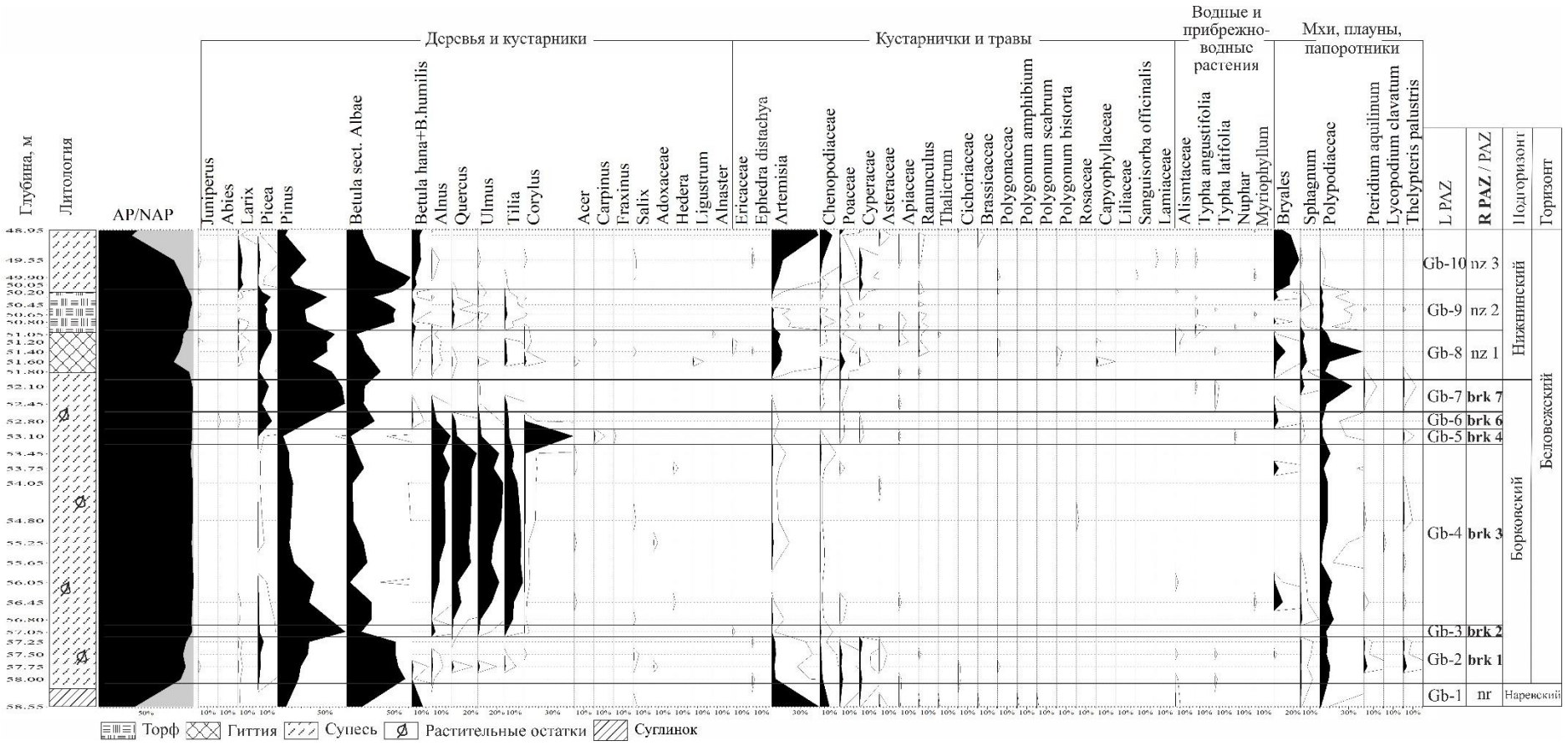


Рисунок 2 – Спорово-пыльцевая диаграмма плейстоценовых отложений, вскрытых скважиной МГ-2 у д. Голубовка Белыничского района Могилевской области (анализ выполнен Т. Б. Рыловой)

Gb-2 L PAZ (глубина – 57,15 – 58,10 м): в общем составе спектров резко возрастает содержание АР – 86,2 – 92 % и снижается участие NAP – 8 – 13,8 %. Древесные породы представлены в основном пыльцой *Betula* (*Betula pendula, B. pubescens*) – 51,5 – 61,4 %, пыльцевых зерен *Pinus* (*Pinus sylvestris*, единично – *P. cembra* L.) – до 33,6 %, *Picea abies* (L.) Karst. – до 6,3 %. Постоянно, но в небольшом количестве присутствует пыльца *Larix* sp., единично – *Juniperus communis* L., *Salix* sp., Adoxaceae, а из кустарничков – *Ephedra distachya* L. Участие пыльцы травянистых растений несущественно: *Artemisia* – 3–4 %, Poaceae – до 3,4 %, Chenopodiaceae – до 3 %, Cyperaceae – до 3,1 %, реже – Asteraceae, Cichoriaceae, Ranunculaceae, Polygonaceae. Из пыльцы водных и прибрежно-водных растений отмечены Alismataceae, *Typha latifolia* L. Среди спор представлены Polypodiaceae – до 10,6 %, *Pteridium aquilinum (*L.) Kuhn ex Decken, *Thelipteris palustris* Scott, *Sphagnum*.

Рассмотренная пыльцевая зона, судя по составу спорово-пыльцевых спектров, сопоставляется с региональной пыльцевой зоной ***brk 1 Betula – Larix – Picea,*** характеризующей отложения, сформировавшиеся в нижней части борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена на территории Беларуси [1; 10; 11].

На протяжении этого времени в исследуемом регионе произрастали хвойно-мелколиственные леса, в которых доминировали береза пушистая и береза бородавчатая. В составе хвойных пород присутствовали сосна обыкновенная, ель европейская, лиственница, можжевельник обыкновенный и др. Среди кустарничков отмечен хвойник двухколосковый. Роль травянистых растений была незначительной, чаще произрастали полыни, злаки, маревые, осоковые, астровые, реже – зонтичные, цикориевые, лютиковые, гречишные и др. Споровые растения были представлены в основном папоротниками – орляком обыкновенным и телиптерисом болотным и др., реже – сфагновыми мхами.

Gb-3 L PAZ (глубина – 56,9 – 57,15 м) выделена по спектру одного образца. Доминирует пыльца древесных пород – 98,1 %, которая принадлежит в основном *Pinus sylvestris* (71,5 %) и *Betula* sect. *Albae* (*Betula pendula, B. pubescens*) – 15,5 %; пыльцы *Picea abies* всего 2 %. Единично присутствует пыльца термофильных пород (*Quercus, Ulmus, Tilia* и др.). Среди пыльцы травянистых растений отмечены редкие представители Ericaceae, Chenopodiaceae, *Artemisia*, а из спор встречены только представители семейства Polypodiaceae.

Эта локальная пыльцевая зона соответствует ***brk 2 Pinus – Betula R PAZ*** – последующей зоне, выделенной в отложениях борковского подгоризонта беловежского горизонта, когда на территории исследований широко распространились хвойные (сосновые) и мелколиственно-хвойные леса с преобладанием сосны обыкновенной, участием березы бородавчатой и березы пушистой, а также незначительной примесью ели обыкновенной и некоторых термофильных пород.

Gb-4 L PAZ (глубина – 53,2 – 56,9 м) характеризуется абсолютным господством АР в общем составе спектров – до 99,7 %, среди которой в значительном количестве представлена пыльца термофильных древесных пород: *Quercus* (*Quercus robur* L., *Q. petraea* Liebl., *Q. pubescens* Willd.) – до 26,2 % , *Ulmus* (*Ulmus laevis* Pall., *U. minor* Mill., *U. glabra* Huds.) – до 26,5 %, *Tilia* (*Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop., *T. tomentosa* Moench) – до 19,4 % (это самое высокое содержание пыльцы *Tilia* по сравнению с другими разрезами борковского подгоризонта на территории Беларуси [1]). В небольшом количестве присутствует пыльца *Corylus avellana* L. – до 1,5 %. Единично отмечены *Acer campestre* L., *A. platanoides* L., *Hedera helix* L., *Adoxaceae.* Характерно появление значительного количества пыльцы *Alnus* (*Alnus incana* Moench, *A. glutinosa* (L.) Gaertn.) – до 19,3 %. Хвойные породы представлены в основном пыльцой *Pinus sylvestris*, содержание которой снижается снизу вверх по разрезу с 55,2 до 12,6 %,

а также незначительным количеством пыльцевых зерен *Picea abies* – до 1,8 %. Участие в спектрах пыльцы травянистых растений невелико, отмечены *Artemisia*, Chenopodiaceae, Poaceae, Asteraceae, Apiaceae, а из водных – Alismataceae и *Myriophyllum*. Среди спор постоянно присутствуют Polypodiaceae, изредка – Bryales, *Sphagnum, Pteridium aquilinum*, *Thelipteris palustris*, *Lycopodium clavatum* L.

Рассмотренная пыльцевая зона соответствует ***brk 3 Quercus – Ulmus R PAZ***, выделенной в отложениях борковского подгоризонта, и отвечает первой фазе климатического оптимума борковского интервала беловежского времени.

В районе исследований были распространены хвойно-широколиственные и широколиственные вязово-дубово-липовые леса, в которых липа, по-видимому, играла ведущую роль. Возможно, существовали и самостоятельные липовые леса. По пониженным и влажным участкам рельефа произрастали ольшаники. Напочвенный покров в основном слагали папоротники.

Gb-5 L PAZ (глубина – 52,9 – 53,2 м) представлена спектром одного образца, в его составе по-прежнему доминирует пыльца древесных пород (98,1 %). Эта локальная зона выделяется на основании выразительного максимума пыльцы *Corylus* (*Corylus avellana* L., *C. colurna* L.) – 41,8 %. Содержание пыльцы других термофильных пород заметно сокращается: *Quercus* – 5,6 %, *Tilia* – 5,3 %, *Ulmus* – 6 %, *Alnus* – 16,8 %, единично отмечена пыльца *Carpinus betulus* – 1 % и *Fraxinus* – 0,2 %. Пыльцы *Pinus sylvestris* – 13,5 %, *Betula* – 6,8 %. Участие в спектрах пыльцы травянистых растений и спор несущественно.

Данная пыльцевая зона отвечает лишь небольшому фрагменту ***brk 4 Quercus – Ulmus – Corylus R PAZ*** – последующей региональной пыльцевой зоны, выделенной в отложениях борковского подгоризонта беловежского горизонта, которая соответствует самой теплой фазе климатического оптимума, когда на данной территории произрастали широколиственные дубово-вязово-лещиновые леса. Значительное распространение имели ольховые заросли, занимавшие наиболее увлажненные участки.

Gb-6 L PAZ (глубина – 52,55 – 52,9 м) выделена по одному образцу, но состав спектра, резко отличный от предыдущего, указывает на наличие в данном интервале некоторого перерыва в осадконакоплении. В общем составе спектра по-прежнему преобладает пыльца древесных пород – 98,4 %, но в основном это пыльца хвойных: *Pinus sylvestris* – до 34,5 %, *Picea abies* – до 15 %, единично *Abies alba* Mill., *Larix* sp., а также *Betula* (*Betula pendula*, *B. pubescens*) – до 29 %. В небольшом количестве присутствует пыльца термофильных пород: *Quercus* – до 4 %, *Ulmus* – до 2,3 %, *Tilia* – до 4,7 %, *Corylus* – до 1,3 %, *Alnus* – 5,5 %. Пыльцевые зерна травянистых растений (*Artemisia*, Chenopodiaceae, Poaceae, Cyperaceae) единичны. Участие спор несущественно.

Состав спектра рассмотренной локальной зоны соответствует региональной пыльцевой зоне ***brk 6 R PAZ Pinus – Picea***, которая отвечает одной из заключительных фаз борковского интервала беловежского времени, отражающей распространение на территории исследований сосново-еловых лесов с участием березы, ольхи, изредка – пихты и лиственницы. Небольшую примесь могли создавать некоторые термофильные породы: дуб, вяз, липа и др. Характер растительности отражает существенное снижение теплообеспеченности территории.

Gb-7 L PAZ (глубина – 51,9 – 52,55 м) – состав спектров отличается значительным возрастанием содержания пыльцы *Pinus sylvestris* – до 71 %. Пыльцевых зерен *Picea abies* – до 11,8 %, *Betula* (*Betula pendula*, *B. pubescens*) – до 19 %. Пыльца термофильных пород отсутствует либо единична. Пыльцевые зерна травянистых растений (Chenopodiaceae, Poaceae, Apiaceae, Typhaceae) малочисленны. Среди спор преобладают Polypodiaceae (до 33,7 %), реже присутствуют *Sphagnum, Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. ex Decken, *Thelipteris palustris* Sphott.

Приведенный состав спектров указывает на соответствие данной зоны последующей региональной пыльцевой зоне ***brk 7 Pinus – Picea – Betula R PAZ,*** выделенной в отложениях борковского подгоризонта беловежского горизонта. На протяжении этой фазы в исследуемом регионе произрастали сосновые, сосново-еловые и мелколиственно-хвойные леса существенно обедненного таксономического состава (сосна обыкновенная, ель европейская, березы пушистая и бородавчатая), в напочвенном покрове преобладали папоротники, в их числе присутствовали орляк обыкновенный и телиптерис болотный. Полное исчезновение из состава флоры термофильных видов указывает на дальнейшее похолодание климата.

Gb-8 L PAZ (глубина – 51,0 – 51,9 м) выделена в слое гиттии плотной, серой, с небольшим количеством органики. Данная пыльцевая зона характеризуется заметными изменениями в составе спорово-пыльцевых спектров. Так, содержание пыльцы древесных пород сокращается до 74,8 % за счет возрастания доли пыльцы травянистых растений до 25,2 %. Древесные породы представлены преимущественно пыльцой *Pinus* (*Pinus sylvestris, P. cembra*) – до 60 %, *Picea* (*Picea abies, P. obovata* Ledeb.) – до 14,7 %, *Betula* (*Betula pubescens, B. pendula*) – до 35,8 %, реже *Betula nana* и *B. humilis* – до 3,5 %, регулярно отмечается пыльца *Larix* sp. (до 1,5 %), изредка *Juniperus communis, Alnaster fruticosus* (Rupr.) Ledeb., а также *Ephedra distachya* L. Следует отметить присутствие в спектрах незначительного числа пыльцевых зерен термофильных пород, которые, вероятно, являются переотложенными из залегающих ниже межледниковых отложений.

В составе пыльцы травянистых растений главная роль принадлежит *Artemisia* – до 13 %, в меньшем числе встречена пыльца Poaceae – до 6,8 %, реже присутствуют представители таких семейств, как Chenopodiaceae, Cyperaceae, Apiaceae, Ranunculaceae (в т. ч. *Thalictrum*), Polygonaceae (в т. ч. *Polygonum bistorta* L.), Caryophyllaceae и др. Из водных и прибрежно-водных трав отмечены Alismataceae, Typhaceae (*Typha latifolia, T. angustifolia*). Постоянно присутствуют споры Polypodiaceae – до 44,8 %, реже Bryales – до 12,3 %, *Sphagnum* – до 7 %.

Полученные палинологические данные свидетельствуют о том, что формирование соответствующих отложений происходило в эпоху существенного похолодания климата, и позволяют сопоставить указанные выше спорово-пыльцевые спектры с пыльцевой зоной ***nz 1 NAP – Larix – Betula***, выделенной в нижней части нижнинского подгоризонта беловежского горизонта [11–12; 14], хорошо представленной в обнажении Нижнинский Ров (расч. 0–18, зона VIII; расч. 2, зона VIII) [14]; расч. А, локальные зоны NR 10 – NR 11 [15]), в разрезе скв.1474 у д. Голицы Березовского района Брестской области (комплекс IV) [16] и др.

В рассматриваемый промежуток времени в районе исследований значительная часть территории представляла собой безлесные пространства, занятые травянистой растительностью, среди которой преобладали полыни, злаки, маревые, лютиковые (в т. ч. василистник), осоки, зонтичные, гречишные (в т. ч. горец змеиный), гвоздичные и др. Среди кустарничков присутствовал хвойник двухколосковый.

Лесная растительность была представлена сосново-еловыми и сосново-березовыми группировками, в состав которых входили ель европейская, ель сибирская, сосна обыкновенная, сосна кедровая, березы пушистая и бородавчатая, лиственница, можжевельник, ольховник кустарниковый, а в напочвенном покрове преобладали папоротники. На заболоченных местах произрастали сфагновые и зеленые мхи, селились карликовая и приземистая березки. Отсутствие сплошного лесного покрова, значительные территории, занятые травянистой и кустарничковой растительностью, с участием тундровых и лесотундровых элементов флоры, указывают на холодный климат этого времени, который может соответствовать началу ледниковой эпохи.

Gb-9 L PAZ (глубина – 50,15 – 51,9 м) – выделена из залегающего выше слоя торфа. В общем составе спектров происходят несомненные изменения: вновь значительно возрастает содержание пыльцы древесных пород – до 98 %, соответственно, сокращается роль пыльцы травянистых растений – 2,2 – 5,5 %. Среди пыльцы древесных пород доминирует *Betula* sect. *Albae* – до 51,4 % в нижней части интервала, а также *Pinus sylvestris* – до 51,9 % в верхней части. Постоянно присутствует пыльца *Picea abies* – до 13,8 %, *Larix* sp. – до 1,2 %, изредка *Juniperus communis*, а также *Betula humilis, B. nana*. В незначительном числе встречены пыльцевые зерна *Ulmus, Quercus, Tilia, Corylus.*

Среди пыльцы травянистых растений, участие которых резко сократилось, отмечены *Artemisia*, Chenopodiaceae, Poaceae, Cyperaceae, Apiaceae, Ranunculaceae, из водных и прибрежно-водных – Alismataceae, *Nuphar*, *Myriophyllum, Typha angustifolia, T. latifolia.* Изредка встречены споры Polypodiaceae, *Pteridium aquilinum, Thelipteris palustris, Sphagnum*, Bryales.

Данная пыльцевая зона, как видно из приведенного состава спектров, вполне может соответствовать зоне ***nz 2 Pinus – Picea – Betula*** – последующей пыльцевой зоне, выделенной в отложениях нижнинского подгоризонта [11–12, 14], которая представлена также в разрезах Нижнинского Рва (расч. 0–18, зона IX; расч. 2, зона IX) [14]; расч. А, локальные зоны NR-12 – NR-14 [15]; скв. 1474 у д. Голицы Березовского района (комплекс V) [16] и др.

В то время на территории исследований вновь распространились лесные формации – сосново-березовые и березово-сосновые леса с участием ели. Характер растительности отражает потепление климата интерстадиального ранга.

Gb-10 L PAZ (глубина – 48,95 – 50,15 м) – характеризуется новым существенным изменением состава спорово-пыльцевых спектров: содержание пыльцы травянистых растений возрастает до максимума – 65 %, соответственно сокращается участие в спектрах пыльцы древесных пород до 35 – 40,7 %.

Среди пыльцы травянистых растений господствует *Artemisia* – до 49,1 %, пыльцы Chenopodiaceae – до 13 %, Cyperaceae – до 3,7 %, Poaceae – до 4,4 %, реже присутствуют Asteraceae, Apiaceae, Ranunculaceae, Brassicaceae, Polygonaceae и др., а из водных и прибрежно-водных – Alismataceae, *Myriophyllum*, *Typha angustifolia*.

Древесные породы представлены в основном пыльцевыми зернами *Betula* (*Betula pubescens, B pendula*), количество которых снижается снизу вверх с 67,2 до 16,9 %, а также *Betula nana* и *B. humilis* – содержание которых заметно возрастает с 3,4 до 11 %. В меньшем числе присутствует пыльца *Pinus* (*Pinus sylvestris*, изредка *P. cembra*) – 8,6 – 30,4 %, *Larix* sp. – до 5,5 %, *Picea* – до 2,6 %, единично отмечены *Juniperus communis*, *Salix* sp., а из пыльцы кустарничков – *Ephedra distachya*. Среди спор доминируют Bryales – до 26,5 %, изредка встречены *Sphagnum* и Polypodiaceae.

Приведенные данные позволяют сопоставить рассмотренную зону с последующей пыльцевой зоной ***nz 3 NAP – Betula nana***, выделенной в отложениях нижнинского подгоризонта [11; 12; 14] беловежского горизонта и представленной в разрезах Нижнинский Ров (расч. 0–18, зона XI; расч. 2, зона XI) [14]; расч. А, локальные зоны NR 15 – NR 17 [15]); скв. 1474 у д. Голицы Березовского района (комплекс VI) [16] и др.

На территории исследований в это время существовали открытые безлесные пространства, занятые полынями, маревыми, осоковыми, злаками, зонтичными, лютиковыми и др. Пониженные, увлажненные места рельефа занимали зеленые и сфагновые мхи, произрастали береза карликовая и береза приземистая. Небольшие группировки лесной растительности создавали береза пушистая, береза бородавчатая и лиственница, в виде примеси присутствовали сосна обыкновенная, сосна кедровая, можжевельник обыкновенный, ива. Преобладание пространств, занятых травянистой растительностью,

в составе которой доминировали холодостойкие виды, указывает на распространение ландшафтов типа тундростепи, местами лесотундры в условиях холодных климатических условий, свойственных ледниковым эпохам.

Таким образом, данными палинологических исследований плейстоценовых отложений, вскрытых скв. МГ-2 у д. Голубовка на территории Белыничского района Могилевской области, обоснована их принадлежность к верхней части наревского горизонта, борковскому и нижнинскому подгоризонтам беловежского горизонта плейстоцена Беларуси. Показана последовательная смена растительных сообществ в связи с происходившими климатическими изменениями.

Заключение

В результате выполненных палинологических исследований определен возраст древнеозерных плейстоценовых отложений, вскрытых скв. МГ-2 у д. Голубовка Белыничского района Могилевской области.

Детальный анализ состава спектров выделенных по разрезу 10 локальных пыльцевых зон показал, что отложения, залегающие в интервале 48,95 – 58,55 м, относятся к верхней части наревского горизонта (Gb-1 L PAZ), а также борковскому (Gb-2 – Gb7 L PAZ) и нижнинскому (Gb-8 – Gb-10 L PAZ) подгоризонтам беловежского горизонта плейстоцена Беларуси.

Состав пыльцевых спектров в каждой локальной пыльцевой зоне послужил основой для реконструкции последовательных фаз развития растительности в исследуемом регионе на протяжении одного из заключительных этапов наревской ледниковой эпохи, а также борковского теплого и нижнинского холодного интервалов беловежского времени.

Для наревской ледниковой эпохи было характерно распространение открытых пространств типа тундростепи, с редкими группировками из древесных видов берез, местами с тундровыми видами (береза карликовая, береза приземистая, ивы).

Борковский этап отражает развитие лесных сообществ от сосново-березово-еловых лесов в начале межледниковья до широколиственных лесов богатого таксономического состава в климатическом оптимуме, а затем постепенное обеднение лесной растительности к концу межледниковья.

В нижнинское время отмечены два интервала с холодным климатом ледникового ранга, когда происходило существенное сокращение лесов и расширение открытых безлесных территорий. Эти интервалы были разделены потеплением интерстадиального типа, во время которого территорию вновь занимали сосново-березовые и березово-сосновые леса с елью и лиственницей, термофильные породы отсутствовали.

Представленные материалы свидетельствуют о некоторых противоречиях, возникающих при отнесении отложений, характеризующихся межледниковыми (борковский подгоризонт) и ледниковыми (нижнинский подгоризонт) флорами, к одному и тому же беловежскому горизонту, выделяемому в наревско-березинском интервале с подразделением его на три подгоризонта (борковский, нижнинский, могилевский) [11].

Более обоснованным представляется выделение указанных подгоризонтов в качестве самостоятельных горизонтов, как это предлагалось Л. Н. Вознячуком [17] и позднее было предложено при обсуждении проекта стратиграфической схемы четвертичных отложений Беларуси [18–21].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шидловская, А. В. Палиностратиграфия и условия формирования отложений наревского (верхняя часть) и беловежского (борковский подгоризонт) горизонтов плейстоцена Беларуси / А. В. Шидловская, Т. Б. Рылова // Літасфера. – 2023. – № 1 (58). – С. 77–98.

2. Махнач, Н. А. О самостоятельности московского оледенения на территории Белоруссии / Н. А. Махнач // Доклады АН БССР. – 1966. – Т. 10, № 1. – С. 37–41.

3. Рылова, Т. Б. Возраст и палеогеографические условия формирования плейстоценовых озерных отложений у г. Бобруйска / Т. Б. Рылова, Г. Г. Король, И. Е. Савченко // Доклады НАН Беларуси. – 2003. – Т. 47, № 5. – С. 88–93.

4. Рылова, Т. Б. Новые данные к стратиграфическому расчленению плейстоценовых отложений в районе г. Могилева / Т. Б. Рылова, А. К. Карабанов, И. Е. Савченко // Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений : материалы VIII Университет. геол. чтений, Минск, 3–4 апр. 2014 г. : в 2 ч. / редкол.: А. Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. – Мн. : Цифровая печать, 2014. – Ч. 1. – С. 23–26.

5. Шидловская, А. В. Палеоботаническое обоснование возраста древнеозерных отложений, вскрытых скважинами 2Р и 4Р у д. Черенки Чаусского района Могилевской области / А. В. Шидловская, Г. И. Литвинюк // Літасфера. – 2022. – № 1 (56). – С. 40–48.

6. Шидловская, А. В. Палеоботаническое обоснование беловежского возраста древнеозерных плейстоценовых отложений, вскрытых у д. Шилов Угол в Могилевской области / А. В. Шидловская, Т. Б. Рылова, Т. В. Якубовская // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 38–54.

7. Величкевич, Ф. Ю. О новых находках беловежских межледниковых флор в Беларуси / Ф. Ю. Величкевич // Доклады НАН Беларуси. – 1998. – Т. 42, № 5. – С. 89–93.

8. Шидловская, А. В. Условия залегания беловежских межледниковых отложений в скважине МГ-2 у д. Голубовка Белыничского района Могилевской области / А. В. Шидловская // Молодежь в науке – 2024 : тез. докл. XXI Междунар. науч. конф. молодых ученых, Минск, 29–31 окт. 2024 г. : в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси, Совет молодых ученых ; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Мн. : Бел. навука, 2024. – Ч. 2 : Медицинские, физико-математические, физико-технические науки, химия и науки о Земле. – С. 594–597.

9. Walanus, A. POLPAL program for counting pollen grains, diagrams plotting and numerical analysis / A. Walanus, D. Nalepka // Acta Palaeobot. – 1999. – Suppl. 2. – P. 57–67.

10. Рылова, Т. Б. Биостратиграфическое расчленение беловежского и александрийского межледниковых горизонтов плейстоцена на территории Беларуси / Т. Б. Рылова // Доклады НАН Беларуси. – 1998. – Т. 42, № 4. – С. 114–117.

11. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объяснит. зап. / С. А. Кручек [и др.]. – Мн. : ГП «БелНИГРИ», 2010. – 282 с. + прил. из 15 стратиграф. схем.

12. К проблеме стратиграфического расчленения гляциоплейстоцена и корреляции межледниковых образований Беларуси / А. К. Карабанов [и др.] // Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. К. И. Лукашева, Минск, 14–16 марта 2007 г. – Мн. : Изд. центр БГУ, 2007. – С. 186–189.

13. Обнажение Обухово – парастратотип беловежского межледниковья Беларуси / А. Ф. Санько [и др.] // Літасфера. – 2004. – № 2 (21). – С. 38–51.

14. Кондратене, О. П. Условия залегания и палинологическая характеристика межледниковых отложений в овраге Нижнинский Ров / О. П. Кондратене, А. Ф. Санько // Проблемы плейстоцена. – Мн. : Навука і тэхніка, 1985. – С. 101–124.

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

16. Березовский страторайон плейстоцена Белоруссии / Ф. Ю. Величкевич [и др.]. – Мн. : Навука і тэхніка, 1993. – 146 с.

17. Вознячук, Л. Н. Основные стратиграфические подразделения четвертичных отложений / Л. Н. Вознячук // Материалы по стратиграфии Белоруссии. – Мн. : Наука и техника, 1981. – С. 137–151.

18. Стратиграфическая схема четвертичных (антропогеновых) отложений Беларуси / Ф. Ю. Величкевич [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 1996. –Т. 4, № 6. – С. 75–87.

19. К стратиграфии среднего плейстоцена Беларуси / Ф. Ю. Величкевич [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 1997. – Т. 5, № 4. – С. 68–84.

20. Шидловская, А. В. Палиностратиграфия и условия формирования отложений нижнинского и могилевского подгоризонтов беловежского горизонта плейстоцена Беларуси / А. В. Шидловская // Літасфера. – 2024. – № 1 (60). – С. 12–31.

21. Шидловская, А. В. Палинологическое обоснование стратиграфического расчленения и корреляции отложений беловежского горизонта плейстоцена Беларуси / А. В. Шидловская, Т. Б. Рылова // Вестник геонаук. – 2024. – № 8. – С. 21–34.

REFERESCES

1. Shidlovskaya, A. V. Palinostratigrafiya i usloviya formirovaniya otlozhenii narevskogo (verkhnyaya chast’) i belovezhskogo (borkovskii podgorizont) gorizontov pleistotsena Belarusi / A. V. Shidlovskaya, T. B. Rylova // Litasfera. – 2023. – № 1 (58). – S. 77–98.

2. Makhnach, N. A. O samostoyatel’nosti moskovskogo oledeneniya na territorii Belorrussii / N. A. Makhnach // Doklady AN BSSR. – 1966. – T. 10, № 1. – S. 37–41.

3. Rylova, T. B. Vozrast i paleogeograficheskie usloviya formirovaniya pleistotsenovykh ozernykh otlozhenii u g. Bobruiska / T. B. Rylova, G. G. Korol’, I. Ye. Savchenko // Doklady NAN Belarusi. – 2003. – T. 47, № 5. – S. 88–93.

4. Rylova, T. B. Novye dannye k stratigraficheskomu raschleneniyu pleistotsenovykh otlozhenii v raione g. Mogileva / T. B. Rylova, A. K. Karabanov, I. Ye. Savchenko // Geologiya i poleznye iskopaemye chetvertichnykh otlozhenii : materialy VIII Universitet. geol. chtenii, Minsk, 3–4 apr. 2014 g. : v 2 ch. / redkol.: A. F. San’ko (otv. red.) [i dr.]. – Mn. : Tsifrovaya pechat’, 2014. – Ch. 1. – S. 23–26.

5. Shidlovskaya, A. V. Paleobotanicheskoe obosnovanie vozrasta drevneozernykh otlozhenii, vskrytykh skvazhinami 2R i 4R u d. Cherenki Chausskogo raiona Mogilevskoi oblasti / A. V. Shidlovskaya, G. I. Litvinyuk // Litasfera. – 2022. – № 1 (56). – S. 40–48.

6. Shidlovskaya, A. V. Paleobotanicheskoe obosnovanie belovezhskogo vozrasta drevneozernykh pleistotsenovykh otlozhenii, vskrytykh u d. Shilov Ugol v Mogilevskoi oblasti / A. V. Shidlovskaya, T. B. Rylova, T. V. Yakubovskaya // Litasfera. – 2022. – № 2 (57). – S. 38–54.

7. Velichkevich, F. Yu. O novykh nakhodkakh belovezhskikh mezhlednikovykh flor v Belarusi / F. Yu. Velichkevich // Doklady NAN Belarusi. – 1998. – T. 42, № 5. – S. 89–93.

8. Shidlovskaya, A. V. Usloviya zaleganiya belovezhskikh mezhlednikovykh otlozhenii v skvazhine MG-2 u d. Golubovka Belynichskogo raiona Mogilevskoi oblasti / A. V. Shidlovskaya // Molodezh’ v nauke – 2024 : tez. dokl. XXI Mezhdunar. nauch. konf. molodykh uchenykh, Minsk, 29–31 okt. 2024 g. : v 2 ch. / Nats. akad. nauk Belarusi, Sovet molodykh uchenykh ; redkol.: V. G. Gusakov (gl. red.) [i dr.]. – Mn. : Bel. navuka, 2024. – Ch. 2 : Meditsinskie, fiziko-matematicheskie, fiziko-tekhnicheskie nauki, khimiya i nauki o Zemle. – S. 594–597.

9. Walanus, A. POLPAL program for counting pollen grains, diagrams plotting and numerical analysis / A. Walanus, D. Nalepka // Acta Palaeobot. – 1999. – Suppl. 2. – P. 57–67.

10. Rylova, T. B. Biostratigraficheskoe raschlenenie belovezhskogo i aleksandriiskogo mezhlednikovykh gorizontov pleistotsena na territorii Belarusi / T. B. Rylova // Doklady NAN Belarusi. – 1998. – T. 42, № 4. – S. 114–117.

11. Stratigraficheskie skhemy dokembriiskikh i fanerozoiskikh otlozhenii Belarusi : ob’yasnit. zap. / S. A. Kruchek [i dr.]. – Mn. : GP «BelNIGRI», 2010. – 282 s. + pril. iz 15 stratigraf. skhem.

12. K probleme stratigraficheskogo raschleneniya glyatsiopleistotsena i korrelyatsii mezhlednikovykh obrazovanii Belarusi / A. K. Karabanov [i dr.] // Materialy Mezhdunar. nauch. konf., posvyashch. 100-letiyu so dnya rozhdeniya akad. K. I. Lukasheva, Minsk, 14–16 marta 2007 g. – Mn. : Izd. tsentr BGU, 2007. – S. 186–189.

13. Obnazhenie Obukhovo – parastratotip belovezhskogo mezhlednikov’ya Belarusi / A. F. San’ko [i dr.] // Litasfera. – 2004. – № 2 (21). – S. 38–51.

14. Kondratene, O. P. Usloviya zaleganiya i palinologicheskaya kharakteristika mezhlednikovykh otlozhenii v ovrage Nizhninskii Rov / O. P. Kondratene, A. F. San'ko // Problemy pleistotsena. – Mn. : Navuka i tehkhnika, 1985. – S. 101–124.

15. Rylova, T. B. Rastitel'nost' i klimat mezhlednikovykh intervalov pleistotsena Belarusi po dannym palinologicheskikh issledovanii / T. B. Rylova, I. E. Savchenko // Litasfera. – 2006. – № 1 (24). – S. 12–26.

16. Berezovskii stratoraion pleistotsena Belorussii / F. Yu. Velichkevich [i dr.]. – Mn. : Navuka i tehkhnika, 1993. – 146 s.

17. Voznyachuk, L. N. Osnovnye stratigraficheskie podrazdeleniya chetvertichnykh otlozhenii / L. N. Voznyachuk // Materialy po stratigrafii Belorussii. – Mn. : Nauka i tekhnika, 1981. – S. 137–151.

18. Stratigraficheskaya skhema chetvertichnykh (antropogenovykh) otlozhenii Belarusi / F. Yu. Velichkevich [i dr.] // Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya. – 1996. –T. 4, № 6. – S. 75–87.

19. K stratigrafii srednego pleistotsena Belarusi / F. Yu. Velichkevich [i dr.] // Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya. – 1997. – T. 5, № 4. – S. 68–84.

20. Shidlovskaya, A. V. Palinostratigrafiya i usloviya formirovaniya otlozhenii nizhninskogo i mogilevskogo podgorizontov belovezhskogo gorizonta pleistotsena Belarusi / A. V. Shidlovskaya // Litasfera. – 2024. – № 1 (60). – S. 12–31.

21. Shidlovskaya, A. V. Palinologicheskoe obosnovanie stratigraficheskogo raschleneniya i korrelyatsii otlozhenii belovezhskogo gorizonta pleistotsena Belarusi / A. V. Shidlovskaya, T. B. Rylova // Vestnik geonauk. – 2024. – № 8. – S. 21–34.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 25.02.2026

УДК 314:911(476) DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-153-160

Александр Александрович Сидорович
канд. геогр. наук, доц., докторант Белорусского государственного университета
Alexandr Sidorovich
Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,
Doctoral Student of Belarusian State University
e-mail: brestsid@gmail.com

ТРУДОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ: ГЕОДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОВЫШЕНИЯ ОБЩЕУСТАНОВЛЕННОГО ПЕНСИОННОГО ВОЗРАСТА*

Представлена количественная оценка влияния повышения общеустановленного пенсионного возраста на динамику трудоспособного населения регионов Беларуси. В 2025 г. демографический эффект пенсионной реформы обеспечил увеличение численности трудоспособного населения страны на 360,4 тыс. человек, или на 7,3 %. Относительный прирост на уровне районов варьировал от 5,2 % в Минском до 13,6 % в Свислочском. Установлено, что территориальная дифференциация демографического эффекта главным образом зависит от интенсивности индустриального развития и связанного с ним миграционного притока, размещения учреждений профессионального образования и уровня рождаемости в предшествующие периоды. На всех уровнях пространственной иерархии институциональный фактор способствовал более существенному приросту женского населения.

Ключевые слова: *пенсионная реформа, трудоресурсный потенциал Беларуси, география населения, старение населения.*

Labor Resource Potential of the Regions of Belarus: Geodemographic Assessment of the Increase of the Retirement Age

The article presents a quantitative assessment of the impact of raising the generally established retirement age on the dynamics of the working-age population of the regions of Belarus. In 2025, the demographic effect of the pension reform ensured an increase in the number of the country's able-bodied population by 360,4 thousand people, or 7,3 %. The relative increase at the district level ranged from 5,2 % in Minsk to 13,6 % in Svisloch. It has been established that the territorial differentiation of the demographic effect mainly depends on the intensity of industrial development and the associated migration inflow, especially in the Soviet period, the location of vocational education institutions and the birth rate in previous periods. At all levels of the spatial hierarchy, the institutional factor contributed to a more significant increase in the female population.

Key words: *pension reform, labour potential of Belarus, population geography, population aging.*

Введение

Старение населения как одна из ключевых тенденций современного общественного развития имеет не только демографические, но и социально-экономические последствия. Возрастание доли пожилого населения в общей его структуре происходит под воздействием роста продолжительности жизни («старение сверху») и снижения рождаемости («старение снизу»). И если заметное приращение продолжительности жизни фактически исчерпало свой потенциал к третей четверти XX в., то падение рождаемости продолжается и в настоящее время [1, p. 4; 2, p. 1029]. Усиливающийся разрыв между численностью молодежи, обеспечивающей демографическое восполнение трудоресурсного потенциала, и численностью старшего поколения, выходящего из состава трудоспособного населения, препятствует устойчивому социально-экономическому развитию. Одним из механизмов решения данной проблемы является повышение общеустановленного пенсионного возраста. Значительная региональная дифференциация степени выраженности старения населения и эффективности принимаемых мер обусловливает актуальность их экономико-географических исследований.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке БРФФИ (грант № Г26–062).*

Целью данной работы является геодемографическая оценка влияния изменения общеустановленного пенсионного возраста на формирование трудоресурсного потенциала Беларуси.

Материалы и методика исследования

Динамика численности населения трудоспособного возраста (трудоспособного населения), составляющего основу трудоресурсного потенциала, включает такие компоненты, как миграция, смертность и возрастное движение. Последний компонент состоит из притока (достижения населением трудоспособного возраста) и оттока (достижения пенсионного возраста) [3, с. 30]. На протяжении второй половины XX и в начале XXI в. возрастные рамки трудоспособности в Беларуси оставались неизменными и составляли от 16 до 54 лет включительно для женщин и до 59 лет для мужчин. С 2017 по 2022 г. верхняя рамка была поэтапно повышена до 58 и 62 лет соответственно. Безусловно, демографический эффект пенсионного реформирования – институциональный фактор – напрямую воздействует на возрастное движение населения. Механизм его воздействия заключается в расширении числа годичных возрастных групп, формирующих трудоспособное население, в сравнении с дореформенным уровнем [4, с. 295]. Следовательно, демографический эффект рассчитывается путем сопоставления численности трудоспособного населения на основе текущих пределов трудоспособного возраста с его численностью в рамках ранее действовавших. Он может быть выражен как в абсолютных, так и относительных величинах. Абсолютный эффект рассчитывается по формуле:

$$E_{\text{абс}} = \text{ЧТН}_t - \text{ЧТН}_0, \quad (1)$$

где $E_{\text{абс}}$ – абсолютный демографический эффект институционального изменения пределов трудоспособного возраста, человек; ЧТН_t, ЧТН_0 – соответственно, численность трудоспособного населения в соответствии с действующими пределами трудоспособного возраста и ранее действовавшими, человек.

С целью сравнения демографического эффекта территориальных единиц, отличающихся размерами и демографическим потенциалом, на основе абсолютного эффекта в соответствии с формулой определяется относительный вклад институциональных изменений:

$$E_{\text{отн}} = \frac{E_{\text{абс}}}{\text{ЧТН}_0} = \frac{\text{ЧТН}_t}{\text{ЧТН}_0} - \text{ЧТН}_0, \quad (2)$$

где $E_{\text{отн}}$ – относительный демографический эффект институционального изменения границ трудоспособного возраста, % [5, с. 336].

Информационную базу исследования составили статистические данные о численности населения по пятилетним и трем основным возрастным группам за период 2004–2018 гг. и по состоянию на начало 2025 г. в разрезе административно-территориальных районов и областей Беларуси по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [6].

Результаты исследования и их обсуждение

Положительная разность между численностью молодежи, вступающей в трудоспособный возраст, и выходящих из него лиц старших возрастных групп, сохранялась до конца 2000-х гг. В 2004 г. в целом в Беларуси эта разность составляла 73,3 тыс. человек, а в 2009 г. снизилась до 12,0 тыс. человек. Однако уже в 2016 г. соответствующая разность достигла отрицательных значений (−48,0 тыс. человек). Суммарно за 2010–2016 гг., т. е. до начала реализации пенсионной реформы, это превышение достигло

230,5 тыс. человек (рисунок 1). Первые годы реализации реформы позволили инвертировать тенденцию, когда приток молодежи снова превысил масштабы выхода населения из группы трудоспособного возраста на 20–22 тыс. человек.

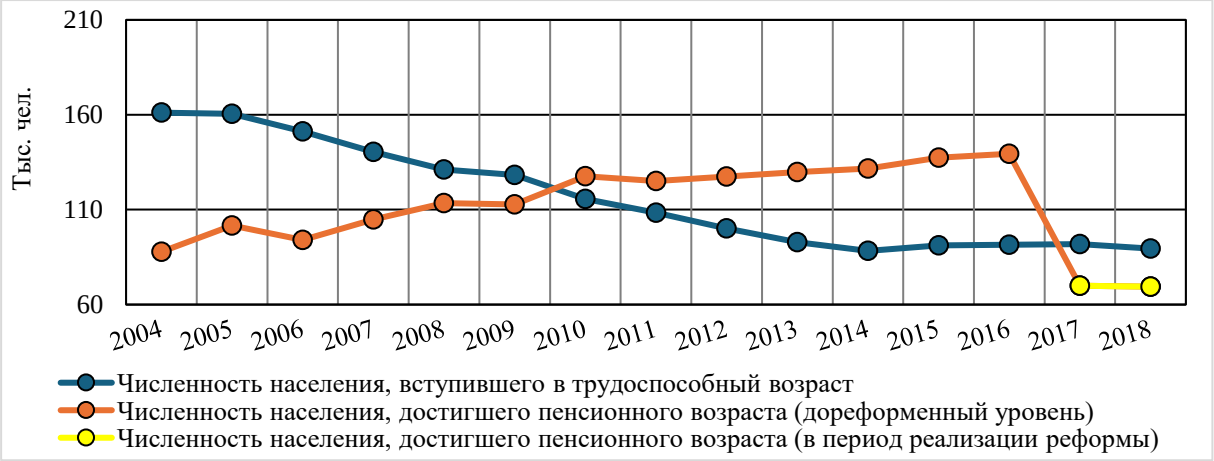


Рисунок 1 – Динамика соотношения элементов возрастного движения населения Беларуси за период 2004–2018 гг.

Различия в повозрастных показателях смертности и верхних пределах трудоспособности в значительной степени дифференцируют воздействие старения населения на динамику численности трудоспособных мужчин и женщин [7, с. 179]. Более сильное воздействие имеет место в отношении женского населения [8, с. 148]. Во-первых, суженное замещение женского трудоспособного населения установилось еще в 2007 г., в то время как мужского – в 2013 г. Во-вторых, к 2016 г. аккумулятивная разница между числом женщин, достигающих трудоспособного возраста, и числом выходящих за его пределы, составила 232,2 тыс. человек против 22,8 тыс. для мужского населения. В-третьих, повышение пенсионного возраста в большей степени улучшило возрастной переход для мужчин. В отношении мужского населения эффект оказался почти в четыре раза выше, чем для женского (рисунок 2).

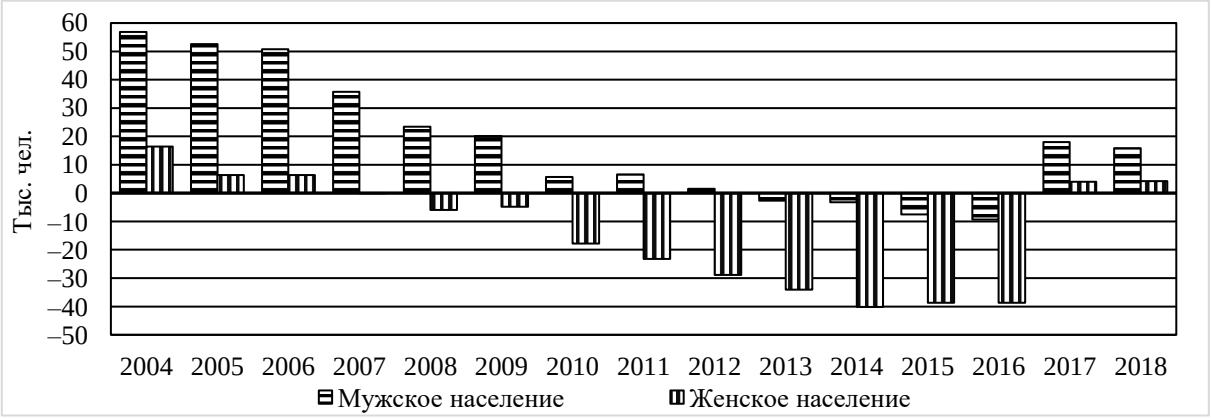


Рисунок 2 – Динамика соотношения численности мужского и женского населения, входящего и выходящего из трудоспособного возраста за период 2004–2018 гг.

За период 2010–2018 гг., т. е. с учетом частичной реализации пенсионной реформы, возрастной прирост имел место в 12 районах, из которых восемь относились к категории наиболее пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС (рисунок 3).

Однако данный компонент не смог компенсировать в них смертность и миграционный отток. Для географического распределения возрастной убыли трудоспособного населения характерно возрастание ее удельного веса в направлении с юга-запада на северо-восток. В результате районы с высокой долей возрастного перехода сконцентрированы в Витебской области, а также составляют б*о*льшую часть в Минской и около половины в Могилевской области. Примечательно, что самый высокий удельный вес возрастного движения в сокращении численности трудоспособного контингента характерен для городов областного подчинения и районов, входящих в зону непосредственного их влияния. В 2010-е гг. крупнейшие индустриальные центры столкнулись со значительным возрастным оттоком населения. В эти годы пенсионного возраста стало достигать население, формировавшее основу миграционного прироста в период активного развития во второй половине XX в.

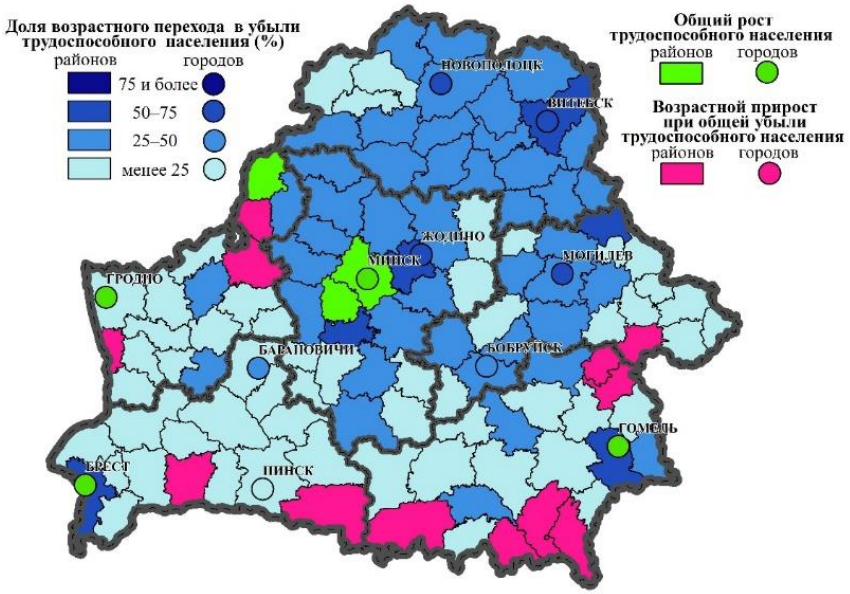


Рисунок 3 – Удельный вес возрастного перехода в динамике численности трудоспособного населения районов и городов областного подчинения Беларуси за период 2010–2018 гг., %

Фактическое влияние институциональных изменений связано с возрастным движением населения посредством своеобразного «удержания» лиц крайних верхних возрастов в пределах трудоспособного контингента. Например, за 2018 г. в целом по стране увеличение пенсионного возраста позволило снизить возрастной отток на 70,3 тыс. человек, что составило 1,3 % от общей численности трудоспособного населения. На уровне областей относительный эффект составил 1,3 – 1,4 %. В столице изменение пенсионного возраста привело к дополнительному увеличению численности населения рабочего возраста на 1,1 %. Причина пониженного значения показателя в столице заключается в меньшей доле населения старших возрастных групп, чему способствовал постоянный миграционный приток населения. О влиянии миграционного статуса региона на эффект институционального фактора свидетельствуют показатели городов областного подчинения, не превышающие 1,3 %. При этом для 98 районов (из 118) этот показатель составляет 1,4 % и более (рисунок 4). Помимо миграционного притока, обусловленного развитием региональных экономических систем, на снижение демографического эффекта воздействует также размещение учреждений профессионального образования. Так, в первую очередь из-за размещения Белорусской сельскохозяйственной академии

в Горецком районе эффект составил всего 1,0 %. Аналогично в Мозырском районе миграционное «омоложение» половозрастной структуры происходило не только под влиянием индустриализации, но и функционирования педагогического университета. В Островецком районе такую роль играло строительство Белорусской АЭС, в Дзержинском и Смолевичском районах – развитие городов-спутников столицы (Дзержинска, Фаниполя, Смолевичей). Невысокие показатели институционального эффекта также характерны для районов, в которых в 1990–2000-е гг. наблюдались более высокие показатели рождаемости (Столинский, Хойникский районы).

Для районов с наибольшим относительным эффектом, как правило, характерна высокая доля населения старше трудоспособного возраста. В то же время в девяти районах она превысила 2,0 %. Такие районы характеризуются отсутствием крупных промышленных предприятий и низким уровнем урбанизации (Свислочский, Чаусский, Россонский, Мядельский, Петриковский и др.). В целом повышение верхнего предела трудоспособного возраста значительно изменило географическую картину возрастного движения как компонента динамики трудоспособного населения. Так, за 2017 г. возрастной прирост был отмечен в 96 районах, в 2018 г. – в 89 районах (против восьми в среднем за 2010–2016 гг.). Очевидно, что такой прямой эффект на возрастное движение ограничен временем реализации реформы.

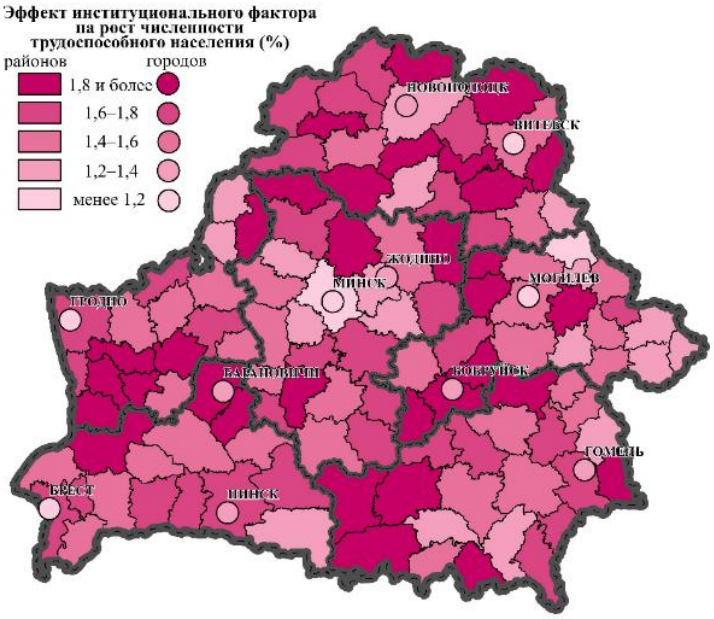


Рисунок 4 – Относительное увеличение трудоспособного населения за счет институционального фактора по состоянию на 01.01.2019, %

Наибольший интерес представляет влияние институционального фактора после завершения реформы. Так, по состоянию на начало 2025 г. общий эффект пенсионной реформы составил 360,4 тыс. человек, или 7,3 %. В региональном разрезе он варьировал от 7,6 % в Брестской и Гомельской областях до 8,0 % в Гродненской. В столице институциональный фактор обеспечил лишь 5,8 % дополнительного притока трудоспособного населения. На микрогеографическом уровне относительный эффект находился в пределах от 5,2 % в Минском районе до 13,6 % в Свислочском. Районы с наименьшими показателями концентрируются в Минской (Дзержинский, Минский, Смолевичский, Солигорский и др.) и Гомельской областях (Брагинский, Мозырский, Наровлянский). Наибольшая концентрация районов с максимальным приростом за счет повышения пенсионного возраста наблюдается в Витебской (Бешенковичский, Россонский, Ушач-

ский и др.) и Гродненской (Зельвенский, Кореличский, Мостовский и др.) областях (рисунок 5). По своему функциональному профилю они относятся к аграрному и агропромышленному типу. В то же время в городах областного подчинения созданные системообразующие экономические субъекты регионального или даже национального уровня способствовали привлечению мигрантов и сохранению собственного демографического потенциала. В них относительный эффект институционального фактора находится в пределах от 5,3 % в Гродно до 8,3 % в Жодино. Пример Жодино иллюстрирует влияние монопрофильной специализации на вектор демографического развития. Активное развитие города и его градообразующего предприятия – Белорусского автомобильного завода (БелАЗ) – пришлось на 1960–1980-е гг. Потребность в рабочей силе обеспечивалась в первую очередь миграционным притоком, в результате чего людность города увеличилась с 6,6 тыс. в 1959 г. до 54,6 тыс. человек (более чем в 8 раз). Однако в последующие годы массового миграционного притока уже не было, что и определило более интенсивное старение, чем в других городах областного подчинения.

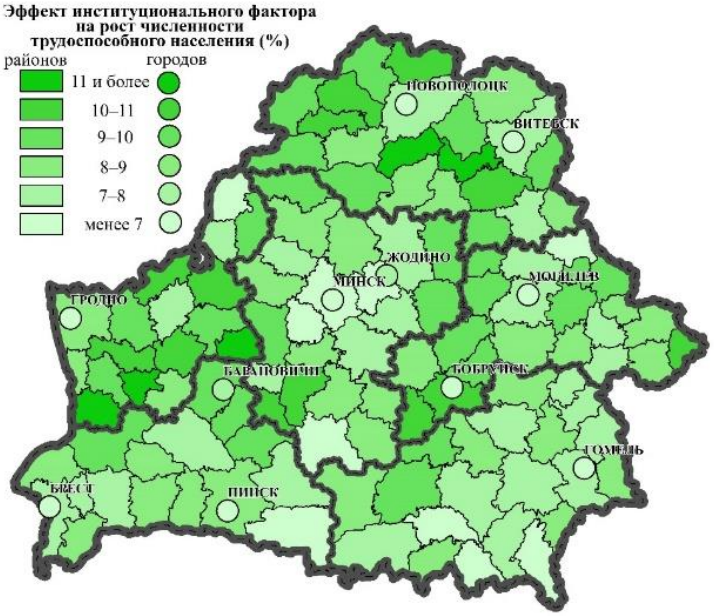


Рисунок 5 – Относительный вклад институционального фактора в увеличение трудоспособного населения районов и городов областного подчинения Беларуси на 01.01.2025, %

В отличие от первых лет реализации пенсионной реформы после ее завершения больший демографический эффект характерен для женского населения. Абсолютный перевес институционального фактора в пользу женщин по состоянию на начало 2025 г. отмечен во всех областях и г. Минске, а также во всех 10 городах областного подчинения. Кроме того, демографический эффект для женского населения превысил 10 % в 81 районе, тогда как аналогичный эффект для мужского населения наблюдался только в 16.

Заключение

Старение населения, обусловленное снижением рождаемости, привело к установлению с 2010-х гг. дисбаланса между численностью населения, достигающего трудоспособного и общеустановленного пенсионного возраста. Для обеспечения экономического роста и устойчивой занятости в Беларуси в 2017–2022 гг. был повышен верхний предел трудоспособности. На начало 2025 г. демографический эффект пенсионной реформы обеспечил увеличение численности трудоспособного населения на 360,4 тыс.

челловек, или на 7,3 %. Ключевыми факторами территориальной дифференциации демографического эффекта выступают темпы экономического развития и связанная с ними интенсивность миграционных процессов, размещение учреждений профессионального образования и уровень рождаемости в предшествующие периоды. На всех уровнях пространственной иерархии аккумулятивный эффект институционального фактора способствовал более значительному приросту женского населения.

Геодемографическая оценка повышения пенсионного возраста позволяет определить степень территориальной дифференциации институциональных изменений и служит основой для научного обоснования принятия комплексных управленческих решений в сфере социальной и демографической политики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Prados de la Escosura, L. Health, income, and the Preston Curve: A long view / L. Prados de la Escosura // European Historical Economics Society (EHES). – 2022. – 27 p. – (EHES Working Paper, № 224). – URL: https://www.econstor.eu/bitstream/10419/253738/1/EHES_224.pdf (date of access: 01.10.2025).

2. Oeppen, J. Broken limits to life expectancy / J. Oeppen, J. W. Vaupel // Science. – 2002. – Vol. 296. – P. 1029–1031. – DOI:10.1126/science.1069675.

3. Гневашева, В. А. Процесс воспроизводства трудовых ресурсов в современной России : монография / В. А. Гневашева, А. В. Топилин, О. Д. Воробьев. – М. : Проспект, 2023. – 200 с.

4. Российский рынок труда через призму демографии : монография / под ред. В. Е. Гимпельсона, Р. И. Капелюшникова. – М. : Изд. дом Высш. шк. экономики, 2020. – 436 с.

5. Сидорович, А. А. Демографическое старение в Беларуси: глобальные и национальные тренды / А. А. Сидорович // Инновации: от теории к практике : сб. науч. ст. X Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 30–31 окт. 2025 г. : в 3 ч. / редкол.: Г. Б. Медведева [и др.]. – Брест : Изд-во БрГТУ, 2025. – Ч. 1. – С. 332–337.

6. Интерактивная информационно-аналитическая система распространения официальной статистической системы [база данных] / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – URL: https://dataportal.belstat.gov.by (дата обращения: 09.08.2025).

7. Шахотько, Л. П. Модель демографического развития Республики Беларусь / Л. П. Шахотько ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики. – Мн. : Бел. навука, 2009. – 439 с.

8. Сидорович, А. А. Институциональный фактор трансформации рынка труда Беларуси: демографический эффект пенсионной реформы / А. А. Сидорович // Вучоныя запіскі Брэсцкага ўніверсітэта : зб. навук. пр. – 2020. – Вып. 16. – Ч. 2. Прыродазнаўчыя навукі. – С. 146–152.

REFERENCES

1. Prados de la Escosura, L. Health, income, and the Preston Curve: A long view / L. Prados de la Escosura // European Historical Economics Society (EHES). – 2022. – 27 p. – (EHES Working Paper, № 224). – URL: https://www.econstor.eu/bitstream/10419/253738/1/EHES_224.pdf (date of access: 01.10.2025).

2. Oeppen, J. Broken limits to life expectancy / J. Oeppen, J. W. Vaupel // Science. – 2002. – Vol. 296. – P. 1029–1031. – DOI:10.1126/science.1069675.

3. Gnevasheva, V. A. Protsess vosproizvodstva trudovykh resursov v sovremennoi Rossii : monografiya / V. A. Gnevasheva, A. V. Topilin, O. D. Vorob’ev. – M. : Prospekt, 2023. – 200 s.

4. Rossijskij rynok truda cherez prizmu demografii : monografiya / pod red. V. Ye. Gimpel’sona, R. I. Kapelyushnikova. – M. : Izd. dom Vyssh. shk. ekonomiki, 2020. – 436 s.

5. Sidorovich, A. A. Demograficheskoe starenie v Belarusi: global’nye i natsional’nye trendy / A. A. Sidorovich // Innovatsii: ot teorii k praktike : sb. nauch. st. X Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Brest, 30–31 okt. 2025 g. : v 3 ch. / redkol.: G. B. Medvedeva [i dr.]. – Brest : Izd-vo BrGTU, 2025. – Ch. 1. – S. 332–337.

6. Interaktivnaya informatsionno-analiticheskaja sistema rasprostraneniya ofitsial'noj statisticheskoj sistemy [baza dannyh] / Nats. stat. kom. Resp. Belarus'. – URL: https://dataportal.belstat.gov.by (data obrashheniya: 09.08.2025).

7. Shakhot'ko, L. P. Model' demograficheskogo razvitija Respubliki Belarus' / L. P. Shakhot'ko ; Nac. akad. nauk Belarusi, In-t ekonomiki. – Mn. : Bel. navuka, 2009. – 439 s.

8. Sidorovich, A. A. Institutsional'nyi faktor transformatsii rynka truda Belarusi: demograficheskij effekt pensionnoi reformy / A. A. Sidorovich // Vuchonyya zapiski Brestskaga universiteta : zb. navuk. pr. – 2020. – Vyp. 16. – Ch. 2. Pryrodaznauchyya navuki. – S. 146–152.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 03.03.2026

УДК 323.11 (476.2) DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-161-175

Александр Сергеевич Соколов
ст. преподаватель каф. экологии
Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины
Aleksandr Sokolov
Senior Lecturer of the Department of Ecology of Francisk Skorina Gomel State University
e-mail: alsokol@tut.by

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ЭТНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Описываются особенности трансформации этнической структуры населения Гомельской области и районов с 1979 г. Показано, что в советский период происходило увеличение разнообразия этнического состава, возрастала доля и численность населения миноритарных этнических групп. Постсоветский период характеризуется снижением численности основных национальностей, темпы которого к 2019 г. заметно снизились. Приведены данные об относительной величине изменения численности основных национальностей по районам и г. Гомелю за каждый межпереписной период в 1979–2019 гг., динамике доли их населения в крупнейших городах от общей численности населения области, представлены карты индекса этнической концентрации основных национальностей по районам и г. Гомелю, а также индекса этнической энтропии по результатам каждой переписи, что позволяет проследить пространственно-временную динамику данных показателей. Выявлена тенденция к унификации этнического состава районов. Проведена количественная оценка попарного сходства этнической структуры районов и г. Гомеля в 1989 и 2019 гг. и их сходства с этнической структурой области в целом.

Ключевые слова: *население Гомельской области, этнический состав, этническое разнообразие, индекс этнической концентрации, белорусы, русские, украинцы, поляки, евреи.*

Spatial-Temporal Dynamics of Ethnic Structure of the Population of Gomel Region

The article describes the features of the transformation of the ethnic structure of the population of the Gomel region and districts since 1979. It is shown that during the Soviet period there was an increase in the diversity of the ethnic composition, and the share and size of the population of minority ethnic groups increased. The post-Soviet period has been characterized by a decline in the population of the main nationalities, the rate of which has slowed significantly for the last period. The relative change in the number of the main nationalities by district and the city of Gomel for each intercensal period in 1979–2019 as well as the dynamics of the share of their population in the largest cities relative to the total number of their population in the region are shown. The maps of ethnic concentration index of the main nationalities by districts and the city of Gomel, as well as the index of ethnic entropy based on the results of each census, are presented, which makes it possible to trace the spatio-temporal dynamics of these indicators. A trend toward unification of the ethnic composition of districts was identified. A quantitative assessment of the pairwise similarity of the ethnic structure of districts and the city of Gomel in 1989 and 2019, as well as their similarity to the ethnic structure of the region as a whole was conducted.

Key words: *population of the Gomel region, ethnic composition, ethnic diversity, ethnic concentration index, Belarusians, Russians, Ukrainians, Poles, Jews.*

Введение

Формирование этнического состава населения Гомельской области шло под влиянием сложного комплекса историко-культурных, политических, административных и других факторов. На протяжении первой половины XX в. различные территории современной Гомельской области входили в состав различных административно-территориальных образований с различной национальной и культурной политикой. Географическое положение Гомельщины – типичного приграничного региона на стыке трех восточнославянских народов, отсутствие резко очерченных естественно-географических границ, миграционные и сложные исторические процессы наложили свой отпечаток на особенности самоидентификации населения этого региона [1].

Распад Советского Союза вызвал новые тенденции развития этнического пространства области, во многом отличающиеся от тенденций советского времени. Все это делает необходимым выявление и анализ этнической динамики населения Гомельской области в позднесоветское и постсоветское время, выявление основных ее особенностей и характер их изменения во времени, что и является целью настоящей работы.

Материалы и методика исследований

Основным материалом исследования стали данные переписей населения 1979–2019 гг. [2–4], отражающие численность населения различных национальностей в Гомельской области в целом и основных национальностей отдельных районов и г. Гомеля.

Для оценки территориальной неоднородности размещения населения различных этнических групп применялись следующие показатели [5]:

1) индекс этнической концентрации, вычисляемый по формуле [6]:

$$К_{эк} = \frac{P_{ij}/N_i}{P_j/N},$$

где P_{ij} – численность этноса j на территории i-го района; N_i – численность всего населения i-го района; P_j – численность этноса j на территории области; N – численность всего населения области.

Данный индекс показывает, во сколько раз доля населения определенной национальности в районе (г. Гомеле) превышает ее долю во всей области в целом;

2) коэффициент Джини представляет собой отношение площади, образованной кривой Лоренца и прямой равенства, к площади треугольника, образованного прямой равенства и осями. Данный показатель рассчитывался нами по формуле Брауна:

$$G = \left|1 - \sum_{k=2}^{n}(x_k - x_{k-1})(y_k + y_{k-1})\right|,$$

где x_k – кумулированная доля всего населения районов и г. Гомеля от общей численности населения области в ранжированном ряду; y_k – кумулированная доля населения этнической группы по всем регионам от общей его численности в области для x_k;

3) индекс территориальной концентрации, представляющий собой сумму положительных разностей между долями регионов в общей численности населения всей территории и долей соответствующих регионов в общей численности этнической группы данной территории.

Для определения количественной величины сходства этнического состава применялись показатели:

1) индекс Ружички [7] – симметричная мера сходства для попарного определения этнического сходства районов:

$$I_R = \frac{\sum_{i=1}^{n}\min(a_i, b_i)}{\sum_{i=1}^{n}\max(a_i, b_i)},$$

где $\min(a_i, b_i)$ и $\max(a_i, b_i)$ – минимальное и максимальное значение доли i-ой этнической группы в двух районах соответственно;

2) индекс включения [8] – несимметричная мера сходства для определения сходства этнического состава района A с этническим составом области B, в которую он входит:

$$T(B;A) = \frac{\sum_{i=1}^{n} \min(a_i, b_i)}{2 \cdot \sum_{i=1}^{n}(a_i) - \sum_{i=1}^{n} \min(a_i, b_i)},$$

где a_i – доля населения i-ой этнической группы в районе; $\min(a_i, b_i)$ – минимальное значение доли i–ой этнической группы в районе и области.

Для определения количественного значения этнического разнообразия районов, т. е. степени неравномерности долей населения этнических групп, применялся индекс этнической энтропии [9], представляющий собой этническую интерпретацию индекса разнообразия Шеннона:

$$H = -\sum_{i=1}^{n} p_i \cdot \log_2 p_i,$$

где p_i – доля населения i-ой этнической группы в районе.

Результаты исследования и их обсуждение

По характеру динамика этнического состава Гомельской области с середины XX в. можно выделить два временны́х периода – советский и постсоветский.

В советский период (1959–1989 гг.) доля белорусов в общей численности населения медленно снижалась, доля русских увеличилась почти в два раза (таблица 1).

Также заметно увеличивалась доля украинцев и населения этнических групп, не входящих в первую пятерку по численности, главным образом народов других республик СССР. Одновременно происходило значительное сокращение доли поляков и евреев.

Таблица 1 – Динамика доли основных национальностей в общей численности населения Гомельской области в 1959–2019 гг., %

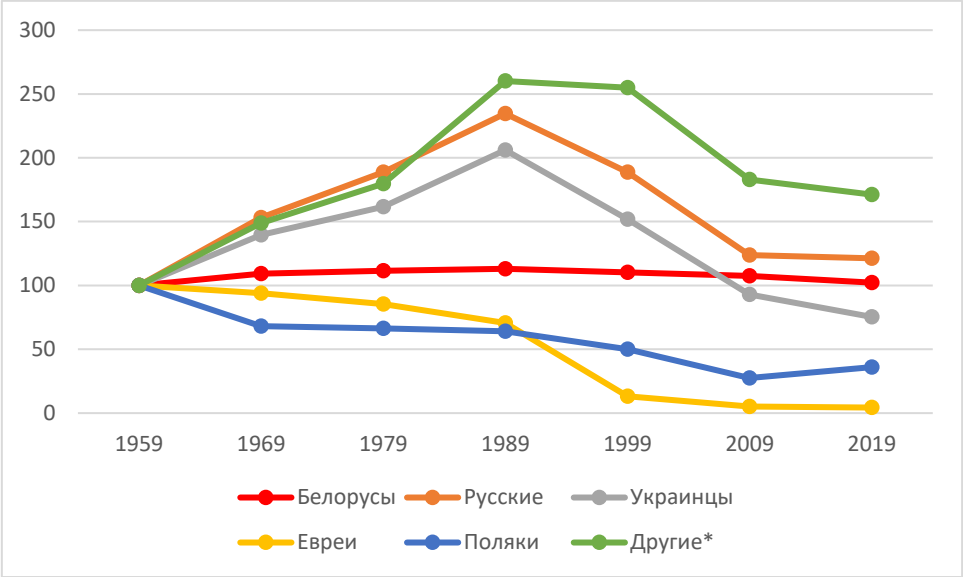
Национальность	1959	1970	1979	1989	1999	2009		2019	
Белорусы	86,8	84,4	82,7	80,2	84,2	88,2[1]	89,0[2]	87,2[1]	89,1[2]
Русские	6,6	9,0	10,6	12,6	11,0	7,7	7,8	7,8	8,0
Украинцы	2,4	3,0	3,1	4,1	3,3	2,1	2,2	1,8	1,8
Поляки	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
Евреи	3,3	2,8	2,4	1,9	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1
Прочие	0,4	0,5	0,5	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7

Примечание – [1] – от всего населения; [2] – без учета не указавших национальность.

В постсоветское время (1989–2019 гг.) доля белорусов стала повышаться (в 2019 г. увеличилась почти на 10 процентных пунктов по сравнению с 1989 г.) одновременно со снижением доли всех остальных основных национальностей: доля русских снизилась более чем на треть, украинцев – более чем наполовину, евреев более чем на 90 %, поляков – почти на треть.

Увеличивается доля населения, не указавшего национальность: если в 2009 г. таких было 0,9 %, то в 2021 г. уже 2,1 %.

Относительная динамика численности населения основных национальностей представлена на рисунке 1.



*Примечание – * – без учёта не указавших национальность*

Рисунок 1 – Динамика численности населения относительно уровня 1959 г., %

Максимальная убыль еврейского населения отмечена в период 1989–1999 гг., русских, украинцев, поляков и национальностей, не входящих в первую пятерку, – в 1999–2009 г. Как и в других регионах Беларуси [10–12], основной причиной сокращения их численности в этот период являлась смена этнической самоидентификации в пользу титульного белорусского этноса. В 2009–2019 гг. темпы снижения численности основных миноритарных этнических групп существенно снизились.

Таблица 2 – Население этнических групп, занимающих 6–20 места по численности в Гомельской области в 1959–2019 гг., человек

Место по численности населения	1959 г.		1989 г.		2019 г.	
	национальность		национальность		национальность	
6	цыгане	770	цыгане	3602	цыгане	1748
7	татары	266	татары	1342	туркмены	1253
8	немцы	221	молдаване	801	татары	1030
9	литовцы	177	немцы	754	армяне	966
10	латыши	158	азербайджанцы	715	азербайджанцы	671
11	грузины	130	литовцы	707	молдаване	574
12	чехи	123	армяне	658	немцы	450
13	чуваши	118	чуваши	547	литовцы	388
14	узбеки	87	узбеки	459	грузины	307
15	молдаване	85	грузины	452	узбеки	224
16	казахи	82	мордва	440	казахи	181
17	армяне	81	казахи	434	таджики	154
18	мордва	80	латыши	344	арабы	133
19	азербайджанцы	65	таджики	276	латыши	100
20	марийцы	62	башкиры	245	чуваши	81

Изменения в структуре населения этнических групп, занимающих 6–20 места по численности, отражены в таблице 2. Цыгане и татары стабильно занимали лидиру-

ющие 6-е и 7-е места в данном перечне, в 2019 г. татары переместились на 8-е место, уступив туркменам, которые в советский период вообще не входили в первую двадцатку. Немцы, литовцы, латыши с 1959 г. постоянно занимали все более низкие позиции. Чуваши и узбеки сохраняли свои позиции в 1989–1959 гг., но в 2019 г. опустились на более низкие места. Молдаване с 1959 по 1989 г. поднялись с 15 на 8 место, затем к 2019 г. опустились на 11-е. Азербайджанцы и армяне поднялись на значительно более высокие места. К 2019 г. из первой двадцатки выпали представители титульных народов республик России – мордва, марийцы, башкиры.

Территориальное распределение доминирующих этнических групп, не входящих в число пяти основных национальностей, показано на рисунке 2. В большинстве районов преобладают цыгане, на юге области в четырех районах преобладают немцы. Численность молдаван превосходит численность других национальностей в двух районах на юго-востоке и двух районах на северо-востоке области. В 2019 г. в двух районах доминирование перешло к армянам, в одном – к таджикам. В Гомеле и Мозыре из национальностей, не водящих в первую пятерку, стали преобладать туркмены.

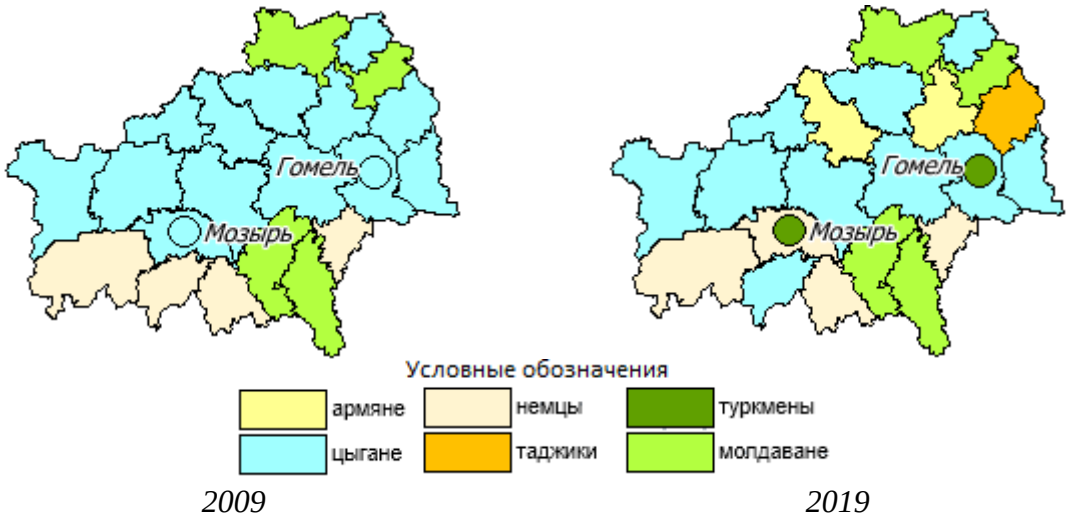


Рисунок 2 – Доминирующие этнические группы из числа не входящих в первую пятерку по районам и крупнейшим городам Гомельской области в 2009 и 2019 гг.

На уровне административных районов и областного центра динамика численности основных национальностей отличалась значительной вариабельностью (таблица 3). В 1979–1989 гг. население белорусов росло в крупных городах: в Жлобине оно выросло на 55,8 %, в Рогачеве – на 51,0 %, в Мозыре – на 42 %, в Гомеле – на 33,6 %, в Калинковичах – на 27,4 %, в Речице – на 18,4 %, в Добруше – на 4,8 %. Без учета этих городов снижение численности белорусского населения в данный период происходило во всех без исключения районах. В тот же период почти во всех районах увеличилась численность русских (кроме Брагинского и Лельчицкого районов, однако и в них величина снижения была намного меньше, чем белорусов) и украинцев (кроме Брагинского, Наровлянского и Хойникского районов, наиболее пострадавших от аварии на ЧАЭС). Численность евреев снизилась во всех районах, кроме Октябрьского, где в 1979 г. она была самой низкой – 12 человек, а в 1989 г. увеличилась до 15; также почти во всех районах, кроме Наровлянского, значительно выросла численность этнических групп, не входящих в первую пятерку. Численность поляков снизилась в 9 из 21 района.

Период 1989–1999 гг. характеризовался дальнейшим снижением численности белорусов во всех регионах, кроме крупных городов – Жлобина (рост на 33,5 %),

Мозыря (на 19,6 %), Светлогорска (на 11,9 %), Гомеля (на 9,3 %), Рогачева (на 6,9 %), Речицы (на 3,9 %).

Таблица 3 – Относительный прирост численности населения этнических групп Гомельской области по сравнению с предшествующей переписью в 1989–2019 гг., %

Город Гомель и районы	белорусы				русские				украинцы			
	1989	1999	2009	2019	1989	1999	2009	2019	1989	1999	2009	2019
г. Гомель	33,6	9,3	11,3	3,3	27,2	–24	–35	2,4	35,5	–27,7	–38	–22,4
Брагинский	–43,3	–33,4	–13,6	–11,2	–7,3	–7	–28,4	–7,4	–29,8	–44,2	–65,6	–48,2
Буда-Кошелевский	–14,5	–7,8	–23,1	–15,8	41,4	–13,4	–29,4	27,3	62,6	–36,9	–40	–23,7
Ветковский	–22,3	–40,5	–12,2	–6	5,2	–29	–17,1	–14,9	43,1	–29,2	–10,6	–4,5
Гомельский	–6,6	–2,2	–3,6	–2,9	22,9	–24,9	–28,1	8,5	51,5	–24,8	–35,2	–18,4
Добрушский	–10,5	–10,1	–10,7	–10,1	3,3	–26,6	–36,6	–13	74,1	–17,9	–41,2	2,8
Ельский	–8,3	–15,1	–14,4	–15,2	1,9	–14,2	–36,1	–2,5	19,1	–30,8	–49,7	–15,5
Житковичский	–7,9	–3,4	–16,1	–14,5	15,4	–24,3	–38,4	–16,2	6,6	–27,7	–46,5	–34,7
Жлобинский	13	11	0,9	–0,3	80,2	7,5	–29,2	–9,2	84,5	–11,3	–29,3	–22,5
Калинковичский	–6	–4,3	–9,4	–11	10,4	–29,6	–32	–9	19,1	–33,2	–34,4	–18,3
Кормянский	–13,7	–29	–15,8	–9,5	22,8	–21,8	–41,5	16,4	20,4	–30,5	–35,1	–6
Лельчицкий	–13,4	–5,9	–12	–10,4	–1,3	38,9	–37,2	28	26,7	–17,8	–48,4	13,8
Лоевский	–12	–12,1	–18,3	–15,3	34,3	–11,5	–33,8	–37,3	13,3	–4,7	–51,4	–39,4
Мозырский	19,6	12,3	3,1	–3,3	19,9	–16,2	–35,7	–0,2	45,4	–22,5	–40,5	–4,1
Наровлянский	–27	–41,8	–4,5	–5,7	19	–15,6	–19,8	7,1	–51,1	–44,5	–32,4	–29,3
Октябрьский	–8,3	–1,2	–19,9	–13,1	29,1	–8,9	–43,3	14,5	38,6	–10,5	–35,4	–13,9
Петриковский	–12,3	–7,7	–21,5	–21,1	1,4	–38,7	–37,6	–10	1,4	–33,1	–42,2	–23
Речицкий	–2,1	–3,8	–3,9	–5,8	19	–15	–36,3	–12,4	22,1	–22	–39,9	–15,3
Рогачевский	2,7	–7,1	–12,6	–10,5	22,3	–16,3	–40,4	–4,9	31	–20,4	–46,7	–22,7
Светлогорский	11,4	5,3	–2,9	–13,6	17,3	–11,5	–36,2	–14,2	29,2	–17,5	–36,7	–7,1
Хойникский	–25,4	–32,8	–13	–12,6	0,7	–7	–31,2	–15,6	–15,1	–27	–34,3	–20,7
Чечерский	–16,9	–36,3	–10,2	–7,5	32,5	8,4	–38,1	8,3	59,4	–37,9	–36,7	–4,5
ВСЕГО	1,5	–2,5	–2,5	–4,7	24,3	–19,6	–34,4	–2,1	28,1	–26,3	–38,9	–18,9

Город Гомель и районы	поляки				евреи				другие			
	1989	1999	2009	2019	1989	1999	2009	2019	1989	1999	2009	2019
г. Гомель	12,2	–10	–39,2	61,6	–14,6	–82,1	–58,5	–23,9	57,2	–9	–23,7	9,7
Брагинский	–55,2	–26,9	–63,2	–14,3	–53,5	–87,2	–50	–66,7	31,2	38,6	–40,7	–30,1
Буда-Кошелевский	80	–30,6	–56	27,3	–31,4	–66,7	–31,3	–18,2	60,7	31,6	–25,6	–17,7
Ветковский	61,1	55,2	–64,4	12,5	–33,7	–76,4	–84,6	0	86,9	4	–13,5	–8,9
Гомельский	11,1	–4,3	–32,8	26,7	–35,3	–54,7	–52,9	168,8	90,6	6,1	–6,1	–19,2
Добрушский	21,4	–11,8	–31,1	48,4	–38,8	–65,4	–88,9	50	84,1	5,5	–4,1	16
Ельский	21,4	–33,3	–66,2	21,7	–48,8	–80,6	–61,9	37,5	31,8	–14,7	–29,7	10,8
Житковичский	–5	–36,5	–39,7	–9,1	–42,1	–80,9	–52,4	140	55,6	3,4	–40,3	–29,9
Жлобинский	–12,1	5,1	–42,4	32,9	–21,2	–64,7	–68,3	16,7	14,4	13,4	–32,3	–18,3
Калинковичский	27,7	–21	–45,1	–9,7	–25	–87,8	–50,3	–22,2	43,9	–5,4	–40,9	–25,3
Кормянский	50	–33,3	–57,1	–16,7	–43,4	–81,7	–18,2	–66,7	41,8	92,3	–41,3	9,1
Лельчицкий	–52,8	6,9	–16,1	–38,5	–50	–42,9	–62,5	66,7	158,5	–11,3	–51,1	17,4
Лоевский	6,3	52,9	–61,5	–30	–30	–54,3	–43,8	–55,6	220,5	18,4	–49,1	–37,6
Мозырский	–1,4	–27,8	–57,6	79,6	–12,2	–81,9	–70,1	41,5	62,2	–9,1	–29,6	–2,7
Наровлянский	–27	–62,9	–44,2	–42,1	–40,4	–89	–71,4	25	–22,3	–21,6	–49,7	2,7
Октябрьский	26,5	–4,7	–68,3	69,2	25	–53,3	–57,1	–100	21,6	32,6	–24	–8,8
Петриковский	6	0,7	–52,4	–23,5	–29,2	–59,6	–50	–36,4	11,2	–19	–34,9	–54,6
Речицкий	–2	–11,5	–43,5	16	–33	–81,6	–65	–36	18,7	–8,2	–20	–11,8
Рогачевский	0,9	–32,5	–46,8	22	–28,4	–71,5	–74,5	–23,8	55,7	16,7	–41,6	–14,2
Светлогорский	–6,9	–21,8	–44,8	11,9	–18,7	–70,7	–59,5	20,4	57,3	–16,7	–37,7	–18,8
Хойникский	–10,8	–27	–46,3	–24,1	–38,4	–86,7	–31,3	–59,1	42,7	41,9	–34,6	–36,1
Чечерский	26,7	–26,3	–78,6	200	–32,5	–81,8	–64,3	–60	72,9	18,2	–31,5	2
ВСЕГО	–3,7	–21,6	–45,2	31,4	–17,9	–81,4	–60,3	–16,2	46	–2	–28,2	–6,4

Русское население, в противоположность предыдущему периоду, стало заметно сокращаться, его прирост отмечен лишь в Чечерском и Лельчицком районах, а также в г. Жлобине (на 11,5 %). Численность украинцев снизилась во всех регионах, наименьшие темпы снижения отмечены в Лоевском районе, а наибольшие – в Брагинском (где доля украинцев вплоть до 1999 г. включительно была самой высокой из всех районов) и Наровлянском (где эта доля также была одна из наиболее высоких, уступая лишь Наровлянскому району и г. Гомелю). Численность евреев снизилась повсеместно, более чем в два раза она снизилась почти во всех районах, кроме Лельчицкого (где в 1989 г. она была самая низкая – 14 человек), а в 10 районах и г. Гомеле – более чем в пять раз.

Динамика численности этнических групп, не входящих в первую пятерку, варьировала в широких пределах, максимальный прирост ее был отмечен в Кормянском районе (почти в 2 раза), также наиболее высокие величины отмечены в Брагинском и Хойникском районах, т. е. районах, в наибольшей степени пострадавших от аварии на ЧАЭС, возможность переселения в которые была наиболее простой в финансовом и организационном отношении.

Для периода 1999–2009 гг. характерно снижение численности русских и украинцев во всех регионах, причем темпы снижения увеличились также повсеместно, за исключением Ветковского района. Численность белорусов по-прежнему росла лишь в крупных городах, однако в 7 районах из 19, где наблюдалась убыль белорусов, ее темпы стали ниже, чем в предыдущий межпереписной период. Во всех регионах интенсивно снижается доля поляков, евреев и прочих национальностей.

В 2009–2019 гг. рост численности белорусов в крупных городах либо заметно снизился (в Гомеле, Жлобине, Речице), либо стал отрицательным (в Светлогорске, Мозыре, Рогачеве). Вместе с тем в 15 районах темпы убыли снизились, их рост отмечен в Ельском, Жлобинском, Калинковичском, Мозырском, Наровлянском, Речицком, Светлогорском районах; в целом по области относительные темпы снижения численности белорусов увеличились почти в два раза по сравнению с периодом 1999–2009 гг. Численность русских увеличилась в г. Гомеле и 7 районах, почти во всех остальных (кроме Лоевского) темп снижения численности русских уменьшился.

В результате в целом по области численность русских хотя и уменьшилась, однако на небольшую, (особенно по сравнению с предыдущим периодом) величину. Численность украинцев продолжала интенсивно сокращаться, лишь в двух районах (Добрушский и Лельчицкий) зафиксирован ее рост. Впервые зафиксирован прирост численности поляков в области. Темпы уменьшения численности евреев и прочих национальностей уменьшились.

Таблица 4 – Доля населения этнических групп в Гомеле и Мозыре от общей численности их населения в Гомельской области, %

Население	Год					Год				
	1979	1989	1999	2009	2019	1979	1989	1999	2009	2019
	г. Гомель					г. Мозырь				
В целом	24,7	30,5	31,4	34,2	36,8	4,6	6,1	7,1	7,6	7,6
Белорусы	19,2	25,3	28,3	32,3	35,1	4,1	5,8	7,1	7,7	7,6
Русские	49,9	51,1	48,2	47,8	50,0	6,7	6,6	6,8	6,5	6,5
Поляки	23,0	26,8	30,8	34,2	42,0	10,5	11,7	11,0	8,0	11,8
Украинцы	46,5	49,2	48,2	49,0	46,8	6,1	7,1	7,4	6,9	8,2
Евреи	69,0	71,3	68,8	71,9	65,3	9,3	9,9	9,6	7,1	11,0
Прочие	34,0	36,6	34,0	36,1	42,4	5,7	6,3	5,7	5,3	5,6

Значительная доля населения миноритарных этнических групп сконцентрирована в крупных городах (таблица 4). Около половины населения русских и украинцев Гомельской области и около 2/3 евреев стабильно сосредоточено в Гомеле. Также постоянно увеличивается доля поляков и прочих национальностей, проживающих в Гомеле, от общего их количества в области. В Мозыре доля евреев и поляков также стабильно превышает долю всего населения города от общей численности населения области.

Показателем, отражающим неравномерность распределения населения этнических групп по районам, является индекс этнической концентрации ($К_{эк}$), показывающий, во сколько раз доля населения данной национальности в районе превышает его долю в целом по области. Особенно значимыми его величинами можно считать 0,5 и 2, т. е. в два раза выше и в два раза ниже, чем в среднем по области. Этот показатель был рассчитан для основных миноритарных этнических групп, а также для категории «прочие национальности» в 1979–2019 гг. (рисунки 3–7).

Динамика территориальной концентрации русских (рисунок 3) характеризуется постепенным уменьшением неравномерности распределения по области: если в 1979 г. доля русских в 11 районах была более чем в два раза ниже, чем в среднем по области, то к 2019 г. таких районов осталось 6. Концентрация русских, в два раза превышающая среднеобластной показатель, была зафиксирована только в Гомеле в 1979 г., но уже к 1989 г. она снизилась и больше ни в одном районе не превышала указанный порог. Существенное снижение $К_{эк}$ отмечено и для Мозырского района. Ареалом со стабильным значением $К_{эк} < 0,5$ стала западная часть области.

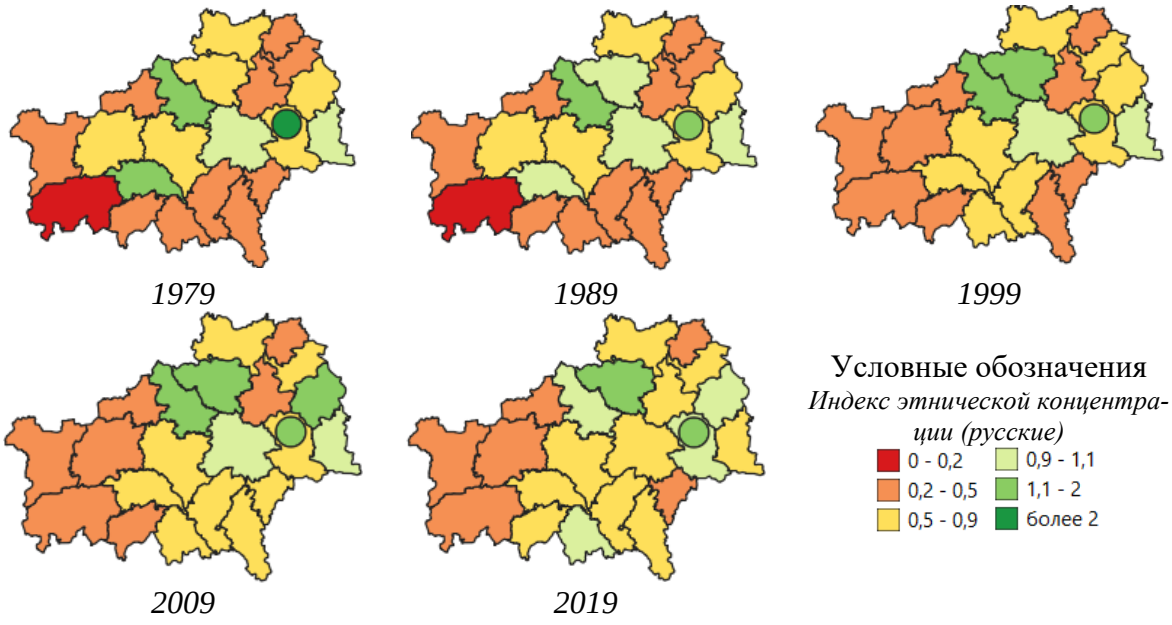


Рисунок 3 – Индекс этнической концентрации русских по районам Гомельской области и г. Гомелю в 1979–2019 гг.

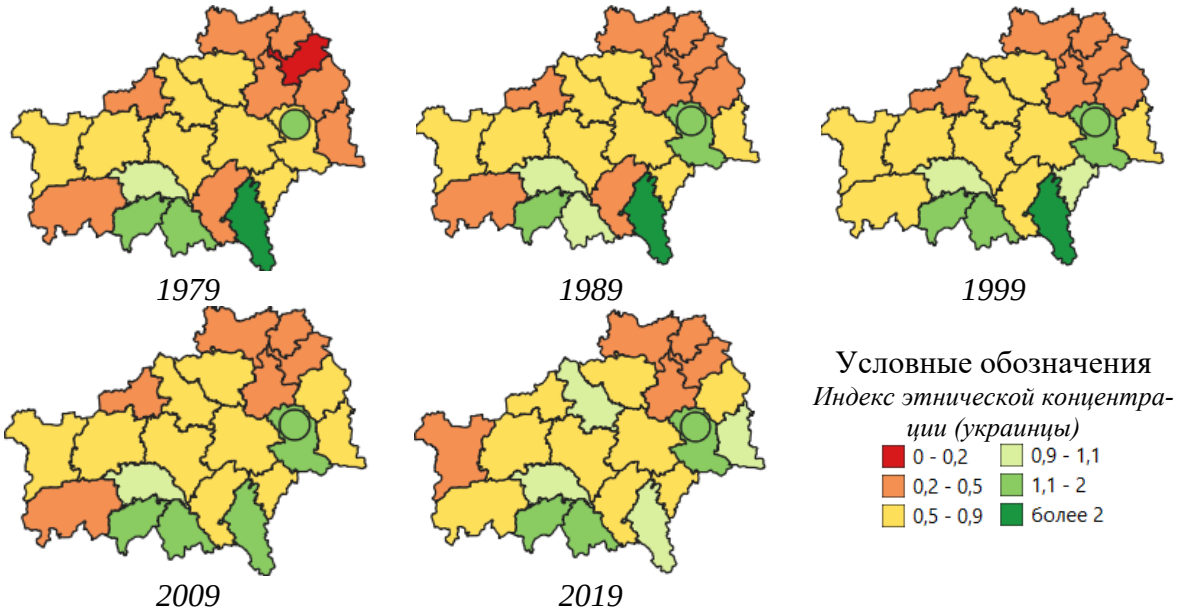


Рисунок 4 – Индекс этнической концентрации украинцев по районам Гомельской области и г. Гомелю в 1979–2019 гг.

У украинцев (рисунок 4) в советское и раннее постсоветское время в Наровлянском районе $К_{эк}$ превышал 2, но к 2019 г. концентрация украинцев в нем снизилась до среднеобластных показателей. Пониженными (менее 0,5) значениями $К_{эк}$ отличается северо-восточная часть области, повышенными (более 1,1) – южные районы, а также г. Гомель и Гомельский район.

Для поляков, также в 1979 г. характеризовавшихся резкими территориальными различиями концентрации, к 2019 г. наблюдается заметное уменьшение крайних значений (более 2 и менее 0,2) $К_{эк}$ по районам (рисунок 5).

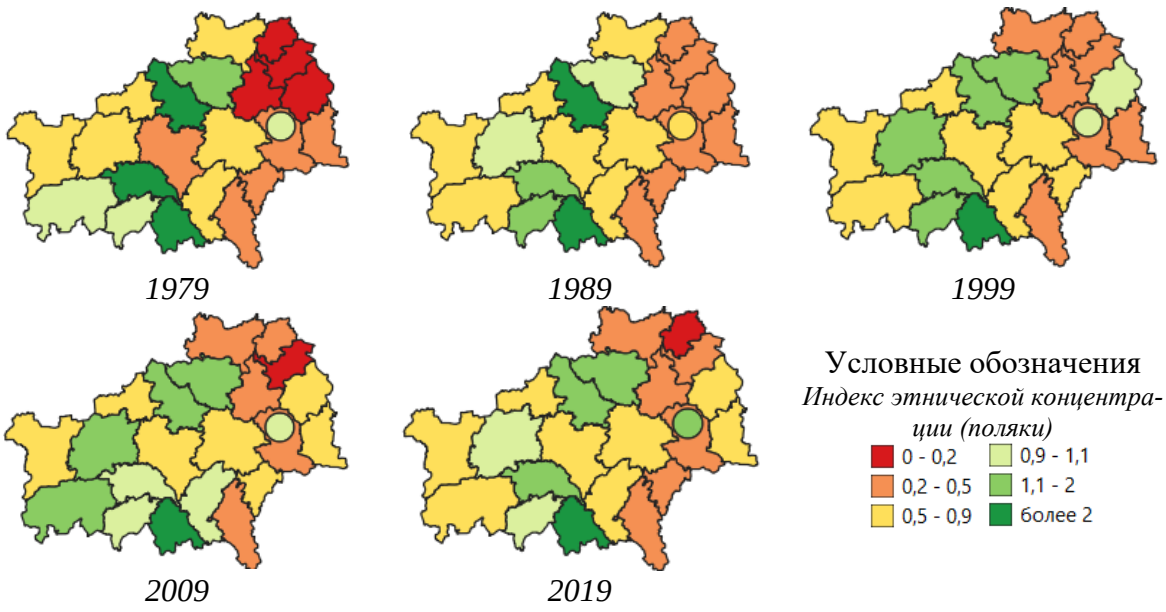


Рисунок 5 – Индекс этнической концентрации поляков по районам Гомельской области и г. Гомелю в 1979–2019 гг.

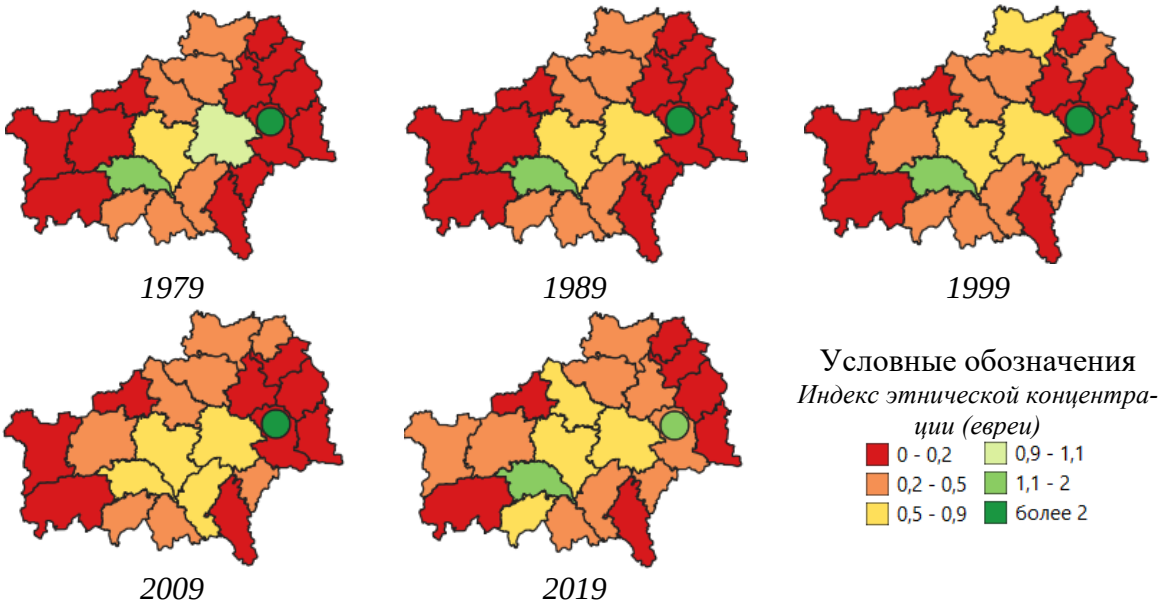


Рисунок 6 – Индекс этнической концентрации евреев по районам Гомельской области и г. Гомелю в 1979–2019 гг.

Евреи отличались наиболее неравномерным распределением по территории области, в целом сохраняющимся и в постсоветское время; в 2019 г. значение $К_{эк} > 2$, сохранявшееся на протяжении длительного времени, снизилось меньше этого порога (рисунок 6).

Для прочих национальностей (рисунок 7) наблюдается заметное изменение характера территориальной концентрации, и к 2019 г. более высокие значения $К_{эк}$ наблюдаются главным образом в восточных районах области.

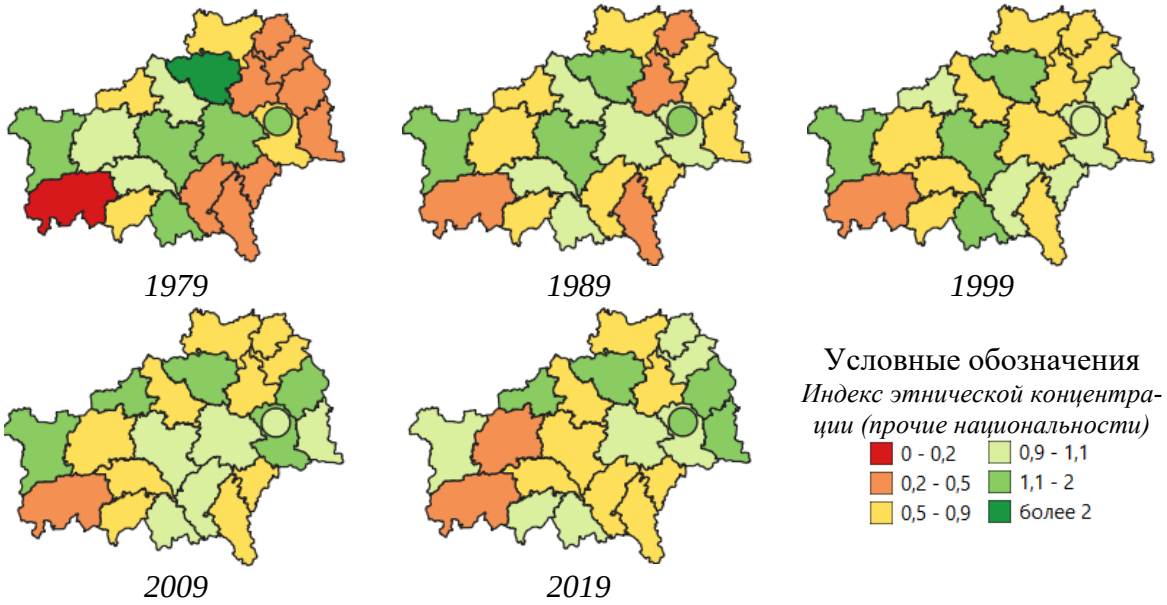


Рисунок 7 – Индекс этнической концентрации категории «прочие национальности» по районам Гомельской области и г. Гомелю в 1979–2019 гг.

Таблица 5 – Показатели неравномерности территориального распределения населения этнических групп по Гомельской области

Год	белорусы	русские	украинцы	евреи	поляки	другие
Среднеквадратичное отклонение индексов этнической концентрации						
1979	0,09	0,44	0,55	0,62	1,96	0,56
1989	0,08	0,37	0,46	0,54	2,11	0,36
1999	0,06	0,32	0,45	0,47	1,54	0,30
2009	0,04	0,31	0,33	0,44	1,60	0,29
2019	0,04	0,27	0,29	0,41	0,74	0,28
Коэффициент Джини						
1979	0,07	0,35	0,23	0,54	0,02	0,18
1989	0,07	0,28	0,21	0,49	0,03	0,12
1999	0,04	0,22	0,19	0,45	0,02	0,04
2009	0,02	0,18	0,17	0,42	0,01	0,03
2019	0,02	0,16	0,12	0,35	0,11	0,07
Индекс территориальной концентрации						
1979	0,06	0,28	0,28	0,47	0,32	0,21
1989	0,05	0,22	0,22	0,43	0,26	0,13
1999	0,03	0,19	0,19	0,39	0,19	0,11
2009	0,02	0,16	0,17	0,38	0,16	0,10
2019	0,02	0,14	0,12	0,32	0,18	0,11

Для оценки пространственной неоднородности распределения этнических групп по области в целом и ее динамики во времени был рассчитан ряд показателей (таблица 5). Видно, что эти показатели для всех этнических групп демонстрируют тенденцию к снижению, т. е. к большей степени равномерности распределения населения этнических групп по территории области. Исключение составляют поляки, для которых в 2019 г. коэффициент Джини показал значительный рост, что вызвано, по всей видимости, нетипичной динамикой численности данной этнической группы в 2009–2019 гг., в частности, резкими разнонаправленными ее изменениями в различных районах, увеличением численности польского населения в Гомеле на 61,6 %, а в целом по области – на 31,4 %, причины чего должны являться предметом специального исследования.

Этническую гетерогенность (этническое разнообразие) населения районов отражает индекс этнической энтропии, который равен нулю при полной этнической гомогенности (когда в регионе проживает только одна этническая группа) и принимает максимальное значение, равное $\log_2 N$ (где N – количество этнических групп, использовавшееся для расчета индекса), при абсолютно равной доле всех этнический групп в населении. На рисунке 8, где отражена динамика данного показателя по районам области, видно, что в 1979–1989 г. увеличилась этническая гетерогенность почти всех регионов, а в постсоветское время начала интенсивно возрастать гомогенность и уменьшаться различия этнического разнообразия районов. В итоге, если в конце советского периода величину индекса этнической энтропии, превышающую 0,6, имели 11 районов и г. Гомель, а ниже 0,4 – 3 района, то в 2019 г. только Светлогорский район и г. Гомель имели значение выше 0,6, а ниже 0,4 – 7 районов. Значительно снизился и индекс этнической энтропии областного центра.

В целом в области данный показатель в 1979–1989 гг. несколько вырос, в 1989–2009 гг. уменьшился в 1,6 раза, а в 2009–2019 гг. практически не изменился (таблица 6).

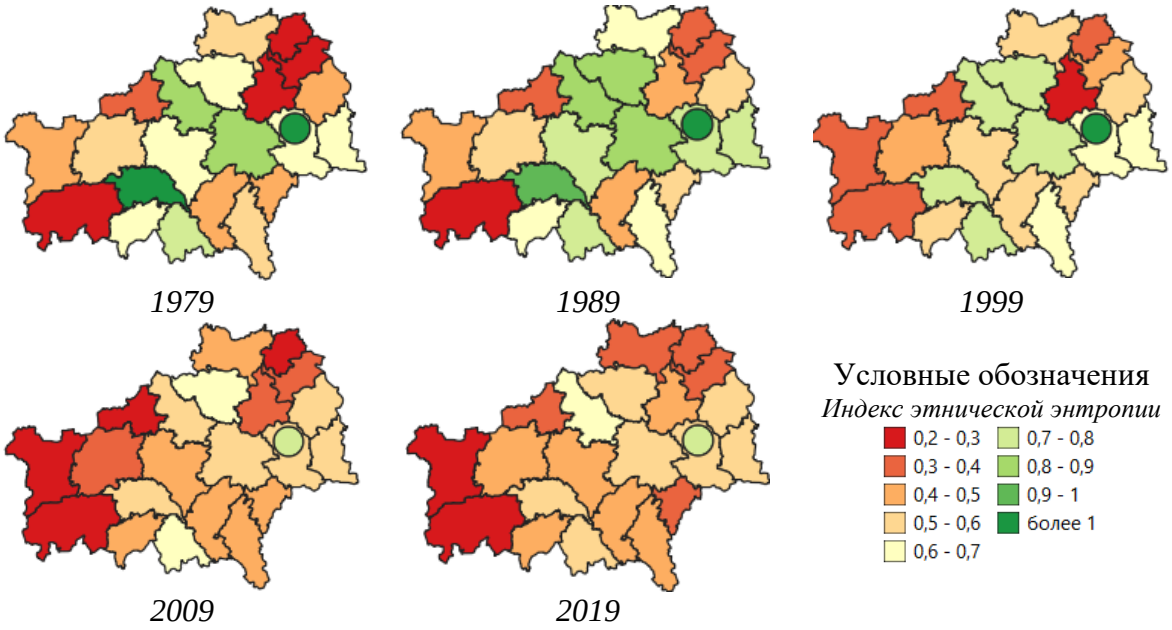


Рисунок 8 – Индекс этнической энтропии по районам Гомельской области и г. Гомелю в 1979–2019 гг.

Таблица 6 – Индекс этнической энтропии Гомельской области, 1979–2019 гг.

Год	1979	1989	1999	2009	2019
Индекс этнической энтропии	0,890	0,953	0,768	0,592	0,594

Расчет индекса сходства Ружички позволил количественно оценить сходство районов и г. Гомеля по этническому составу в 1989 и 2019 гг. друг с другом и среднюю величину сходства района со всеми другими районами области (таблица 7). Среднее по всем парам районов области значение коэффициента сходства в 1989 г. – 0,85, в 2019 г. – 0,93, т. е. в постсоветский период характеризовался постепенным снижением дисперсности этнического состава.

В 1989 г. наименьшее сходство наблюдалось между г. Гомелем и Лельчицким районом (0,55), а самое высокое – между Кормянским и Чечерским, Кормянским и Октябрьским, Буда-Кошелевским и Октябрьским (0,99). В 2019 г. увеличились значения коэффициента сходства для всех пар районов, и единственной административное единицей, где средний коэффициент сходства был менее 0,9, стал г. Гомель, а самым низким значением коэффициента сходства между парами – 0,80 (г. Гомель и Лельчицкий район, г. Гомель и Житковичский район).

Сходство между районами и областью в целом, в состав которой они входят, характеризует коэффициент включения, или несимметричный коэффициент сходства. Его значения для всех районов также выросли с 1989 по 2019 г. (рисунок 9).

Самыми низкими значениями индекса включения в 1989 г. характеризовались районы с наиболее высокой долей белорусов и незначительными долями других этнических групп (Лельчицкий, Буда-Кошелевский, Чечерский, Кормянский) и г. Гомель, где, напротив, в населении отмечалась значительная представленность этнических меньшинств. Самыми же высокими значениями отличались районы с крупными промышленными центрами (Жлобинский, Мозырский, Речицкий, Светлогорский), этнический состав которых в наибольшей степени соответствовал среднему по области.

Для этих же районов индекс включения изменился на минимальную величину, в наибольшей же степени он вырос у г. Гомеля.

Таблица 7 – Сходство этнического состава населения районов и г. Гомеля в 1989 г. (под диагональю) и 2019 г. (над диагональю)

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**15**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	***Ср.***
1		,84	,86	,91	,93	,89	,85	,80	,93	,85	,82	,80	,81	,91	,90	,83	,85	,90	,84	,95	,85	,84	*0,86*
2	,63		,96	,93	,90	,95	,97	,95	,91	,98	,97	,94	,96	,93	,93	,98	,97	,94	,98	,89	,98	,98	*0,94*
3	,58	,87		,95	,92	,97	,96	,93	,93	,97	,95	,92	,93	,95	,95	,95	,97	,96	,98	,91	,97	,97	*0,95*
4	,62	,86	,93		,96	,98	,93	,89	,98	,94	,91	,88	,90	,97	,98	,91	,93	,99	,93	,95	,94	,92	*0,94*
5	,71	,85	,82	,87		,95	,91	,86	,96	,91	,88	,85	,87	,97	,96	,88	,91	,96	,90	,98	,91	,90	*0,92*
6	,69	,85	,85	,90	,95		,94	,90	,96	,96	,92	,90	,92	,97	,98	,93	,95	,99	,95	,94	,95	,94	*0,94*
7	,64	,94	,91	,90	,88	,87		,93	,91	,98	,95	,93	,94	,93	,94	,96	,98	,94	,96	,89	,97	,95	*0,94*
8	,59	,88	,98	,94	,84	,87	,93		,87	,94	,98	,99	,98	,88	,88	,97	,94	,90	,95	,84	,94	,96	*0,92*
9	,73	,81	,80	,84	,94	,94	,83	,81		,92	,88	,86	,88	,97	,96	,89	,92	,97	,91	,97	,92	,90	*0,92*
10	,66	,89	,88	,93	,90	,92	,92	,90	,88		,96	,94	,95	,94	,94	,97	,99	,95	,97	,90	,98	,97	*0,95*
11	,57	,86	,98	,92	,80	,83	,89	,96	,78	,59		,96	,98	,90	,90	,98	,97	,91	,97	,86	,96	,98	*0,93*
12	,55	,84	,94	,88	,78	,81	,86	,93	,75	,59	,95		,98	,88	,88	,96	,94	,89	,93	,84	,94	,94	*0,91*
13	,61	,89	,96	,95	,86	,88	,93	,98	,83	,62	,94	,91		,90	,90	,98	,96	,91	,95	,86	,96	,96	*0,93*
14	,76	,80	,77	,82	,93	,90	,82	,79	,94	,96	,75	,73	,80		,97	,91	,93	,97	,93	,95	,94	,92	*0,93*
15	,63	,91	,88	,88	,88	,88	,94	,90	,84	,70	,86	,83	,91	,83		,91	,93	,99	,93	,94	,94	,92	*0,93*
16	,57	,86	,99	,93	,81	,84	,90	,97	,79	,59	,99	,95	,95	,76	,87		,97	,92	,97	,87	,97	,98	*0,94*
17	,62	,88	,94	,97	,87	,90	,93	,96	,85	,64	,92	,89	,97	,82	,91	,93		,95	,97	,89	,98	,96	*0,95*
18	,72	,82	,81	,86	,95	,95	,84	,83	,97	,88	,79	,77	,84	,95	,85	,80	,86		,94	,94	,95	,93	*0,94*
19	,63	,87	,92	,98	,88	,91	,92	,93	,86	,68	,90	,87	,94	,83	,90	,91	,97	,88		,89	,99	,99	*0,95*
20	,74	,79	,78	,83	,92	,92	,82	,80	,98	,93	,76	,74	,81	,94	,83	,77	,83	,94	,84		,89	,88	*0,91*
21	,59	,87	,98	,94	,83	,86	,92	,98	,81	,60	,96	,93	,97	,79	,90	,97	,95	,83	,94	,79		,98	*0,95*
22	,57	,86	,97	,92	,80	,83	,89	,95	,78	,59	,99	,95	,94	,75	,86	,98	,92	,79	,90	,76	,96		*0,94*
Ср.	*0,64*	*0,85*	*0,88*	*0,89*	*0,86*	*0,87*	*0,88*	*0,89*	*0,85*	*0,77*	*0,86*	*0,83*	*0,88*	*0,83*	*0,86*	*0,86*	*0,88*	*0,85*	*0,88*	*0,83*	*0,87*	*0,86*	

Примечание – 1 – г. Гомель; районы: 2 – Брагинский; 3 – Буда-Кошелевский; 4 – Ветковский; 5 – Гомельский; 6 – Добрушский; 7 – Ельский; 8 – Житковичский; 9 – Жлобинский; 10 – Калинковичский; 11 – Кормянский; 12 – Лельчицкий; 13 – Лоевский; 14 – Мозырский; 15 – Наровлянский; 16 – Октябрьский; 17 – Петриковский; 18 – Речицкий; 19 – Рогачевский; 20 – Светлогорский; 21 – Хойникский; 22 – Чечерский.

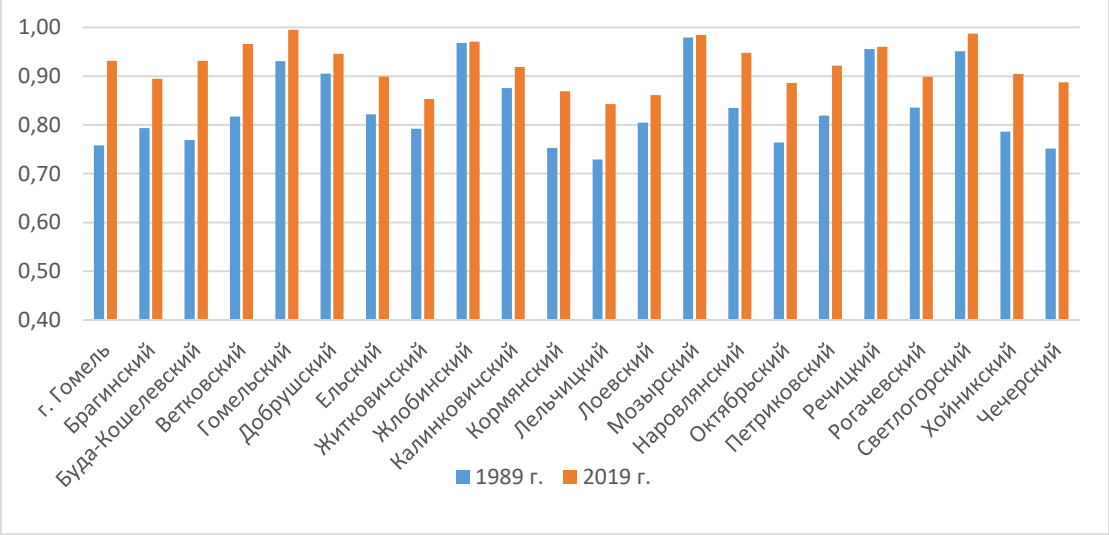


Рисунок 9 – Индекс включения (мера количественного сходства этнического состава районов с областью в целом) районов Гомельской области и г. Гомеля в 1989 и 2019 гг.

Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что основными чертами пространственно-временной динамики этнического состава Гомельской области в позднесоветское и постсоветское время являются:

1. В 1979–1989 гг. доля белорусов, поляков и евреев в целом по области снижалась, доля русских, украинцев и совокупности прочих национальностей росла. Численность белорусов при этом снижалась повсеместно за исключением районов с крупными промышленными райцентрами и областного центра; численность же русских, украинцев и прочих национальностей в основном повсеместно росла. В постсоветское время доля белорусов стала возрастать, остальных национальностей – снижаться. Максимальная величина снижения численности евреев отмечена в 1989–1999 гг., русских, украинцев, поляков и прочих национальностей – в 1999–2009 гг. В период 2009–2019 гг. темпы снижения численности белорусов ускорились, а остальных национальностей заметно снизились.

2. Основные изменения в структуре этнических групп, не входящих в первую пятерку, заключаются в перемещении на более высокие места по численности населения титульных народов Средней Азии и Закавказья и на более низкие места титульных народов республик России и бывших союзных республик европейской части СССР, а также немцев.

3. Около двух третей населения евреев и около половины населения других этнических меньшинств области сконцентрировано в областном центре. Во втором по численности городе области – Мозыре – доля евреев и поляков также существенно превышает долю всего населения города от общей численности населения области.

4. Индекс этнической концентрации, отражающий уровень неоднородности распределения населения по районам для русских и украинцев показывает постепенное сглаживание вариабельности концентраций этих этнических групп по районам: уменьшилось число районов с наиболее высокими и наиболее низкими значениями данного показателя. Для поляков и евреев изменения индекса менее существенны, для категории «другие национальности» наблюдается заметное изменение характера территориальной концентрации.

5. В постсоветское время заметно уменьшается этническая гетерогенность населения регионов: снижается показатель этнического разнообразия – индекс этнической энтропии – как в целом по области, так и практически во всех районах, самая большая величина снижения в областном центре и районах с крупными райцентрами. Соответственно, увеличивается показатель этнического сходства между всеми парами районов, а также между районами и областью в целом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Елизарова, Г. В. Национальность и язык: исторические особенности формирования национального состава населения Гомельщины / Г. В. Елизарова // Беларусь і суседзі: гістарычныя шляхі, узаемадзеянне і ўзаемаўплывы : матэрыялы II Міжнар. навук. канф., Гомель, 9–10 кастр. 2008 г. / рэдкал.: Р. Р. Лазько (гал. рэд.) [і інш.]. – Гомель : ГДУ імя Ф. Скарыны, 2008. – С. 247–253.

2. Итоги Всесоюзной переписи населения 1989 года. Т. II : Уровень образования, национальный состав населения / Упр. стат. Гомел. обл. – Гомель, 1991. – 439 с.

3. Национальный состав населения Республики Беларусь и распространенность языков : стат. сб. / М-во статистики и анализа Респ. Беларусь ; редкол.: Г. И. Гасюк (гл. ред.), С. В. Лукашевич. – Мн., 2001. – 451 с.

4. Итоговые данные переписей населения Республики Беларусь / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – URL: https://census.belstat.gov.by (дата обращения: 22.01.2026).

5. Соколов, А. С. Математико-картографические методы оценки этнической неоднородности (на примере Белоруссии) / А. С. Соколов // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. – 2025. – Т. 18, № 1.– С. 53–75.

6. Житин, Д. В. Территориальная концентрация этнических групп населения в Санкт-Петербурге / Д. В. Житин, А. И. Краснов // Известия Русского географического общества. – 2015. – Т. 147, № 2. – С. 56–72.

7. Родионов, И. В. О доверительном оценивании на основе количественных коэффициентов сходства / И. В. Родионов, А. Н. Созонтов // Автоматика и телемеханика. – 2020. – № 2. – С. 157–172.

8. Семкин, Б. И. Об использовании биоинформационных технологий в сравнительной флористике. II. Меры включения дескриптивных множеств и их использование / Б. И. Семкин, А. П. Орешко, М. В. Гошков // Бюллетень Ботанического сада – нститута ДВО РАН. – 2009. – Вып. 4. – С. 58–70.

9. Reardon, S. F. Measures of Multigroup Segregation / S. F. Reardon, G. Firebaugh // Sociological Methodology. – 2002. – Vol. 32, nr 1. – P. 32–67.

10. Заруцкий, С. А. Трансформация этнического состава и структуры населения Брестской области в XX – начале XXI столетия / С. А. Заруцкий // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2015. – № 1. – С. 63–70.

11. Сущий, С. Я. Русские ближнего зарубежья в постсоветский период: геодемографические, этносоциальные, социокультурные аспекты / С. Я. Сущий // Народонаселение. – 2021. – Т. 24, № 1. – С. 103–116.

12. Лин, Д. Г. Структурные особенности национального состава населения Гродненской области / Д. Г. Лин // Гродна і гродзенцы: дзевяць стагоддзяў гісторыі (да 880-годдзя горада) : матэрыялы Міжнар. навук. канф., Гродна, 10–11 крас. 2008 г. / рэдкал.: А. І. Антоненка [і інш.]. – Гродна, 2008. – С. 356–361.

REFERENCES

1. Yeizarova, G. V. Natsional’nost’ i yazyk: istoricheskie osobennosti formirovanija natsional’nogo sostava naselenija Gomel’shhiny / G. V. Yeizarova // Belarus’ i susedzi: gistarychnyya shlyahi, uzaemadzejanne i uzaemauplyvy : matjeryjaly II Mizhnar. navuk. kanf., Gomel’, 9–10 kastry. 2008 g. / rjedkal.: R. R. Laz’ko (gal. rjed.) [i insh.]. – Gomel’ : GDU imja F. Skaryny, 2008. – S. 247–253.

2. Itogi Vsesoyuznoi perepisi naselenija 1989 goda. Tom II. Uroven’' obrazovaniia, nacional’nyi sostav naseleniya / Upr. stat. Gomel. oblasti. – Gomel’, 1991. – 439 s.

3. Nacional’nyi sostav naseleniya Respubliki Belarus’ i rasprostranennost’ yazykov : stat. sb. / M-vo statistiki i analiza Resp. Belarus’ ; redkol.: G. I. Gasik (gl. red.), S. V. Lukashevich. – Mn. 2001. – 451 s.

4. Itogovye dannye perepisei naseleniia Respubliki Belarus. Nac. stat. kom. Resp. Belfrus. – URL: https://census.belstat.gov.by (data obrashcheniya: 22.01.2026).

5. Sokolov, A. S. Matematiko-kartograficheskie metody otsenki etnicheskoi neodnorodnosti (na primere Belorussii) / A. S. Sokolov // Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Yestestvennye i fiziko-matematicheskie nauki. – 2025. – T. 18, № 1. – S. 53–75.

6. Zhitin, D. V. Territorial’naya kontsentraciya etnicheskikh grupp naseleniya v Sankt-Peterburge / D. V. Zhitin, A. I. Krasnov // Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva. – 2015. – T. 147, № 2. – S. – 56–72.

7. Rodionov, I. V. O doveritel’nom otsenivanii na osnove kolichestvennykh koeffitsientov skhodstva / I. V. Rodionov, A. N. Sozontov // Avtomatika i telemekhanika. – 2020. – № 2. – S. 157–172.

8. Siomkin, B. I. Ob ispol’zovanii bioinformatsionnykh tekhnologij v sravnitel’noij floristike. II. Mery vkliucheniya deskriptivnykh mnozhestv i ikh ispol’zovanie / B. I. Siomkin, A. P. Oreshko, M. V. Goshkov // Biulleten’ Botanicheskogo sada – instituta DVO RAN. – 2009. – Vyp. 4. – S. 58–70.

9. Reardon, S. F. Measures of Multigroup Segregation / S. F. Reardon, G. Firebaugh // Sociological Methodology. – 2002. – Vol. 32, nr 1. – P. 32–67.

10. Zaruckii, S. A. Transformatsiya etnicheskogo sostava i struktury naseleniya Brestskoi oblasti v XX – nachale XXI stoletiya / S. A. Zaruckii // Vesnik Brestskaga universiteta. Seryya. 5, Khimiya. Biyalogiya. Navuki ab Ziamli. – 2015. – № 1. – S. 63–70.

11. Sushchii, S. Ya. Russkie blizhnego zarubezh’ya v postsovetskii period: geodemograficheskie, etnosotsial’nye, sotsiokul’turnye aspekty / S. Ya. Sushchii // Narodonaselenie. – 2021. – T. 24, № 1. – S. 103–116.

12. Lin, D. G. Strukturnye osobennosti natsional’nogo sostava naseleniya Grodnenskoi oblasti / D. G. Lin // Grodna i grodzentsy: dzeviats’ stagoddziau gistoryi (da 880-goddzia gorada) : materyyaly Mizhnar. navuk. kanf., Grodna, 10–11 kras. 2008 g. / redkal.: A. I. Antonenka [i insh.]. – Grodna, 2008. – S. 356–361.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 13.03.2026

УДК 556.5(476) + 911.37 DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-176-185

Олег Васильевич Токарчук
канд. геогр. наук, доц., доц. каф. городского и регионального развития
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
Oleg Tokarchuk
Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Urban and Regional Development
of Brest State A. S. Pushkin University
e-mail: oleg.v.tokarchuk@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ КАК МЕСТНЫЙ ФАКТОР ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ ЮГО-ЗАПАДА БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Рассмотрены особенности размещения населения юго-запада Брестской области. Обосновано выделение юго-западной части как отдельного субрегиона регионально-гидрографических исследований Брестской области (наряду с ее северо-западной, центральной, северо-восточной и юго-восточной частями). Описана модель и представлены результаты реализации авторской концепции селитебно-гидрографического анализа размещения сельских населенных пунктов субрегиона. Выявлены современные различия в количестве, площади и плотности населения в населенных пунктах. Представлены результаты группировки сельских населенных пунктов по плотности (с очень низкой, низкой, средней, высокой и очень высокой плотностью) и численности населения (хуторские, полухуторские, мелкомалые, малые, среднемалые, средние, большие, крупные, крупнейшие, сверхкрупные). Описаны особенности географии отдельных групп населенных пунктов наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды и их гидрографический статус. Предложены направления использования полученных результатов в ходе дальнейшего моделирования процессов формирования качества поверхностных вод для целей их рационального использования и охраны на локальном и субрегиональном уровне.

Ключевые слова: *региональная гидрография, субрегион, потенциальная антропогенная нагрузка, поверхностные воды, селитебно-гидрографический анализ, размещение населения, численность населения, плотность населения, приречный гидрографический статус.*

Population Distribution Features as a Local Factor of Potential Anthropogenic Load on Surface Waters in the Southwest of the Brest Region

The features of population distribution in the southwest of the Brest region are considered. The allocation of the southwestern part as a separate subregion of regional hydrographic studies of the Brest region (along with its northwestern, central, northeastern and southeastern parts) is justified. The model is described and the results of the implementation of the author's concept of residential-hydrographic analysis of the distribution of rural settlements in the subregion are presented. Modern differences in the number, area and density of population in populated areas were identified. The results of grouping rural settlements by density (very low, low, medium, high and very high density) and population size (farmstead, semi-farm, small-sized, small, medium-small, medium, big, large, largest, super-large) are presented. The geographic features of individual groups of settlements with the greatest potential impact on surface waters and their hydrographic status are described. The directions for using the obtained results in the course of further modeling of the processes of formation of surface water quality for the purposes of their rational use and protection at the local and subregional levels are proposed.

Key words: *regional hydrography, subregion, potential anthropogenic load, surface waters, residential-hydrographic analysis, population distribution, population size, population density, riverine hydrographic status.*

Введение

Изучение условий формирования поверхностных вод и влияния отдельных антропогенных факторов на воды, эколого-гидрографическое моделирование в разрезе типологических сток формирующих единиц, детализация направлений рационального использования и охраны поверхностных вод являются важными задачами развития современной региональной гидрографии Брестской области [1].

При этом недостаточно изученными факторами антропогенной нагрузки на малые водосборы региона по-прежнему выступают размещение и географические особенности селитебных территорий. Очевидным представляется тот факт, что для решения заявленных задач комплексного эколого-гидрографического моделирования явно недостаточно ограничиваться только учетом доли территории городов и сельских населенных пунктов от рассматриваемой сток формирующей площади. Особенно поверхностным ощущается такой подход на локальном уровне, в частности – на уровне административных районов и их частей.

При этом особенности размещения городского населения и его хозяйственной деятельности в данном контексте изучены значительно лучше – благодаря вовлеченности данной информации в создание схем генеральных планов городов и результатам отдельных научных исследований. Предпринимаются попытки моделирования воздействия данного фактора на поверхностные воды в разрезе локальных формирующих сток структур [2]. Сельские же населенные пункты в настоящее время пока выпадают из «фокуса» подобных работ, в большей степени выступая объектом демографических исследований.

Меняется и сама система сельского расселения. В частности, исследования последних лет констатируют для Беларуси общее снижение численности сельского населения, формирование устойчивой мелкоселенной системы расселения при сохранении большого количества сельских населенных пунктов в ее каркасе [3; 4]. Также установлено сокращение значений показателя средней людности сельских населенных пунктов и показателя плотности сельского населения. Во внутренней структуре сельского расселения Беларуси отмечается концентрация жителей в крупных поселениях при их незначительной доле в структуре расселения.

Материал и методика исследования

Теоретико-методологической основой работы являлись подходы региональной гидрографии – перспективного, формирующегося направления исследований на стыке гидрологии, регионального страноведения и природопользования. Предмет исследования – особенности размещения населения юго-запада Брестской области – рассматривался нами с общих позиций гидрографии – отдельной области (науки) в системе гидрологии, занимающейся изучением и описанием конкретных водных объектов. В данном случае особенности размещения населения рассматривались как потенциальный фактор антропогенной нагрузки на поверхностные воды. Содержательно предметное поле исследований тяготеет к региональной гидрографии – разделу, который изучает особенности водных объектов отдельных территорий с учетом их гидрологического районирования, представленных здесь речных бассейнов, возможности их использования в хозяйственной деятельности [5, с. 140]. Обоснование юго-запада Брестской области как отдельного субрегиона региональных эколого-гидрографических исследований рассматривалось в контексте разделения крупного региона на части, которые для решения задач последующего территориального управления, с одной стороны, должны объединять привычные административные единицы (районы, города областного подчинения), а с другой – отличатся спецификой гидрографической сети и условий формирования ресурсов поверхностных вод.

Краткая характеристика предлагаемых субрегионов регионально-гидрографических исследований Брестской области представлена в таблице 1.

Предлагаемые субрегионы можно разделить на две группы – *приводораздельные* и *внутрибассейновые*. На территории субрегионов первой группы (центрального, северо-западного и северо-восточного) в русловой сети преобладают верховья средних и малых рек. Это и позволяет охарактеризовать их положение как приводораздельное. Субреги-

оны второй группы (юго-западный и юго-восточный) характеризуются преобладанием в русловой сети средних и нижних течений средних и больших рек. Это позволяет сделать вывод о их внутрибассейновом положении. С точки зрения уязвимости к антропогенной нагрузке приводораздельные субрегионы находятся в менее выгодном положении, ввиду меньшей водности представленных здесь водотоков. В то же время внутрибассейновые субрегионы также требуют повышенного внимания к вопросам охраны и рационального использования ресурсов поверхностных вод, т. к. обладают большими их запасами. Данный аспект и обусловил выбор юго-западного субрегиона, характеризующегося проживанием здесь примерно 40 % населения Брестской области, в качестве модельного при разработке и апробации предлагаемой методики регионально-гидрографического изучения особенностей размещения населения как местного фактора потенциальной антропогенной нагрузки на поверхностные воды.

Таблица 1 – Характеристика субрегионов регионально-гидрографических исследований

Субрегион (входящие города областного подчинения и районы)	Доля от площади региона, %	Доля от населения региона (на 2026 г.), %			Уровень урбанизации, %	Гидрографическое положение
		всего	город	село		
Юго-западный (Брест, Брестский, Жабинковский, Кобринский, Малоритский)	17,67	39,97	45,18	26,12	82,13	Занимает внутреннюю часть бассейна реки Западный Буг в пределах Брестской области. Объединяет большую часть пограничного участка р. Западный Буг, среднее и нижнее течение р. Мухавец, низовья р. Лесная.
Юго-восточный (Пинск, Лунинецкий, Пинский, Столинский)	28,5	22,51	19,75	29,85	63,74	Занимает внутреннюю часть бассейна р. Припять в пределах Брестской области. Объединяет р. Припять и низовья ее притоков (рр. Пина, Ясельда, Стыр, Бобрик, Цна, Горынь, Лань, Случ).
Северо-восточный (Барановичи, Барановичский, Ганцевичский, Ляховичский)	16,22	18,68	20,78	13,1	80,82	Занимает приводораздельные части бассейнов рр. Щара и Припять в пределах Брестской области. Объединяет верховья рр. Щара, Бобрик, Цна, Молчадь, Сервеч.
Центральный (Березовский, Дрогичинский, Ивановский, Ивацевичский)	23,83	13,37	10,49	21,04	56,97	Занимает приводораздельные части бассейнов рр. Щара, Припять и Западный Буг в пределах Брестской области. Объединяет среднее течение рр. Щара и Ясельда, верховья р. Пина и водораздельный участок Днепровско-Бугского канала.
Северо-западный (Каменецкий, Пружанский)	13,78	5,47	3,8	9,88	50,58	Занимает транзитно-окраинную приводораздельную часть бассейна р Западный Буг на границе с бассейнами р. Припять и Неман в пределах Брестской области. Объединяет низовья пограничного участка р. Западный Буг, верховья и среднее течение р. Лесная, верховья рр. Нарев, Зельвянка и Ясельда.

В ходе настоящего исследования была апробирована модель селитебно-гидрографического анализа юго-запада Брестской области, направленная на детализа-

цию учета особенностей размещения населения как местного фактора потенциальной антропогенной нагрузки на поверхностные воды (рисунок 1).

На первом этапе анализа проводилось изучение основных характеристик населенных пунктов субрегиона: количество, людность, занимаемая площадь.

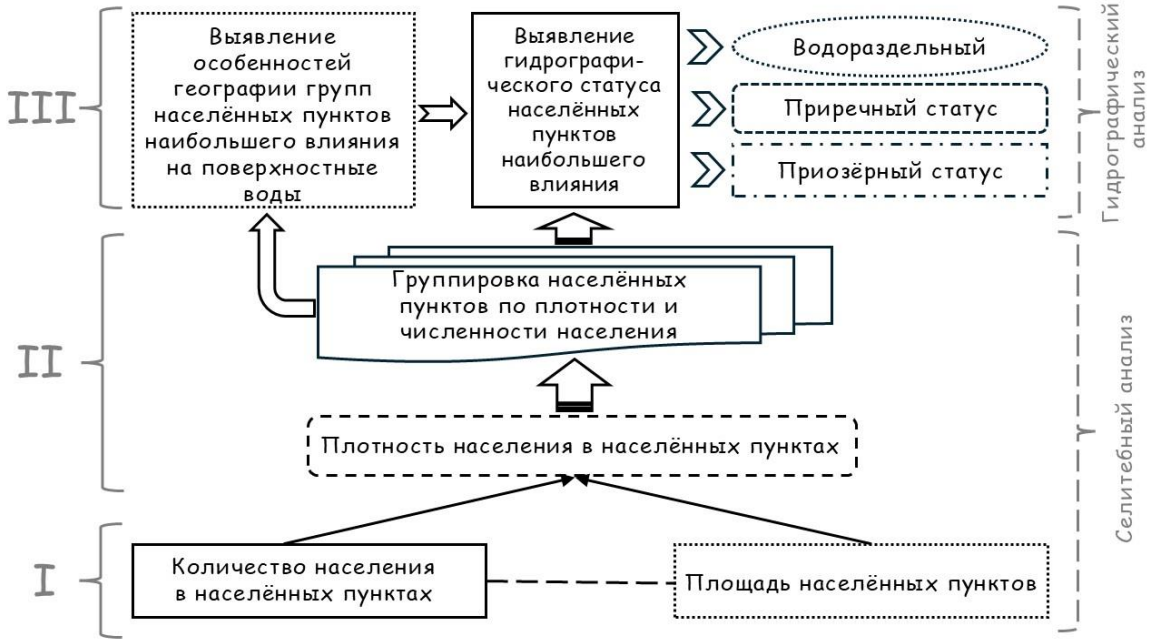


Рисунок 1 – Модель селитебно-гидрографического анализа

В качестве источников исходной информации о количестве населенных пунктов и количестве населения в них использовались открытые данные Национального статистического комитета Республики Беларусь [6] и паспортов сельсоветов административных районов рассматриваемого субрегиона, представленных на официальных ресурсах сети Интернет. Для получения информация о площади населенных пунктов была использована публичная кадастровая карта Республики Беларусь [7]. Для систематизации и последующей обработки собранной первичной информации были составлены исходные базы данных.

На втором этапе анализа проводились расчет плотности населения в населенных пунктах и их группировка по плотности и численности населения.

По плотности населения сельские населенные пункты были разбиты на 5 групп: с очень низкой плотностью – <1 человека на га, низкой плотностью – 1 – <2 человек на га, средней плотностью – 2 – <4 человек на га, высокой плотностью – 4 – <8 человек на га, очень высокой плотностью – 8 – <16 человек на га.

В ходе группировки сельских населенных пунктов *по числу жителей (людности)* за основу для выделения границ отдельных групп был взят подход настенной карты населения Республики Беларусь [8]. Представленные на карте градации были дополнены четырьмя группами населенных пунктов с населением менее 100 жителей. Всего рассматривались 10 групп сельских населенных пунктов: *хуторские* – с населением 1–9 жителей, *полухуторские* – 10–19, *мелкомалые* – 20–49, *малые* – 50–99, с*реднемалые* – 100–199, *средние* – 200–499, *большие* – 500–999, *крупные* – 1000–1999, *крупнейшие* – 2000–4999, *сверхкрупные* – 5000−9999 (в рассматриваемом регионе не представлены).

Соотношение численности сельского населения с землями сельских населенных пунктов позволило установить его среднюю плотность в пределах селитебных территорий субрегиона. Населенные пункты кратно выше данной плотности, а также являющиеся средними и крупнее по числу жителей *на третьем этапе анализа* рассматривались как территории наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды. Для каждого из них устанавливался гидрографический статус (соотношение территории населенного пункта с элементами гидросети) – водораздельный, приречный, приозерный.

Водораздельный статус присваивался сельским населенным пунктам, располагающимся на значительном удалении от поверхностных водных объектов, при котором существенно ограничено влияние его территории на качество вод водотоков и водоемов. *Приречный статус* присваивался тем сельским населенным пунктам, которые располагаются в непосредственной близости к водотокам, что обусловливает их наибольшее потенциальное влияние на качество речных вод. *Приозерный статус* присваивался сельским населенным пунктам, расположенным на берегу водоемов (для населенных пунктов наибольшего потенциального влияния установлен не был).

Результаты селитебно-гидрографического анализа юго-запада Брестской области были использованы для моделирования особенностей размещения отдельных групп населенных пунктов наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды.

Результаты исследования и их обсуждение

Первоначально рассмотрим основные из полученных результатов селитебно-гидрографического анализа сельских населенных пунктов юго-запада Брестской области.

В пределах рассматриваемого субрегиона располагается 458 сельских населенных пунктов с общим населением на начало 2026 г. около 97 тыс. человек, занимаемая площадь – примерно 476 км^2 (около 8 % от площади субрегиона). Средняя плотность населения в пределах территории сельских населенных пунктов составляет около двух человек на га.

Таблица 2 – Матрица распределения сельских населенных пунктов Брестского района Брестской области по плотности и численности населения (на начало 2026 г.) с разделением объектов наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды по гидрографическому статусу (водораздельный + приречный + приозерный)

Параметры распределения		*Количество населенных пунктов с численностью населения, человек*								
		1–9	*10–19*	*20–49*	*50–99*	*100–199*	*200–499*	*500–999*	*1000–1999*	*2000–4999*
Количество населенных пунктов с плотностью населения, человек на га	*<1*	**10**	**10**	**9**	**10**	**4**	–	–	–	–
	1 – <2	–	**3**	**8**	**8**	**8**	**2**	**2**	–	–
	2 – <4	–	–	**6**	**9**	**8**	**9**	**1**	**2**	–
	4 – <8	–	–	**1**	**2**	**5**	**3** + **3** + 0	**1** + **1** + 0	**1** + **2** + 0	0 + **3** + 0
	8 – <16	–	–	–	–	–	–	**1** + **1** + 0	0 + **1** + 0	**2** + **2** + 0

В Брестском районе располагается 137 сельских населенных пунктов, при этом наибольшее их количество относится к группе малых. К категории территорий наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды (с плотностью населения выше четырех человек на га) был отнесен 21 сельский населенный пункт. Из них восемь имеют водораздельный гидрографический статус и 13 – приречный (таблица 2). Модельные сельские населенные пункты представляют все группы по людности (средние, большие, крупные, крупнейшие) для выборки с высокой и практически все (за исключением средних) – для выборки с очень высокой плотностью населения.

В Жабинковском районе располагается 93 сельских населенных пункта, при этом наибольшее их количество относится к группе хуторских. К категории территорий наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды отнесено четыре сельских населенных пункта. Из них один имеет водораздельный гидрографический статус и три – приречный (таблица 3). Модельные сельские населенные пункты представляют две группы по людности (средние и большие) для выборки с высокой плотностью населения.

Таблица 3 – Матрица распределения сельских населенных пунктов Жабинковского района Брестской области по плотности и численности населения (на начало 2026 г.), с разделением объектов наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды по гидрографическому статусу (водораздельный + приречный + приозерный)

Параметры распределения		*Количество населенных пунктов с численностью населения, человек*								
		1–9	*10–19*	*20–49*	*50–99*	*100–199*	*200–499*	*500–999*	*1000–1999*	*2000–4999*
Количество населенных пунктов с плотностью населения, человек на га	*<1*	**21**	**11**	**4**	**1**	–	–	–	–	–
	1 – <2	–	**2**	**9**	**8**	**2**	**2**	–	–	–
	2 – <4	–	**2**	**4**	**8**	**5**	**7**	–	–	–
	4 – <8	**1**	–	–	**1**	**1**	0 + **2** + 0	0 + **1** + 0	–	–
	8 – <16	–	–	–	–	–	–	–	**1** + 0 + 0	–

В Кобринском районе располагается 152 сельских населенных пункта, при этом наибольшее их количество относится к группе среднемалых. К категории территорий наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды отнесены 11 сельских населенных пунктов. Из них четыре имеют водораздельный гидрографический статус и семь – приречный (таблица 4). Модельные сельские населенные пункты представляют две группы по людности (средние и большие) для выборки с высокой и одну группу (крупнейших) – для выборки с очень высокой плотностью населения.

В Малоритском районе располагаются 76 сельских населенных пунктов, при этом наибольшее их количество относится к группе хуторских. К категории территорий наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды относятся три сельских населенных пункта. Все они имеют приречный гидрографический статус (таблица 5).

Модельные сельские населенные пункты представляют две группы по людности (средние и большие) для выборки с высокой плотностью населения.

Таблица 4 – Матрица распределения сельских населенных пунктов Кобринского района Брестской области по плотности и численности населения (на начало 2026 г.) с разделением объектов наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды по гидрографическому статусу (водораздельный + приречный + приозерный)

Параметры распределения		*Количество населенных пунктов с численностью населения, человек*								
		1–9	*10–19*	*20–49*	*50–99*	*100–199*	*200–499*	*500–999*	*1000–1999*	*2000–4999*
Количество населенных пунктов с плотностью населения, человек на га	*<1*	**20**	**19**	**16**	**12**	**8**	**3**	**3**	**1**	–
	1 – <2	**3**	–	**2**	**9**	**13**	**8**	–	**1**	**1**
	2 – <4	–	–	–	**1**	**3**	**8**	**9**	–	–
	4 – <8	–	–	–	**1**	–	0 + **1** + 0	**3** + **5** + 0	–	–
	8 – <16	–	–	–	–	–	**1** + 0 + 0	–	–	0 + **1** + 0

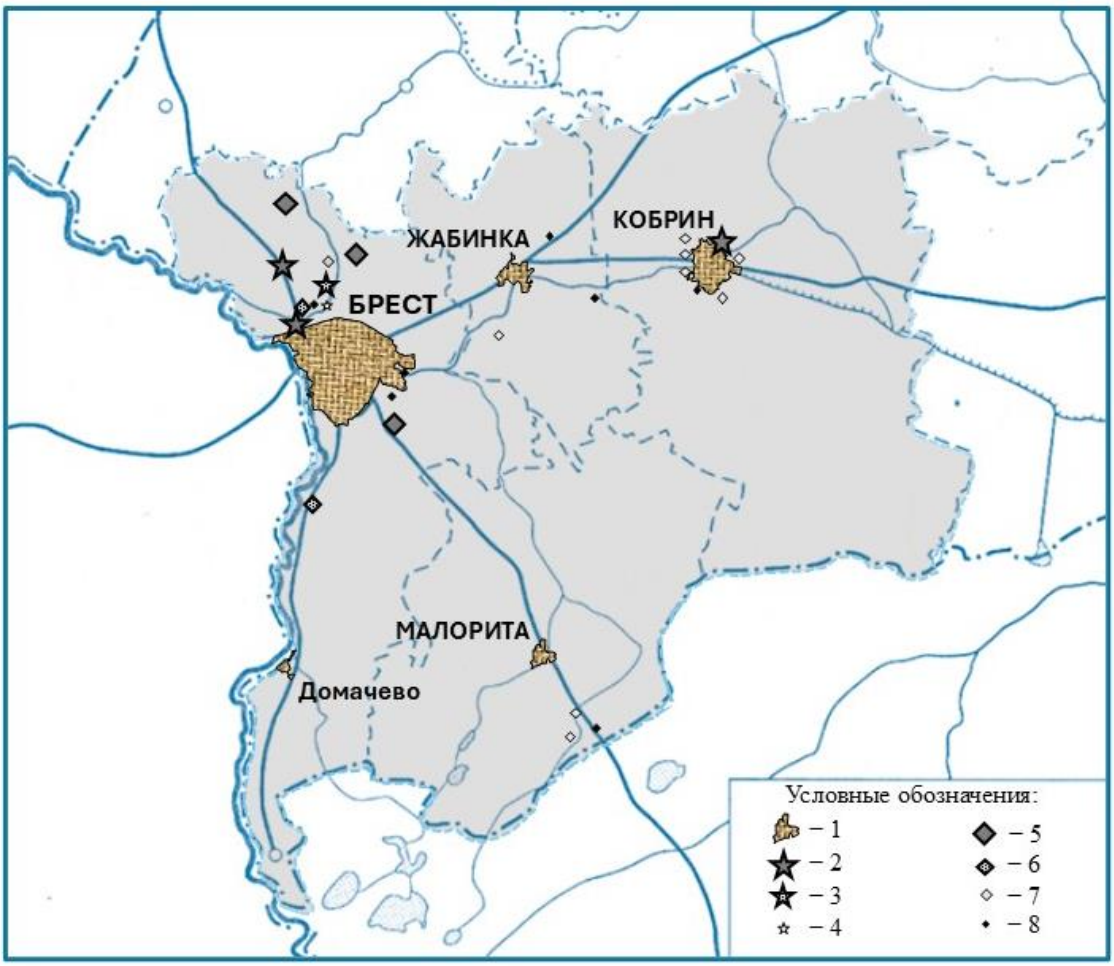
Таблица 5 – Матрица распределения сельских населенных пунктов Малоритского района Брестской области по плотности и численности населения (на начало 2026 г.) с разделением объектов наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды по гидрографическому статусу (водораздельный + приречный + приозерный)

Параметры распределения		*Количество населенных пунктов с численностью населения, человек.*								
		1–9	*10–19*	*20–49*	*50–99*	*100–199*	*200–499*	*500–999*	*1000–1999*	*2000–4999*
Количество населенных пунктов с плотностью населения, человек на га	*<1*	**17**	**10**	**14**	**7**	**3**	**3**	–	–	–
	1 – <2	–	–	–	**3**	**3**	**6**	**3**	–	–
	2 – <4	–	–	**1**	–	–	**1**	**2**	–	–
	4 – <8	–	–	–	–	–	0 + **1** + 0	0 + **2** + 0	–	–
	8 – <16	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Обобщая результаты анализа, следует отметить, что средняя плотность населения в пределах территории сельских населенных пунктов в разрезе рассматриваемых районов сильно отличается, изменяясь от одного человека на га в пределах Малоритского района до почти четырех человек на га в пределах Брестского района. Это допус-

кает индивидуальный подход при проведении селитебно-гидрографического анализа на уровне отдельных районов субрегиона. Доля территории сельских населенных пунктов от площади административной единицы также заметно варьирует в пределах рассматриваемого субрегиона, составляя около 8 % в Брестском, около 6 % в Жабинковском, около 11 % в Кобринском и около 7 % в Малоритском районах.

Рассматривая особенности размещения городского населения юго-запада Брестской области, следует отметить, что здесь располагается четыре города (Брест, Жабинка, Кобрин, Малорита) и один поселок городского типа (Домачево) с общим населением на начало 2026 г. около 427 тыс. человек. Они занимают площадь около 213 км^2 (около 4 % от площади субрегиона). Средняя плотность населения в пределах городских населенных пунктов составляет около 24 человека на га в Бресте, около 16 человек на га в Кобрине, около 13 человек на га в Малорите, около 8 человек на га в Жабинке и около двух человер на га в Домачево. Результаты моделирования особенностей размещения отдельных групп населенных пунктов наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды (городских населенных пунктов и модельных сельских населенных пунктов) отображены на рисунке 2.



1 – города и поселок городского типа; 2 – крупнейшие сельские населенные пункты с очень высокой плотностью населения; 3 – крупные сельские населенные пункты с очень высокой плотностью населения; 4 – большие сельские населенные пункты с очень высокой плотностью населения; 5 – крупнейшие сельские населенные пункты с высокой плотностью населения;6 – крупные сельские населенные пункты с высокой плотностью населения; 7 – большие сельские населенные пункты с высокой плотностью населения; 8 – средние сельские населенные пункты с высокой плотностью населения

Рисунок 2 – Расположение модельных населенных пунктов наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды юго-запада Брестской области

Как видно из рисунка 2, модельные сельские населенные пункты наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды юго-запада Брестской области располагаются крайне неравномерно. Главным ареалом их концентрации являются окрестности Бреста. Из водных объектов, находящихся под их потенциальным влиянием, особенно следует отметить рр. Лесная и Мухавец, а также рр. Каменка, Малорыта, Шевня, Градовка, Лютая, Осиповка, Рыта, Спановка, Тростяница, каналы Бона, Кобринский, Мотыкальский, Полохва.

Заключение

Таким образом, полученные результаты селитебно-гидрографического анализа позволяют детализировать особенности размещения населения юго-запада Брестской области, что может быть использовано в региональных гидрографических исследованиях для моделирования процесса стока воды на локальном уровне с учетом отдельных факторов антропогенного воздействия в пределах селитебных территорий и особенностей их расположения относительно объектов гидрографической сети. В качестве перспективных направлений дальнейших исследований можно выделить уточнение связи выделенных модельных населенных пунктов наибольшего потенциального влияния на поверхностные воды с ближайшими к ним поверхностными водными объектами, расчет биогенного стока с данных селитебных территорий и системный мониторинг качества поверхностных вод.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Токарчук, О. В. Электронный эколого-гидрографический атлас Брестской области / О. В. Токарчук, Е. В. Трофимчук. – Брест : Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – URL: http://lib.brsu.by/node/959 (дата обращения: 10.01.2026).

2. Токарчук, О. В. Анализ условий формирования поверхностных вод урбанизованных территорий (на примере центральной части г. Бреста) / О. В. Токарчук, Д. В. Хоменко // Псковский регионологический журнал. – 2015. – № 23. – С. 33–49.

3. Антипова, Е. А. Геодемографические проблемы и территориальная структура сельского расселения Беларуси : монография / Е. А. Антипова. – Мн. : БГУ, 2008. – 326 с.

4. Антипова, Е. А. Географические сдвиги в сельском расселении Беларуси и новые подходы к картографированию этого процесса / Е. А. Антипова, О. А. Розжаловец // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2023. – № 1. – С. 57–70.

5. Токарчук, О.В. Гидрология : курс лекций / О. В. Токарчук ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2013. – 239 с.

6. Национальный статистический комитет Республики Беларусь : [сайт]. – Минск, 1998–2025. – URL: http://belstat.gov.by (дата обращения: 13.01.2026).

7. Публичная кадастровая карта : [сайт]. – Минск, 2014–2026. – URL: https://map.nca.by/layers (дата обращения: 13.01.2026).

8. Республика Беларусь. Карта населения / сост. и подгот. к печати Респ. унитар. предприятием «Белкартография» в 2002 г. ; ред.: Т. В. Мальчикова, Ю. М. Нестеровская, А.В. Шибаева ; спец. содерж. разработ. Е. А. Антипова, В. М. Храмов. – Обновлена в 2020 г. – 1 : 500 000, 5 км в 1 см. – Мн. : Белкартография, 2024. – 1 к.

REFERENCES

1. Tokarchuk, O. V. Elektronnyi ekologo-gidrograficheskii atlas Brestskoi oblasti / O. V. Tokarchuk, Ye. V. Trofimchuk. – Brest : Brest. gos. un-t im. A. S. Pushkina. − URL: http://lib.brsu.by/node/959 (data obrashcheniya: 10.01.2026).

2. Tokarchuk, O. V. Analiz uslovii formirovaniya poverkhnostnykh vod urbanizovannykh territorii (na primere tsentral'noi chasti g. Bresta) / O. V. Tokarchuk, D. V. Khomenko // Pskovskii regionologicheskii zhurnal. – 2015. – № 23. – S. 33–49.

3. Antipova, Ye. A. Geodemograficheskie problemy i territorial'naya struktura sel'skogo rasseleniya Belarusi : monografia / Ye. A. Antipova. – Mn. : BGU. – 2008. – 326 s.

4. Antipova, Ye. A. Geograficheskie sdvigi v sel'skom rasselenii Belarusi i novye podkhody k kartografirovaniyu etogo protsessa / Ye. A. Antipova, O. A. Rozzhalovets // Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Geografiya. Geologiya. – 2023. – № 1. – S. 57−70.

5. Tokarchuk, O. V. Gidrologiya : kurs lektsii / O. V. Tokarchuk ; Brest. gos. un-t im. A. S. Pushkina. – Brest : BrGU. – 2013. – 239 s.

6. Natsional'nyi statisticheskii komitet Respubliki Belarus' : [sait]. – Minsk, 1998−2025. – URL: http://belstat.gov.by (data obrashcheniya: 13.01.2026).

7. Publichnaya kadastrovaya karta : [sait]. – Minsk, 2014−2026. – URL: https://map.nca.by/layers (data obrashcheniya: 13.01.2026).

8. Respublika Belarus. Karta naseleniya / sost. i podgot. k pechati Resp. unitar. predpriyatiem «Belkartografiya» v 2002 g. ; red.: T. V. Mal'chikova, Yu. M. Nesterovskaya, A. V. Shibaeva ; spec. soderzh. Razrabot. Ye. A. Antipova, V. M. Khramov. – Obnovlena v 2020 g. – 1 : 500 000, 5 km v 1 sm. – Mn. : Belkartografiya, 2024. – 1 k.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 30.03.2026

УДК 911.3(476) DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-186-194

Светлана Михайловна Токарчук[1], Егор Анатольевич Цибульский[2], Елизавета Александровна Земцова[3]
[1]канд. геогр. наук, доц., доц. каф. городского и регионального развития Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
[2]студент 4-го курса фак. естествознания Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
[3]студент 3-го курса фак. естествознания Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
Svetlana Tokarchuk[1], Egor Cybulski[2], Elizaveta Zemtsova[3]
[1]Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Urban and Regional Development of Brest State A. S. Pushkin University
[2]4-th Year Student of the Faculty of Natural Sciences of Brest State A. S. Pushkin University
[3]3-d Year Student of the Faculty of Natural Sciences of Brest State A. S. Pushkin University
e-mail: [1]svetlana.m.tokarchuk@mail.ru; [2]jahor.cybulski@gmail.com; [3]iwkelee@gmail.com

ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ ЦЕННОСТИ МАЛЫХ ГОРОДОВ БЕЛАРУСИ

Представлен анализ историко-культурных ценностей малых городов Беларуси, основанный на систематизации сведений Государственного списка историко-культурных ценностей Республики Беларусь. Исследование включает подробную характеристику системы малых городов Беларуси. Рассматриваются особенности дифференциации малых городов в пределах областей по численности населения и периоду основания. Приводятся сведения о численности и плотности историко-культурных ценностей в пределах всех малых городов Беларуси. Выполнен анализ размещения историко-культурных ценностей в малых городах по категориям и видам, что отражает разнообразие культурного наследия и показывает значимость малых городов для развития разных видов туризма. Полученные результаты служат основой для дальнейших исследований, в т. ч. для разработки стратегий сохранения и использования культурного наследия Беларуси в туристической деятельности.

Ключевые слова: *историко-культурные ценности, малые города, культурное наследие, туризм, памятники археологии, памятники архитектуры, памятники истории.*

Historical and Cultural Heritage of Small Towns in Belarus

The article presents an analysis of the historical and cultural heritage of small towns in Belarus, based on the systematization of data from the State Register of Historical and Cultural Values of the Republic of Belarus. The study includes a detailed characterization of the system of small towns in Belarus as of January 1, 2026. It examines the differentiation of small towns within regions, by population size, and founding period. Data on the number and density of historical and cultural values within all small towns in Belarus are provided. An analysis of the distribution of historical and cultural assets by categories and types in small towns is conducted, reflecting the diversity of cultural heritage and highlighting the significance of small towns for the development of various types of tourism. The obtained results serve as a basis for further research, including the development of strategies for the preservation and utilization of Belarusian cultural heritage in tourism activities.

Key words: *historical and cultural heritage, small towns, cultural heritage, tourism, archaeological monuments, architectural monuments, historical monuments.*

Введение

В современной научной литературе вопросы изучения культурного наследия с целью его сохранения и развития туристического потенциала занимают важное место [1]. Республика Беларусь обладает богатым историко-культурным наследием, значительная часть которого сосредоточена в городских населенных пунктах. В то же время исследованию малых городов уделяется недостаточное внимание, несмотря на то, что, имея небольшую территорию, они часто обладают значительным количеством уникальных историко-культурных достопримечательностей [2; 3]. Эти города представляют собой важные территории для изучения, поскольку сохраняют (в т. ч. в очень хорошем

состоянии) памятники архитектуры, истории, археологии, которые могут выступать объектами для туризма.

Особенности размещения историко-культурных ценностей в пределах малых городов Беларуси обусловлены различными историческими, социальными и географическими факторами. В рамках данного исследования предлагается рассмотреть особенности размещения разных категорий и видов историко-культурных ценностей в пределах всех малых городов Беларуси, а также выявить тенденции их расположения, определить перечень малых городов Беларуси, перспективных для развития разных типов туризма. Такой анализ также позволит сформулировать предложения по сохранению культурного наследия малых городов.

В Беларуси понятие «историко-культурные ценности» закреплено в законодательных документах [4], определяющих статус памятников, зон охраны и правил их сохранения. Эти объекты подлежат обязательной охране со стороны государства.

Для определения понятия «историко-культурная ценность» в Республике Беларусь необходимо сочетание двух базовых признаков, таких как высокая культурная значимость и юридическое признание. Юридическое признание оформляется путем включения объектов в Государственный список историко-культурных ценностей Республики Беларусь [5]. Решение о включении объектов в данный список принимает Белорусская республиканская научно-методическая комиссия по вопросам историко-культурного наследия при Министерстве культуры Беларуси [4].

Таким образом, согласно официальной трактовке, историко-культурные ценности – это материальные объекты (материальные историко-культурные ценности) и нематериальные проявления творчества человека (нематериальные историко-культурные ценности), которые имеют выдающиеся духовные, художественные и (или) документальные достоинства и которым придан статус историко-культурной ценности [4].

Материал и методика исследования

Цель работы – рассмотреть особенности размещения и основные характеристики историко-культурных ценностей в пределах малых городов Республики Беларусь.

Объект исследования – историко-культурные ценности малых городов Беларуси, в т. ч. дифференцированные по категориям и видам.

С учетом основных свойств и особенностей историко-культурные ценности в Республике Беларусь подразделяются на четыре категории, которые обозначаются целыми числами [4]:

«0» – объекты, которые включены или предложены для включения в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО;

«1» – уникальные объекты (художественные, эстетические, документальные и др.), которые имеют международное значение;

«2» – объекты, которые имеют республиканское значение и подчеркивают наиболее характерные особенности Беларуси;

«3» – объекты, которые представляют значимость для отдельных регионов страны и подчеркивают их характерные особенности, исторические аспекты формирования и самобытность.

Кроме того, могут быть объекты «без категории» – это те ценности, которые входят в состав комплексов, ансамблей, коллекций и т. д., но именно им отдельно не придавался статус историко-культурной ценности.

Также материальные историко-культурные ценности подразделяются на шесть видов: заповедные места (Б); памятники археологии (В); памятники архитектуры (Г); памятники истории (Д); памятники градостроительства (Е); памятники искусства (Ж) [4].

В качестве материалов исследования использовались официальные статистические данные Национального статистического комитета Республики Беларусь [6] и сведения Министерства культуры (в первую очередь – Государственный список историко-культурных ценностей Беларуси [4; 5]), включающие список городских населенных пунктов Беларуси и численность населения в них, а также количество зарегистрированных историко-культурных ценностей, в т. ч. по категориям и видам.

Исследование проводилось в несколько этапов:

1) проведение комплексной характеристики малых городов Беларуси;

2) выполнение сравнительной характеристики количественного распространения историко-культурных ценностей в пределах малых городов Беларуси;

3) изучение распределения историко-культурных ценностей малых городов Беларуси по категориям и видам.

Результаты исследования и их обсуждение

Малые города Беларуси. По состоянию на 1 января 2025 г. в Республике Беларусь было 115 городов с общей численностью населения 6 891 700 человек [6]. Таким образом, в городах Беларуси проживает 75,66 % населения страны.

Главной особенностью городского расселения Республики Беларусь является резко выраженное преобладание малых городов с численностью населения до 20 тыс. жителей. В настоящее время в Беларуси насчитывается 77 малых городов, что составляет 67 % от их общего числа. В то же время в малых городах Беларуси проживает только 846 991 человек, что составляет 12,29 % от общей численности городского населения Беларуси и 9,3 % от численности всего населения страны.

Самыми маленькими городами Беларуси являются Дисна (1 368 человек) и Коссово (1 837 человек). Самыми крупными малыми городами Беларуси являются Марьина Горка (19 994 человека), Пружаны (18 824 человека), Фаниполь (18 684 человека) и Поставы (18 450 человек). Следует отметить, что город Марьина Горка вошел в список малых городов Беларуси только в 2025 г. До этого года численность его населения превышала 20 тыс. человек, поэтому он относился к средним городам Беларуси.

Малые города являются важнейшим структурным элементом национальной системы расселения, выполняя функции организационно-хозяйственных и обслуживающих центров для сельской местности.

Формирование сети малых городов Беларуси происходило в несколько исторических этапов, отражающих смену политических и экономических периодов.

Первые городские центры, такие как Туров, Заславль, возникли в конце X – начале XI в. как укрепленные пункты и административные центры ранних княжеств. В период Средневековья развитие получили города, выполнявшие оборонительные и торговые функции, среди которых ключевую роль играли Несвиж (1223 г.) и Каменец (1276 г.). Период с XIV по XIX в. стал временем активного формирования местечек и городов, которые развивались благодаря торговым привилегиям и Магдебургскому праву. В XIV–XVI вв. многие поселения возникали как важные узлы на пересечении торговых путей, например, Глубокое (1414 г.) и Поставы (1409 г.), ставшие центрами ремесла и ярмарок. В XVII–XVIII вв. появились такие малые города, как Чериков (1604 г.), Микашевичи (1785 г.).

Становление таких малых городов, как Жабинка (1816 г.), Фаниполь (1856 г.) и Ганцевичи (1898 г.), неразрывно связано с масштабным строительством железных дорог во второй половине XIX в. Возникнув как небольшие поселки на стратегических линиях «Москва – Варшава» и «Барановичи – Лунинец», они быстро трансформировались в важные транспортно-логистические узлы. Благоприятное географическое положение и доступ к транспортным путям обеспечили этим поселениям приток населения

и промышленный рост, что в дальнейшем позволило им получить статус городов и развиваться в качестве индустриальных центров, а также спутников крупных городов страны. Появление Белоозерска (1958 г.) и Новолукомля (1964 г.) представляет собой новейший этап градообразования Беларуси и связан с развитием энергетической системы страны. В отличие от древних поселений, эти города строились в кратчайшие сроки «с нуля» как специализированные рабочие населенные пункты для обеспечения работы двух крупнейших электростанций Беларуси – Березовской и Лукомльской ГРЭС. Проектирование Белоозрска и Новолукомля осуществлялось по единым градостроительным планам того периода, что определило их современный облик с четким зонированием, многоэтажной застройкой и развитой социальной инфраструктурой.

Таким образом, современная структура малых городов страны объединяет в себе как древние поселения с богатым культурным наследием, так и новые промышленные центры. Данная характеристика имеет большое значение при анализе размещения историко-культурных достопримечательностей в пределах малых городов.

Историко-культурные ценности малых городов Беларуси. По территории Беларуси малые города размещены достаточно неравномерно, в т. ч. в пределах областей. Также наблюдается значительная дифференциация в размещении историко-культурных ценностей в малых городах разных областей Беларуси (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение малых городов и историко-культурных ценностей в пределах областей Беларуси

Область	**Количество малых городов**	**Общая численность населения, человек**	**Общее количество историко-культурных ценностей в малых городах**
Брестская	14	158 006	55
Витебская	15	149 070	55
Гомельская	11	105 923	56
Гродненская	9	100 850	27
Минская	16	205 846	77
Могилевская	12	127 296	84

Среди областей Беларуси по общему количеству историко-культурных ценностей в пределах малых городов резко выделяются Минская и Могилевская области (77 и 84 объекта соответственно), что подчеркивает значимость их малых городов с точки зрения культурного наследия и потенциала для туризма. При этом Могилевская область занимает лишь пятое место по численности населения и количеству малых городов, что говорит о высокой плотности историко-культурных объектов на относительно небольшой территории. В Минской области половина всех историко-культурных ценностей приходится на три города (Несвиж, Заславль и Клецк). Брестская, Витебская и Гомельская области имеют примерно одинаковое количество историко-культурных ценностей (55–56 объектов). Гродненская область характеризуется как наименьшим количеством историко-культурных ценностей (27), так и малых городов (9). В целом данные таблицы показывают, что количество историко-культурных объектов не всегда напрямую связано с численностью населения или количеством малых городов, что делает города с высоким числом историко-культурных ценностей особенно значимыми для сохранения и развития туристического потенциала.

Всего в малых городах Беларуси по состоянию на 2026 г. историко-культурными ценностями объявлено 354 объекта. Они находятся в абсолютном большинстве малых городов Беларуси (рисунок 1, таблица 2).

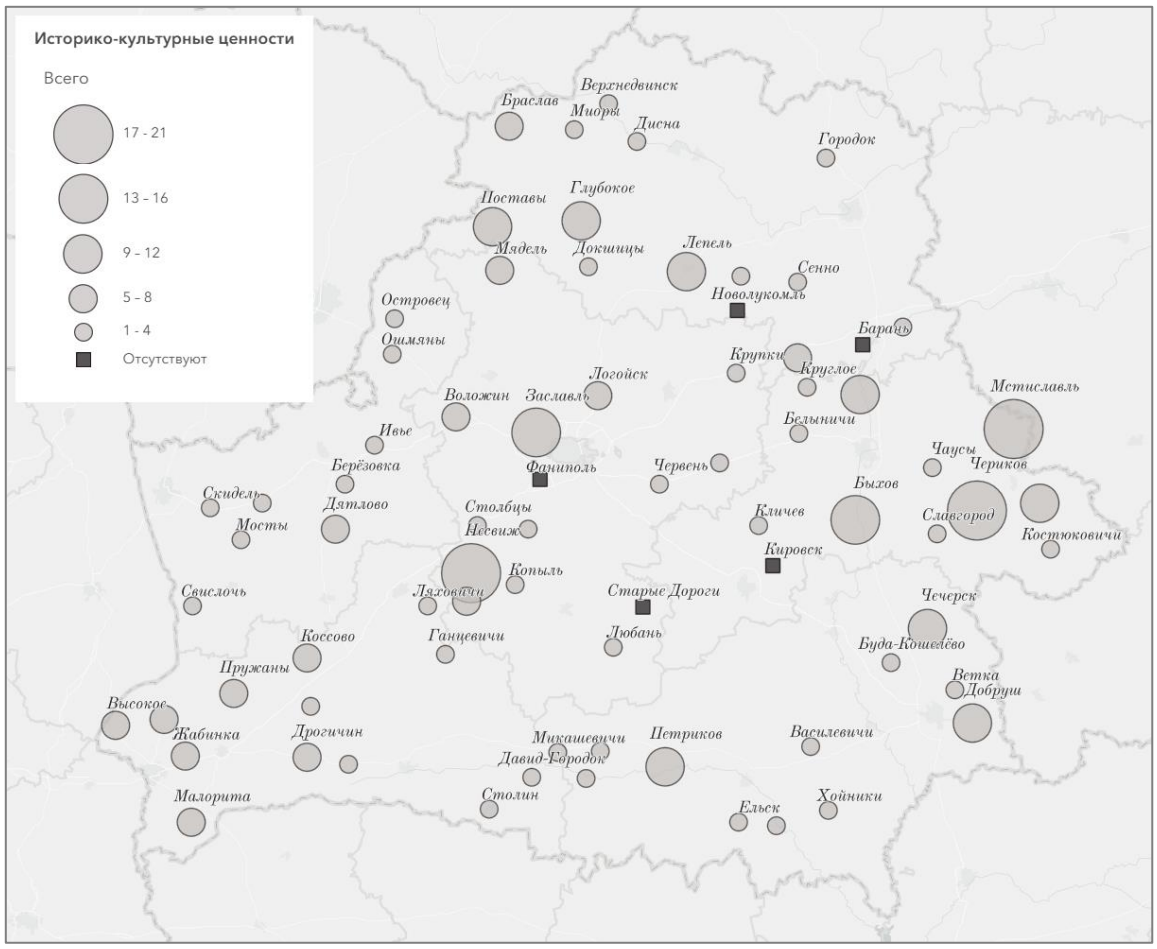


Рисунок 1 – Количество историко-культурных ценностей в малых городах Беларуси

Из 77 малых городов Беларуси историко-культурные ценности отсутствуют в пяти городах: Фаниполе, Старых Дорогах, Кировске, Новолукомле, Барани. Данное обстоятельство может быть связано с несколькими факторами.

Во-первых, часть городов были сформированы относительно недавно, что делает невозможным наличие в их пределах в первую очередь исторических объектов.

Во-вторых, особенности территориального и промышленного развития этих городов могли повлиять на сохранность или наличие объектов культурного наследия, т. к. некоторые из них, например Новолукомль и Кировск, развиваются как города при промышленных предприятиях, где приоритетом является создание современной инфраструктуры.

В-третьих, отсутствие зарегистрированных ценностей не исключает возможность наличия локальных и официально не учтенных памятников и культурных объектов, требующих дополнительного изучения и включения в список историко-культурных ценностей.

Максимальное количество историко-культурных ценностей объявлено в двух городах Могилевской области: Мстиславле (21 объект) и Черикове (20 объектов) и двух городах Минской области: Несвиже (18 объектов) и Заславле (16 объектов). Эти города имеют в основном очень древнее происхождение: Заславль был основан в 985 г., Мстиславль – в 1135 г., Несвиж – в 1223 г., Чериков – в 1604 г.

Таблица 2 – Распределение историко-культурных ценностей по малым городам Беларуси

Город	**Общее количество, единиц**	**Плотность, единиц/км^2**	**Город**	**Общее количество, единиц**	**Плотность, единиц/км^2**
Барань	0	0,00	Лепель	9	0,42
Белоозерск	2	0,26	Логойск	5	0,61
Белыничи	2	0,20	Любань	1	0,11
Березино	2	0,16	Ляховичи	1	0,12
Березовка	1	0,09	Малорита	5	0,55
Браслав	6	0,65	Марьина Горка	2	0,13
Буда-Кошелево	4	0,57	Микашевичи	1	0,09
Быхов	13	0,60	Миоры	2	0,21
Василевичи	2	0,28	Мосты	2	0,15
Верхнедвинск	3	0,39	Мстиславль	21	1,35
Ветка	3	0,32	Мядель	5	0,60
Воложин	7	0,91	Наровля	4	0,39
Высокое	6	1,08	Несвиж	18	1,51
Ганцевичи	1	0,10	Новолукомль	0	0,00
Глубокое	9	0,52	Островец	2	0,09
Городок	1	0,07	Ошмяны	4	0,43
Давид-Городок	3	0,24	Петриков	9	0,92
Дисна	2	0,38	Поставы	9	0,56
Добруш	11	0,58	Пружаны	8	0,63
Докшицы	1	0,11	Свислочь	3	0,65
Дрогичин	6	0,41	Сенно	4	0,42
Дубровно	3	0,33	Скидель	3	0,20
Дятлово	5	0,75	Славгород	3	0,44
Ельск	3	0,27	Старые Дороги	0	0,00
Жабинка	5	0,27	Столбцы	3	0,24
Житковичи	2	0,12	Столин	4	0,32
Заславль	16	0,86	Толочин	5	0,45
Иваново	1	0,07	Туров	4	0,73
Ивье	3	0,35	Узда	2	0,24
Каменец	5	0,61	Фаниполь	0	0,00
Кировск	0	0,00	Хойники	2	0,14
Клецк	8	0,94	Чаусы	3	0,23
Климовичи	9	0,45	Чашники	1	0,11
Кличев	1	0,15	Червень	1	0,13
Копыль	4	0,43	Чериков	20	2,31
Коссово	7	2,09	Чечерск	12	1,47
Костюковичи	1	0,05	Шклов	10	0,52
Круглое	1	0,14	Щучин	4	0,28
Крупки	3	0,26			

Интересным также является распределение малых городов по плотности историко-культурных ценностей. Шесть городов имеют плотность историко-культурных ценностей более одного объекта на квадратный километр: Чериков (2,31 объекта/км^2), Коссово (2,09), Несвиж (1,51), Чечерск (1,47), Мстиславль (1,35), Высокое (1.08). Среди данных городов находятся как города с самым большим количеством историко-культурных ценностей, так и города с низким (в Коссово находится только 7 историко-культурных ценностей, в г. Высокое – 6 объектов). Также следует отметить, что в таких городах, как Несвиж, Коссово и Высокое, не только высокая плотность историко-культурных объектов, но и присутствуют объекты высокой значимости (0-й и 1-й категорий).

Оценка размещения историко-культурных ценностей *по категориям* в пределах малых городов Беларуси позволила сформулировать следующие выводы:

1. В двух малых городах Беларуси (Несвиже и Каменце) находится три историко-культурные ценности *0-й категории*: Комплекс бывшего монастыря иезуитов и Дворцово-парковый ансамбль в г. Несвиже, а также Каменецкая башня в г. Каменце.

2. В пяти малых городах объявлено 10 историко-культурных ценностей *1-й категории*. Из них четыре объекта в г. Несвиже (Парковый комплекс «Альба», городская ратуша с торговыми рядами, Городская Слуцкая брама и Дом ремесленника), два объекта – в г. Чечерске (Ратуша и Преображенская церковь) и по одному объекту в городах Заславле (Преображенская церковь), Клецке (здание бывшего костела при монастыре (кляштере) доминиканцев), Коссово (Коссовский дворцово-парковый ансамбль) и Мстиславле (Успенский костел с фресками в интерьере, ворота, монастырский корпус).

3. Историко-культурные ценности *2-й категории* располагаются в 28 малых городах Беларуси. Всего в малых городах Беларуси к данной категории относятся 50 объектов. И них, в шести городах находятся три и более объектов 2-й категории: по четыре историко-культурные ценности в городах Мстиславле и Несвиже и по три в городах Быхове, Воложине, Глубокое и Поставы.

4. Историко-культурные ценности *3-й категории* – это самые распространенные объекты в малых городах Беларуси. В 72 малых городах Беларуси находится 291 историко-культурная ценность 3-й категории. Более десяти объектов данной категории размещены в городах Чериков (20 объектов), Мстиславль (16 объектов), Заславль (13 объектов), Быхов (10 объектов), Добруш (10 объектов) и Чечерск (10 объектов).

Результаты оценки размещения историко-культурных ценностей по видам можно представить в следующих обобщениях.

1. В Республике Беларусь среди материальных историко-культурных ценностей выделяется только четыре объекта, относящихся к *заповедным местам*. Среди данных объектов выделяется ценность «Места, связанные с жизнью и творчеством народного поэта Беларуси Якуба Коласа». Данная историко-культурная ценность включает пять отдельных объектов, среди которых один расположен в малом городе Столбцы (территория мемориальной усадьбы «Акинчицы»).

2. В малых городах Беларуси находится 66 объектов, относящихся к *памятникам археологии*. Данные объекты размещены в 20 малых городах. Наибольшее количество памятников археологии выделяется в городах Чериков (18 объектов), Быхов (9 объектов), Заславль (7 объектов), Климовичи (5 объектов). Наиболее распространенными памятниками археологии являются стоянки, курганные могильники, городища, замчища и др.

3. В 53 малых городах Беларуси находится 175 объектов, относящихся к *памятникам архитектуры*. Наибольшее количество памятников архитектуры объявлено в городах Мстиславле (16 объектов), Несвиже (15 объектов), Чечерске (10 объектов), Глубокое и Шклове (по 8 объектов). Среди памятников архитектуры выделяются самые разные объекты. Чаще всего это отдельные здания (здание бывшей почты в г. Мсти-

славле, здания бывшей городской усадьбы в г. Пружаны), а также культовые объекты (костел Святой Марии в г. Заславле, здание бывшей синагоги в г. Чечерске).

4. В малых городах Беларуси находится 106 объектов, относящихся к *памятникам истории*. Данные объекты размещены в 68 малых городах. Наибольшее количество памятников истории находится в городах: Добруше (8 объектов), Дрогичине и Жабинке (по 4 объекта), Лепеле, Петрикове, Буда-Кошелево (по 3 объекта). В абсолютном большинстве случаев к данному виду относятся памятники Великой Отечественной войны, такие как братские могилы, могилы жертв фашизма, памятники жертвам фашизма, могилы воинов Советской армии и партизан, могилы отдельных героев Великой Отечественной войны (например, могила лейтенанта И. П. Губанкова в г. Дрогичине и могила С. Ф. Чубука в г. Жабинке).

5. В Республике Беларусь всего 14 историко-культурных ценностей относятся к *памятникам градостроительства*. Один из данных объектов расположен в малом городе Заславле Минской области. Это исторический центр города.

6. В малых городах Беларуси находится всего 5 объектов, относящихся к *памятникам искусства*. Все эти объекты являются памятниками или бюстами известных личностей. Данные объекты размещены в 5 малых городах: Буда-Кошелево (бюст П. Я. Головачова), Крупки (бюст В. В. Ковалёнка), Несвиж (памятник Сымону Будному), Дятлово (памятник И. Ю. Филидовичу), Житковичи (памятник М. Морозу).

Заключение

Таким образом, в ходе исследования были получены сводные данные об особенностях размещения в пределах малых городов Беларуси историко-культурных ценностей. В настоящее время в Беларуси насчитывается 77 малых городов, в которых проживает 846 991 человек. Среди областей Беларуси по общему количеству историко-культурных ценностей в пределах малых городов резко выделяются Минская и Могилевская области, Гродненская область характеризуется как наименьшим количеством историко-культурных ценностей, так и малых городов. Всего в малых городах Беларуси по состоянию на 2026 год историко-культурными ценностями объявлено 354 объекта. Из 77 малых городов Беларуси историко-культурные ценности отсутствуют в пяти городах: Фаниполе, Старых Дорогах, Кировске, Новолукомле, Барани. Максимальное количество историко-культурных ценностей объявлено в двух городах Могилевской области (Мстиславле и Черикове) и двух городах Минской области (Несвиже и Заславле). Шесть городов имеют плотность историко-культурных ценностей более одного объекта на квадратный километр: Чериков, Коссово, Несвиж, Чечерск, Мстиславль, Высокое. Историко-культурные ценности наибольшей значимости (0-й и 1-й категорий) находятся в шести малых городах (Несвиже, Каменце, Чечерске, Заславле, Клецке, Коссово и Мстиславле). Самыми распространенными среди видов историко-культурных ценностей являются памятники архитектуры (175 объектов) и памятники истории (106 объектов).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Историко-культурный потенциал ландшафтных районов Республики Беларусь / Е. Е. Давыдик, А. Л. Киндеев, А. Н. Есипович, А. А. Сазонов // Земля Беларуси. – 2024. – № 4 (88). – С. 51–64.

2. Гайдукевіч, Л. М. Малыя гістарычныя гарады як аснова развіцця турызму ў рэгіёнах Беларусі / Л. М. Гайдукевіч // Весці БДПУ. Серыя 2, Гісторыя. Філасофія. Паліталогія. Сацыялогія. Эканоміка. Культуралогія. – 2008. – № 1 (55). – С. 32−36.

3. Потаева, Г. Р. Туристский потенциал малых городов Беларуси и тенденции его освоения / Г. Р. Потаева, Т. А. Федорцова // Вестник БГУ. Серия 2, Химия. Биология. География. – 2006. – № 3. – С. 121−126.

4. Кодекс Республики Беларусь о культуре : 20 июля 2016 г., № 413-З : в ред. Закона Респ. Беларусь от 21 июля 2022 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk1600413 (дата обращения: 18.03.2026).

5. Дзяржаўны спіс гісторыка-культурных каштоўнасцей Рэспублікі Беларусь. – URL: http://gosspisok.gov.by/Home/Index (дата обращения: 15.02.2026).

6. Численность населения на 1 января 2025 г. и среднегодовая численность населения за 2024 год по Республике Беларусь в разрезе областей, районов, городов, поселков городского типа : стат. бюл. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Мн. : Белстат, 2025. – 30 с.

REFERENCES

1. Istoriko-kul’turnyi potentsial landshaftnykh raionov Respubliki Belarus’ / Ye. Ye. Davydik, A. L. Kindeev, A. N. Yesipovich, A. A. Sazonov // Zemlya Belarusi. – 2024. – № 4 (88). – S 51−64.

2. Gijdukevch, L. M. Malyya gistarychnyya garady yak asnova razvitstsya turyzmu u regiyonakh Belarusi / L. M. Gaidukevich // Vestsi BDPU. Seryya 2. Gistoryya. Filasofiya. Palitalogiya. Satsyyalogiya. Ekanomika. Kul’turalogiya. – 2008. – №. 1 (55). – S 32−36.

3. Potaeva, G. R. Turistskii potentsial malykh gorodov Belarusi i tendentsii ego osvoeniya / G. R. Potaeva, T. A. Fedorcova // Vestnik BGU. Seriya 2, Khimiya. Biologiya. Geografiya. – 2006. – № 3. – S. – 121–126.

4. Kodeks Respubliki Belarus’ o kul’ture : 20 iyulya 2016 g., № 413-3 : v red. Zakona Resp. Belarus’ ot 21 iyulya 2022 g. // Natsional’nyi pravovoi Internet-portal Respubliki Belarus’. – URL: https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk1600413 (data obrashcheniya: 18.03.2026).

5. Dzyarzhauny spis gistoryka-kul’turnykh kashtounastsei Respubliki Belarus’. – URL: http://gosspisok.gov.by/Home/Index (data obrashcheniya: 15-02-2026).

6. Chislennost’ naseleniya na 1 yanvarya 2025 g. i srednegodovaya chislennost’ naseleniya za 2024 god po Respublike Belarus’ v razreze oblastei, raionov, gorodov, poselkov gorodskogo tipa : stat. byul. / Nats. stat. kom. Resp. Belarus’. – Mn. : Belstat, 2025. – 30 s.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 08.04.2026

УДК 338.48(476) DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-195-204

Анна Анатольевна Токарчук[1], Наталья Ивановна Сухонос[2], Анна Николаевна Маевская[3]
[1]студент 3-го курса фак. естествознания
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
[2]ст. преподаватель каф. городского и регионального развития
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
[3]канд. геол.-минерал. наук, доц. каф. городского и регионального развития
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
Anna Tokarchuk[1], Natalya Sukhonos[2], Anna Maevskaya[3]
[1]3-d Year Student of the Faculty of Natural Sciences of Brest State A. S. Pushkin University
[2]Senior Lecturer of the Department of Urban and Regional Development
of Brest State A. S. Pushkin University
[3]Candidate of (Geological and Mineralogical Sciences,
Associate Professor of the Department of Urban and Regional Development
of Brest State A. S. Pushkin University
e-mail: maevskaya.anna@inbox.ru

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ТУРИСТИЧЕСКОГО МАРШРУТА ПО МЕСТАМ КИНОСЪЕМОК В БЕЛАРУСИ

Кинотуризм представляет собой перспективное направление культурного туризма, способное трансформировать зрительский интерес в реальные туристические потоки и обеспечить мультипликативный экономический эффект для дестинаций. Мировой опыт Новой Зеландии, Исландии и Туниса убедительно доказывает высокий потенциал кинолокаций как катализаторов регионального развития. Для Республики Беларусь, обладающей богатым кинематографическим наследием, актуальной задачей является вовлечение «съемочных площадок» в туристическую сферу. Цель исследования – теоретическое обоснование и разработка кинематографического тура по местам съемок фильмов на территории Беларуси. Методика работы включала анализ научной литературы по кинотуризму, проведение социологического опроса потенциальных потребителей, отбор локаций, а также геоинформационное картографирование на платформе FlexGIS. В результате разработан пятидневный маршрут, охватывающий 15 ключевых локаций в Брестской, Минской и Гродненской областях, связанных с такими картинами, как «Брестская крепость», «Стиляги», «Черный замок Ольшанский» и др. Создана интерактивная веб-карта «Белорусские локации кино», доступная в открытом интернет-пространстве, для популяризации кинотуризма и привлечения внимания к культурному наследию страны.

Ключевые слова: *Республика Беларусь, кинотуризм, ГИС-технологии, маршрут, интерактивная карта, социологический опрос.*

Experience in Developing a Tourist Route to Film Locations in Belarus

Movie-induced tourism represents a promising direction within cultural tourism, capable of transforming audience interest into actual tourist flows and generating a multiplier economic effect for destinations. The international experience of New Zealand, Iceland, and Tunisia convincingly demonstrates the high potential of film locations as catalysts for regional development. For the Republic of Belarus, which possesses a rich cinematographic heritage, engaging film locations in the tourism sector is a pressing objective. The purpose of this study is the theoretical substantiation and development of a cinematic tour to filming locations in Belarus. The research methodology included an analysis of scientific literature on film tourism, a sociological survey of potential consumers, the selection of locations, and geographic information mapping using the FlexGIS platform. As a result, a five-day itinerary was developed, covering 15 key locations in the Brest, Minsk, and Grodno regions, associated with films such as Brest Fortress, Hipsters, The Black Castle of Olshany, and others. An interactive web-map «Belarusian Film Locations» has been created and is available in the open Internet space to promote film tourism and draw attention to the country's cultural heritage.

Key words: *Republic of Belarus, Movie-induced tourism, GIS technologies, Itinerary, Interactive map, Sociological survey.*

Введение

В настоящее время одним из перспективных направлений туризма является кинотуризм (кинематографический туризм). Наиболее типичное определение данного термина дано в монографии австралийской исследовательницей S. Beeton: кинотуризм – это посещение мест съемок фильмов, телепередач, экскурсии на киностудии и в тематические парки [1].

В свою очередь, Джуэлл и Маккиннон (Jewell & McKinnon, 2008) в исследовании, опубликованном в Journal of Travel & Tourism Marketing, описывают данное явление как потенциально новую форму культурного ландшафта и акцентируют внимание на росте популярности дестинаций вследствие их кинопрезентации.

В русскоязычной литературе понятие «кинотуризм» трактуется как вид культурно-познавательного туризма, основывающийся на организации путешествий по местам существования известных киногероев и съемок фильмов [2]. Также кинотуризм определяют как относительно новое направление отдыха, которое представляет собой посещение локаций, где проходили съемки какого-либо фильма. Это может быть отдельный природный объект, здание, а иногда и целый город [3].

Кинотуризм как вид туризма возник в развитых западных странах в XX в. Основные этапы развития данного направления отражены на рисунке 1 [1; 4–5].



Рисунок 1 – Этапы развития кинотуризма

Если на первых этапах зарождения кинотуризм был пассивным созерцанием: туристы стремились просто увидеть «те самые» пейзажи или сделать фотографию на фоне дома героя, довольствуясь ролью наблюдателя, то на современном этапе он трансформировался в активный поиск впечатлений. Сегодня путешественник не хочет просто смотреть – он хочет жить внутри истории. Такую возможность дает применение технологий виртуальной и дополненной реальности, что позволяет создавать захватывающие туры по местам киносъемок, максимально погружая туристов в атмосферу любимых фильмов. Параллельно растет популярность тематических парков развлечений, посвященных известным кинопроектам, что формирует отдельное направление в кинотуризме. Примером может послужить тематический парк Disney World, в котором материализовался фильм «Пандора: мир “Аватара”».

Разнообразие кинематографического опыта привело к формированию разных видов кинотуризма. В настоящее время в научной литературе выделяют следующие

направления кинотуризма: паломнический (посещение достопримечательностей, где снимались любимые фильмы); «знаменитый» (посещение домов и других мест, связанных со знаменитостями); ностальгический, или исторический (посещение мест, связанных с другой эпохой); событийный (посещение кинофестивалей и других кинематографических событий) [6].

Однако для того, чтобы кинотуризм мог успешно развиваться и приносить доход территориям, необходимо учитывать ряд ключевых факторов, среди которых: привлекательность кинематографических локаций; государственная поддержка (льготы для кинопроизводства, упрощение административных процедур, инвестиции в туристическую инфраструктуру); эффективный маркетинг (продвижение кинолокаций как туристических объектов, создание тематических туров и мероприятий, использование цифровых технологий); сотрудничество киноиндустрии и туристического сектора.

Современная мировая практика убедительно доказывает высокий социально-экономический потенциал кинотуризма. Наиболее показательные успешные примеры использования кинотуризма можно увидеть в:

– Новой Зеландии (трилогия «Властелин колец»). Если в 2000 г. (до выхода фильма) Новую Зеландию посетили около 1,7 млн туристов, то к 2018 г. этот показатель вырос до 3,6 млн, и значительная часть этого роста обусловлена образом «Средиземья». Культовая локация «Хоббитон» только за 2025 г. приняла около 600 тыс. посетителей [7];

– Исландии, где съемки сериала «Игра престолов» на фоне уникальных вулканических пейзажей привели к взрывному росту туристического потока. Количество путешественников увеличилось с 500 тыс. до 2,5 млн человек за период показа [8];

– Тунисе, где существуют официальные экскурсионные программы, аккредитованные Национальным туристическим офисом Туниса (ONTT), которые возят фанатов по местам съемок франшизы «Звездные войны» [9]. Эти локации стали обязательной частью туристической программы, что позволяет пустынным регионам страны получать стабильный поток туристов.

В мировом масштабе странами-лидерами по развитию кинотуризма являются Великобритания, США, Новая Зеландия. По прогнозам Future Market Insights, мировой рынок кинотуризма к 2033 г. вырастет до $118,6 млн [10].

Таким образом, изучение кинотуризма демонстрирует его эволюцию от спонтанных путешествий до самостоятельного сегмента индустрии с высоким мультипликативным эффектом. Мировой опыт подтверждает способность кинематографа трансформировать экономику регионов и формировать устойчивый бренд страны.

Актуальность развития данного направления для Республики Беларусь связана с ее богатым собственным кинематографическим наследием (здесь проходили съемки таких известных картин, как «Брестская крепость», «В августе 44-го…», «Белые Росы»), которое до настоящего времени остается не включенным в туристический оборот. Проектирование специализированного маршрута позволит собрать разрозненные объекты в целостный продукт, привлечь дополнительный поток туристов и монетизировать существующий культурный ресурс, который сегодня не приносит экономической отдачи.

В связи с вышеизложенным целью настоящего исследования является теоретическое обоснование и разработка концепции кинематографического тура по местам съемок белорусского кино.

Материалы и методика исследования

Исходными данными для проведения исследования послужили:

1) текстовые материалы в виде описаний, выполненных на основе анализа фундаментальных трудов зарубежных авторов в области кинотуризма (S. Beeton, S. Roesch,

G. Busby, J. Klug, N. Macionis), а также публикаций, посвященных психологии восприятия кинолокаций (K. Brown, S. Kim, R. Shields) и экономике впечатлений (Н. С. Морозова, А. И. Янкович);

2) фотоэлементы, включающие авторскую визуальную фиксацию современного состояния объектов съемок, архивные кадры из фильмов;

3) данные социологического опроса, проведенного авторами в форме онлайн-анкетирования потенциальных потребителей для выявления мотивации, предпочтений и готовности к участию в кинематографических турах.

Непосредственно процесс создания кинотура, представленного в настоящем исследовании включал:

1) Анализ рынка кинотуров в Республике Беларусь. В ходе данного этапа был проведен анализ действующих на туристическом рынке Республики Беларусь предложений. Он показал, что несмотря на наличие устойчивого интереса со стороны туроператоров (Traveling, «Ваш отдых», «Беларустурист») и богатой инфраструктуры киностудии «Беларусьфильм», сегмент кинотуризма в стране находится на начальной стадии формирования. Рынок предлагает, по сути, один типовой продукт – экскурсию за кулисы студии, – который дублируется разными компаниями под разными названиями с незначительными вариациями в стоимости и наполнении. При высоком потенциале и доступной ценовой политике белорусский кинотуризм пока не реализует свои возможности, оставаясь точечным, а не системным явлением.

2) Опрос целевой аудитории. Для разработки кинотура, отвечающего потребностям целевой аудитории, было проведено количественное социологическое исследование в форме анкетирования. Анкета разработана с учетом специфики исследовательского опроса, ориентированного на выявление предпочтений и потребностей потенциальных кинотуристов, а также на поиск новых идей для развития кинотуризма в Беларуси. Она включала пять тематических блоков: демографические данные; опыт взаимодействия с кино; личные предпочтения в кинотуризме; потенциал развития кинотуризма в Беларуси; предложения по развитию кинотуризма. Для анализа результатов опроса использованы методы дескриптивной статистики: расчет частот, процентов, средних значений. Это позволило выявить доминирующие тенденции и предпочтения респондентов.

3) Выбор локаций для маршрута. С учетом проведенного опроса был составлен список популярных белорусских фильмов, знакомых большинству зрителей. Далее на основе сведений из открытых интернет-источников была установлена география съемок отобранных кинокартин. Важным критерием при окончательном выборе точек стало требование, чтобы локации, помимо связи с кинематографом, обладали самостоятельной культурно-исторической ценностью. Все это позволило собрать насыщенную пятидневную программу тура.

4) Картографирование маршрута с использованием ГИС-технологий. На завершающем этапе создана интерактивная веб-карта тура, обеспечивающая наглядное представление маршрута и удобную навигацию для потенциальных туристов. Платформой для разработки стала FlexGIS, обладающая широкими возможностями для веб-картографии, включая настройку визуализации данных, внешнего вида карты, стилей отображения и добавление функциональных виджетов. Работа над картой включала несколько этапов. На первом была подготовлена картографическая основа с границами областей. На втором каждая точка визуализирована иконкой кинокамеры и снабжена фотографией кадра из фильма, названием картины и описанием. На третьем – для отображения логистики маршрута вручную прорисован линейный слой пятидневного автобусного тура с привязкой к реальной дорожной сети. Финальным акцентом стала настройка модуля «История карты» (Story Map), превратившего статичную схему

в интерактивный пошаговый сценарий путешествия, позволяющий пользователю последовательно знакомиться с каждой локацией и ее киносвязью.

Результаты и их обсуждение

Разработанный тур включает 15 локаций. Он проходит по территории трех областей Республики Беларусь: Брестской, Минской и Гродненской.

Тур рассчитан на пять дней для экономически активного населения и людей среднего возраста (от 30 до 64 лет); по виду спроса это люди с туристическими потребностями и желанием путешествия; по активности туриста во время отдыха – любители познания; в зависимости от стиля жизни – тенденциозные. Релевантной в контексте данного исследования будет также использование категории специфических кинотуристов (т. е. тех, для кого посещение места съемок – главная цель поездки) [1].

Ниже более подробно рассмотрим разработанный тур.

Согласно разработанному маршруту, *в первый день* туристы посетят г. Брест и его окрестности, где познакомятся с легендарной историей защиты Брестской крепости через одноименный фильм, увидят локомотивы – свидетелей съемок множества разных кинофильмов, получат возможность посетить станцию Дубица, которая благодаря своей уникальной архитектуре конца XIX в. стала съемочной площадкой для многочисленных кинокартин, включая военно-исторические драмы (таблица 1).

Таблица 1 – День 1. Брест – Пинск

Время	**Локация**	**Киносвязь**
9:00–12:30	Мемориальный комплекс «Брестская крепость-герой»	Основная натурная локация фильма «Брестская крепость» (режиссер А. Котт). В картине задействованы Холмские и Тереспольские ворота, Белый дворец, Свято-Николаевский гарнизонный храм, пороховые склады и другие объекты мемориала.
11:00–12:30	Музей железнодорожной техники	Локация фильма «Купала» (режиссер В. Янковский), посвященного классику белорусской литературы Янке Купале. Экспонаты Брестского музея железнодорожной техники также были задействованы при съемках следующих картин: «Застава Жилина» (2008), «Днепровский рубеж» (2008), «Снайпер 2. Тунгус» (2011), «Туфельки» (2011), «Последний бой майора Пугачева» (2007), «Господа офицеры. Спасти императора» (2007), «Немец» (2009), «Последний бронепоезд» (2008) и др.
16:00–19:10	Станция Дубица (Брестский р-н, 35 км от г. Бреста)	Историческая железнодорожная станция конца XIX в., где снято около десятка фильмов, включая «Брестскую крепость». Сохранившаяся архитектура царских времен и действующие паровозы создают аутентичную атмосферу для военно-исторических картин.

Во второй день туристы отправятся в г. Пинск и Несвиж, где познакомятся с архитектурными памятниками, запечатленными в кино: увидят Иезуитский коллегиум XVIII в., который стал съемочной площадкой для экранизации трилогии Якуба Коласа, а также прогуляются по площади Ленина, где снимали драму «Трудные радости». Главным событием дня станет посещение Несвижского замка, который предстанет сразу в двух образах – как место действия детектива с его таинственными подземельями и как сказочное королевство Недалия (таблица 2).

Таблица 2 – День 2. Пинск – Несвиж

Время	Локация	Киносвязь
11:00–14:00	Иезуитский коллегиум (г. Пинск)	Архитектурный комплекс XVIII в., задействованный в фильме «Первые испытания» (1956, режиссер В. Корш-Саблин) – экранизации трилогии Якуба Коласа «На ростанях».
11:00–14:00	Площадь Ленина с памятником В. И. Ленину (г. Пинск)	Локация фильма «Трудные радости» (1976, режиссер Б. Степанов).
17:40–19:40	Несвижский замок (дворцово-парковый ансамбль)	Основная локация телевизионного художественного фильма «Следы апостолов» (2013, режиссер С. Талыбов), снятого по мотивам одноименной книги. Действие фильма происходит в Несвижском замке. В картине задействованы интерьеры и подземелья замка, где по сюжету спрятаны легендарные сокровища Радзивиллов.
17:40–19:40	Несвижский замок (интерьеры)	Локация фильма-сказки «Рыжик в зеркале» (2010, режиссер Е. Турова). Домом зеркальщика в фильме стал зал дворца в Несвиже. Интерьеры замка использованы для создания атмосферы волшебного королевства Недалия.

Третий день является наиболее насыщенным и разнообразным. Он начинается с погружения в историю кинематографа в музее и закулисье Национальной киностудии в г. Минске. Завершится день в Лидском р-не, где в вечерних сумерках перед путешественниками предстанут усадьба Пусловских и старинная мельница в аг. Дворище – живые декорации мистического «Черного замка Ольшанского» по роману Владимира Короткевича (таблица 3).

Таблица 3 – День 3. Несвиж – Минск – аг. Дворище

Время	Локация	Киносвязь
11:00–14:00	Государственный музей истории театральной и музыкальной культуры, Национальная киностудия «Беларусьфильм» (г. Минск)	Экспозиция, посвященная истории национального кинематографа, уникальные экспонаты, связанные со съемками белорусских фильмов.
14:00–17:00	Проспект Независимости, ГУМ (г. Минск)	Ключевые локации фильма «Стиляги» (2008, режиссер В. Тодоровский). Минск выступил в роли Москвы 1950-х гг.: именно здесь режиссер нашел кусочки столицы СССР прошлого века.
19:30–20:00	Дворцово-парковый комплекс Пусловских (аг. Дворище, Лидский р-н)	Историческая усадьба, использованная для съемок фильма «Черный замок Ольшанский» (1983, режиссер М. Пташук), по мотивам одноименного романа В. Короткевича.
19:30–20:00	Туристический комплекс «Вольный мельник» (аг. Дворище)	Старинная водяная мельница, входящая в комплекс усадьбы, задействована в съемках фильма «Черный замок Ольшанский». Сохранившаяся четырехэтажная башня с банкетным залом на первом этаже создает атмосферу, реконструирующую быт белорусской шляхты.

Четвертый день начнется в усадьбе Дворище, а продолжится уже в богатом культурным наследием г. Гродно. Прогуливаясь по его улицам, туристы увидят железнодорожный вокзал, посетят Свято-Покровский собор – место действия

экранизаций произведений Владимира Короткевича – и непременно пройдут по улице Ленина. Здесь время словно останавливается, что позволяет ощутить себя частью знакомых с детства кинокадров (таблица 4).

Таблица 4 – День 4. аг. Дворище – Гродно

Время	**Локация**	**Киносвязь**
17:00–19:00	Железнодорожный вокзал (г. Гродно)	Локация фильма «Миколка-паровоз» (1956, режиссер Л. Голуб).
17:00–19:00	Свято-Покровский кафедральный собор (ул. Элизы Ожешко, г. Гродно)	Место съемок фильмов «Житие и вознесение Юрася Братчика» и «Христос приземлился в Городне» (1967, режиссер В. Бычков) – экранизации произведений В. Короткевича.
17:00–19:00	Улица Ленина (г. Гродно)	Основная локация фильма «Белые Росы» (1983, режиссер И. Добролюбов).

Заключительный (пятый) день путешествия подарит туристам встречу с военной историей на экране и наяву. По пути из г. Гродно в г. Брест группа остановится в Слониме, где ее ждут сразу две знаковые локации: железнодорожный вокзал и Советская улица, – которые стали фоном для напряженных сцен военной драмы «В августе 44-го...», а также площадь Ленина у стен драматического театра, после чего маршрут приведет путешественников обратно в Брест, замыкая кольцо пятидневного кинопутешествия по Беларуси (таблица 5).

Таблица 5 – День 5. Гродно – Слоним – Брест

Время	**Локация**	**Киносвязь**
17:00–18:00	Железнодорожный вокзал, Советская улица (г. Слоним)	Локация фильма «В августе 44-го...» (2001, режиссер М. Пташук) – военной драмы по роману В. Богомолова «Момент истины».
18:00–18:30	Площадь Ленина, Слонимский драматический театр	Локация фильма «Сыновья уходят в бой» (1969, режиссер В. Туров) – кинокартины о Великой Отечественной войне.

Стоит отметить, что разработанный тур представлен не только в виде описательного маршрута, но и в виде интерактивной веб-карты «Белорусские локации кино». Такое цифровое решение создано с целью расширения числа пользователей и максимальной доступности информации для всех желающих, вне зависимости от их местоположения.

Созданная карта сочетает в себе картографические данные, текстовые описания и фотографии кадров из фильмов, что позволяет туристу не просто прочитать о локации, но и увидеть, как она выглядела на экране.

Интерактивный формат дает возможность познакомиться с маршрутом в любое удобное время и в любом месте – с компьютера, планшета или смартфона. При этом карта постоянно актуальна: любые изменения или дополнения могут оперативно вноситься без изменения ссылки на ресурс.

Бесплатное распространение и простота использования делают такой гид идеальным инструментом для самостоятельного планирования путешествия, позволяя охватить неограниченную аудиторию и вдохновить на поездку даже тех, кто пока не может отправиться в путь, но мечтает прикоснуться к миру белорусского кино (рисунок 2).

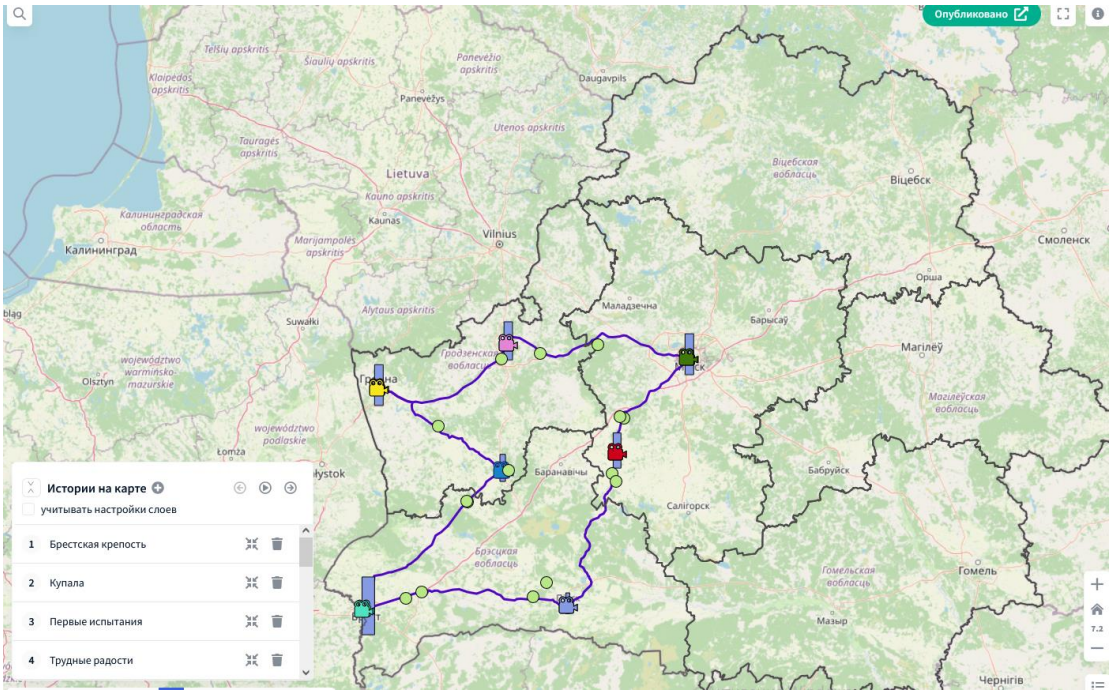


Рисунок 2 – Общий вид созданной интерактивной карты

Разработанная интерактивная карта размещена в свободном доступе в Сети по ссылке: https://gis.flexatel.xyz/viewer/0b4ad4e4-ccc2-4642-931a-2bf490e69204. Ее использование будет способствовать:

1) маркетинговому продвижению разработанного туристического продукта: карта выступает в качестве постоянно доступного рекламного носителя, формирующего визуальный образ тура и стимулирующего интерес потенциальных потребителей через наглядную демонстрацию маршрута и ключевых локаций;

2) формированию туристического бренда территории: визуализация кинолокаций на карте Беларуси способствует созданию устойчивой ассоциации регионов с национальным кинематографом, позиционируя страну как привлекательную дестинацию для кинотуризма;

3) формированию инструмента работы с целевой аудиторией: карта предоставляет пользователям возможность самостоятельного изучения информации, формировать у них чувство вовлеченности и сопричастности к процессу планирования путешествия, что повышает вероятность выбора данного тура;

4) повышению узнаваемости отечественного кино: интеграция кадров из фильмов и описаний кинокартин в интерфейс карты выполняет просветительскую функцию, популяризируя отечественное кинематографическое наследие среди широкой аудитории;

5) визуализации логистики и географии тура: линейный слой с маршрутом и цветовое кодирование локаций позволяют потенциальным туристам оценить масштаб путешествия, его насыщенность и географический охват, что облегчает принятие решения о покупке;

6) анализу продукта: встроенные диаграммы с результатами опроса предоставляют возможность мониторинга потребительских предпочтений и корректировки туристического продукта в соответствии с актуальным спросом.

Заключение

Таким образом, в ходе проведенного исследования были разработаны концепция и детальный маршрут пятидневного кинематографического тура по местам съемок

белорусского кино на территории Брестской, Минской и Гродненской областей. Для его создания применялись методы анализа теоретических основ кинотуризма, социологического опроса целевой аудитории и геоинформационного картографирования.

Тур выполнен в формате детализированной программы с указанием временных интервалов, объектов показа и их привязкой к конкретным кинопроизведениям национальной киностудии. Он дает комплексное представление о кинематографическом наследии регионов Беларуси и послужил основой для создания интерактивной веб-карты, визуализирующей маршрут и все ключевые локации.

Перспективы развития проекта связаны с добавлением в него данных об объектах туристской инфраструктуры: средствах размещения, пунктах общественного питания и сопутствующих сервисах. Такой подход позволит сформировать целостный туристический продукт, где информация о кинолокациях будет дополнена практическими функциями для организации путешествия, что повысит его коммерческую привлекательность и эффективность рекламного продвижения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Beeton, S. Film-Induced Tourism / S. Beeton. – Clevedon : Channel View Publications, 2005. – 270 p.

2. Петрова, Э. А. Кинотуризм как перспективное направление развития туристического рынка / Э. А. Петрова // СИЛА систем. – 2019. – № 1 (10). – С. 11–13.

3. Вирт, О. В. Перспективные виды международного туризма / О. В. Вирт // Молодежь, наука, творчество – 2013 : материалы XI межвуз. науч.-практ. конф. студентов и аспирантов, Омск, 21–24 мая 2013 г. : в 2 ч. / Омс. гос. ин- сервиса ; редкол.: Д. П. Маевский (гл. ред.). – Омск, 2013. – Ч. 1. – С. 193–194.

4. Шаркова, Е. В. Проблемы и перспективы развития кинотуризма в России : автореф. бакалавр. работы : 43.03.02 «Туризм» / Шаркова Евгения Викторовна ; Сарат. нац. исслед. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. – Саратов, 2022. – 26 с.

5. Busby, G. Movie-induced tourism: The challenge of measurement and other issues / G. Busby, J. Klug // Journal of Vacation Marketing. – 2001. – Vol. 7, iss. 4. – P. 316–332.

6. Полухина, А. В. Кинотуризм: по следам любимых фильмов / А. В. Полухина, Т. В. Пермякова // Инновационная научная современная академическая исследовательская траектория (ИНСАЙТ). – 2023. – № 1 (13). – С. 103–113. – DOI: 10.17853/2686-8970-2023-1-103–113.

7. Basu, A. 25 years later, The Lord of the Rings is still driving tourism traffic to New Zealand / A. Basu // Hindustan Times. – 2026. – 26 January. – URL: https://www.hindustantimes.com/htcity/-trips-tours/new-zealand-is-still-on-the-global-tourism-map-thanks-to-the-lord-of-the-rings-which-completes-25-years-in-2026-101769432636997.html (дата обращения: 25.02.2026).

8. Ентякова, А. Кинотуризм: Вокруг света за 80 минут / А. Ентякова // КиноРепортер. – 2023. – 29 янв. – URL: https://kinoreporter.ru/kinoturizm-vokrug-sveta-za-80-minut/ (дата обращения: 20.02.2026).

9. Star Wars Matmata Tour – Film Locations – From Djerba or Zarzis // GetYourGuide. – 2026. – 16 February. – URL: https://www.getyourguide.ru/djerba-l302/star-wars-matmata-tour-film-locations-from-djerba-or-zarzis-t854721/ (дата обращения: 20.02.2026).

10. Анализ рынка кинотуризма – рост и прогноз на 2023–2033 гг. // Future Market Insights. – 2023. – Июль. – URL: https://www.futuremarketinsights.com/ru/reports/film-tourism-overview-and-sector-outlook (дата обращения: 20.02.2026).

REFERENCES

1. Beeton, S. Film-Induced Tourism / S. Beeton. – Clevedon : Channel View Publications, 2005. – 270 p.

2. Petrova, E. A. Kinoturizm kak perspektivnoe napravlenie razvitiya turisticheskogo rynka / E. A. Petrova // SILA sistem. – 2019. – № 1 (10). – S. 11–13.

3. Virt, O. V. Perspektivnye vidy mezhdunarodnogo turizma / O. V. Virt // Molodezh, nauka, tvorchestvo – 2013 : materialy XI mezhvuz. nauch.-prakt. konf. studentov i aspirantov, Omsk, 21–24 maya 2013 g. : v 2 ch. / Oms. gos. in-t servisa ; redkol.: D. P. Maevskiy (gl. red.). – Omsk, 2013. – Ch. 1. – S. 193–194.

4. Sharkova, Ye. V. Problemy i perspektivy razvitiya kinoturizma v Rossii : avtoref. bakalavr. raboty : 43.03.02 «Turizm» / Sharkova Yevgeniya Virtorovna ; Sarat. nats. issled. gos. un-t im. N. G. Chernyshevskogo. – Saratov, 2022. – 26 s.

5. Busby, G. Movie-induced tourism: The challenge of measurement and other issues / G. Busby, J. Klug // Journal of Vacation Marketing. – 2001. – Vol. 7, iss. 4. – P. 316–332.

6. Polukhina, A. V. Kinoturizm: po sledam lyubimykh fil’mov / A. V. Polukhina, T. V. Permyakova // Innovatsionnaya nauchnaya sovremennaya akademicheskaya issledovatel’skaya traektoriya (INSAIT). – 2023. – № 1 (13). – S. 103–113. – DOI: 10.17853/2686-8970-2023-1-103-113.

7. Basu, A. 25 years later, The Lord of the Rings is still driving tourism traffic to New Zealand / A. Basu // Hindustan Times. – 2026. – 26 January. – URL: https://www.hindustantimes.com/htcity/-trips-tours/new-zealand-is-still-on-the-global-tourism-map-thanks-to-the-lord-of-the-rings-which-completes-25-years-in-2026-101769432636997.html (data obrashcheniya: 25.02.2026).

8. Yentyakova, A. Kinoturizm: Vokrug sveta za 80 minut / A. Yentyakova // KinoReporter. – 2023. – 29 yanv. – URL: https://kinoreporter.ru/kinoturizm-vokrug-sveta-za-80-minut/ (data obrashcheniya: 20.02.2026).

9. Star Wars Matmata Tour – Film Locations – From Djerba or Zarzis // GetYourGuide. – 2026. – 16 February. – URL: https://www.getyourguide.ru/djerba-l302/star-wars-matmata-tour-film-locations-from-djerba-or-zarzis-t854721/ (data obrashcheniya: 20.02.2026).

10. Analiz rynka kinoturizma – rost i prognoz na 2023–2033 gg. // Future Market Insights. – 2023. – July. – URL: https://www.futuremarketinsights.com/ru/reports/film-tourism-overview-and-sector-outlook (data obrashcheniya: 20.02.2026).

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 13.03.2026

НАШЫ ЮБІЛЯРЫ

К 90-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА ВАСИЛИЯ ЕМЕЛЬЯНОВИЧА ГАЙДУКА



12 февраля 2026 г. доктору биологических наук, профессору, широко известному в стране и за ее пределами исследователю в области териологии, орнитологии, биоритмологии и экологии животных Василию Емельяновичу Гайдуку исполнилось 90 лет.

Василий Емельянович родился в 1936 г. в д. Белица Березинского района Минской области в многодетной семье. Через всю жизнь он пронес воспоминания о тяжелых и голодных военных и послевоенных годах, которые ему, как и другим жителям нашей страны, пришлось стойко пережить. Выпавшие на его долю испытания способствовали формированию у Василия Емельяновича жизненной силы и выносливости – качеств, определивших характер будущего ученого. Родители воспитывали девятерых детей в атмосфере добра и любви, приучали к труду, порядочности, честности и справедливости. Уже в детстве Василий увлекся рыбалкой и охотой, что во многом предопределило его жизненный путь.

Высшее образование В. Е. Гайдук получил на биологическом факультете Белорусского государственного университета имени В. И. Ленина, который окончил в 1961 г. по специальности «Зоология» с присвоением квалификации биолога-зоолога, учителя биологии и химии, а впоследствии стал его Почетным выпускником. Еще во время обучения в БГУ он в полной мере раскрылся как молодой исследователь, выполнив дипломную работу «Экология и биология бобра» на материале, собранном на своей малой родине. Для изучения мест расселения и численности речного бобра в летний

и осенний периоды студент обследовал р. Березину и ее притоки (рр. Уша, Бобр и др.) от г. Борисова до устья. Всего было обнаружено 148 поселений в норах, 67 бобровых хаток и 18 плотин на мелких реках и каналах.

Творческий путь белорусского ученого-зоолога начался в 1966 г. на кафедре зоологии Брестского государственного педагогического института имени А. С. Пушкина, куда он был направлен после обучения в аспирантуре БГУ. Молодой, энергичный старший преподаватель, за плечами которого был двухлетний опыт педагогической деятельности в Клецкой средней школе № 1 Минской области и работа над кандидатской диссертацией «Эколого-систематическое исследование зайцев в Беларуси» под руководством профессора И. Н. Сержанина, с энтузиазмом приступил к выполнению учебной нагрузки по дисциплинам «Экология животных», «Охрана природы», «Гистология с основами эмбриологии», «Зоология позвоночных», «Учебная практика по зоологии».

Влюбленный в природу, Василий Емельянович умело сочетал педагогическую деятельность с научной. Это позволило ему собрать большой фактический материал и установить закономерности хорологической и хронологической изменчивости линьки, смены окраски и репродукции зайцев Беларуси как адаптации популяций к условиям внешней среды. В 1970 г. он защитил кандидатскую диссертацию, а в 1971 г. ему было присвоено ученое звание доцента.

Целеустремленный ученый продолжил глубокое и всестороннее изучение биоритмов ряда модельных видов млекопитающих (обыкновенной белки, зайца-русака, зайца-беляка, ласки, горностая, благородного оленя, косули и др.) с целью сохранения их биологического разнообразия. Были изучены основные параметры сезонных и многолетних ритмов: смена волосяного покрова и его окраски, репродукция, динамика численности видов, ведущих различный образ жизни. Предложенные им методы прогноза сроков промысла и добычи нашли широкое практическое применение в охотничьем хозяйстве Беларуси и за ее пределами. Итогом этой масштабной работы стала успешная защита в 1998 г. в Петрозаводском университете (Россия) докторской диссертации «Сравнительный анализ биоритмов доминирующих видов млекопитающих Беларуси».

В 1984 г. В. Е. Гайдук избирается на должность заведующего кафедрой зоологии БрГПИ имени А. С. Пушкина, которую он возглавлял до 1989 г. С характерными для него энергией и трудолюбием он активно включился в учебно-методическую и научную работу кафедры. На протяжении полувека профессор В. Е. Гайдук не только преподавал ключевую дисциплину «Зоология позвоночных», но и постоянно совершенствовал учебный процесс, разрабатывая новые курсы: «Биология промыслово-охотничьих видов животных», «Основы биоритмологии», «История биологии», «Экология животных». По мнению студентов, Василий Емельянович – увлеченный рассказчик с богатым опытом экспедиций и путешествий, который в доступной форме стремился передать свои знания будущим учителям и исследователям природы.

Особое внимание ученый уделял научно-исследовательской работе студентов, руководил кружком «Экология». Работы его подопечных неоднократно завоевывали призовые места на республиканских конкурсах. Он также участвовал в подготовке команды студентов из вузов БССР ко Всесоюзной олимпиаде «Студент и научно-технический прогресс» (1982 и 1984 гг.).

В 1998–2014 гг. В. Е. Гайдук был руководителем ряда заданий в рамках государственных программ научных исследований, среди которых «Редкие и исчезающие наземные позвоночные, пауки и насекомые юго-запада Беларуси». Талантливый исследователь, он внес значительный вклад в изучение биологического разнообразия региона, что нашло отражение в его обширном научном наследии. Он является автором свыше 300 научных и научно-популярных публикаций, в т. ч. ряда монографий и учебных

пособий: «Основы биоритмологии» (2003), «Популяционная экология мелких млекопитающих юго-западной и центральной Беларуси» (2004, в соавторстве), «Годовые и многолетние биоритмы млекопитающих Беларуси» (2005), «Морфофизиологическая изменчивость фоновых видов мелких млекопитающих Беларуси» (2007, в соавторстве), «История биологии» (2008), «Экология птиц юго-запада Беларуси. Неворобьинообразные» (2009, в соавторстве), «Теория эволюции» (2010, в соавт.), «Экология птиц юго-запада Беларуси. Воробьинообразные» (2013, в соавторстве), «Кадастр позвоночных животных биосферного резервата "Прибужское Полесье"» (2014, в соавторстве).

Коллеги характеризуют Василия Емельяновича как трудолюбивого человека, аскетично относящегося к бытовым условиям, человека с высоким чувством ответственности и требовательности к самому себе в сочетании с чутким и внимательным отношением к окружающим его людям.

Широкий круг научных интересов, богатый опыт и глубокие знания принесли В. Е. Гайдуку заслуженное признание в научном сообществе. Являясь одним из ведущих специалистов в области экологии и зоологии, он на протяжении многих лет был членом Совета по экологии Министерства образования Республики Беларусь, Научно-технического совета Национального парка «Беловежская пуща», входил в состав редколлегии научно-теоретического журнала «Известия НАН Беларуси» (серия биологических наук), журналов «Веснік Брэсцкага ўніверсітэта» и редакционного совета сборника научных трудов «Вучоныя запіскі Брэсцкага ўніверсітэта». Профессор Гайдук выступал оппонентом по 14 кандидатским и 3 докторским диссертациям.

Василий Емельянович участвовал в работе более 80 региональных, республиканских, всесоюзных и международных конференций и совещаний, в т. ч. Первого териологического (Москва, 1974) и XIV Генетического конгрессов (Москва, 1978), где выступал с докладами. Он принимал активное участие в организации научно-практических конференций в БрГУ имени А. С. Пушкина, в т. ч. был организатором Международных научных конференций «Биологические ритмы» (1999, 2012) и «Фауна и флора Прибужья и смежных территорий на рубеже XXI столетия» (2000).

Василий Емельянович – выдающийся ученый, педагог и автор учебных пособий, внесший неоценимый вклад в развитие биологического образования и зоологии. Его ценят за высокий профессионализм, любовь к науке и умение передавать свой опыт студентам и коллегам. Он награжден грамотой Министерства образования Республики Беларусь (2016), почетными грамотами университета (1977, 2006), Брестского областного Совета депутатов (1995) и Ленинского райкома КПБ (1980), а также нагрудным Почетным знаком «За вклад в развитие Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина» (2016). По словам самого юбиляра, во всех его достижениях есть немалая заслуга семьи.

Коллеги и многочисленные выпускники поздравляют Василия Емельяновича с юбилеем и искренне желают ему крепкого здоровья, долголетия и благополучия!

Светлана Михайловна Ленивко, *кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биологических и химических технологий Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина*
Нонна Степановна Ступень, *кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой биологических и химических технологий Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина, ответственный редактор журнала «Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. Біялогія. Навукі аб Зямлі»*

Да ведама аўтараў

Рэдкалегія часопіса разглядае рукапісы толькі тых артыкулаў, якія адпавядаюць навуковаму профілю выдання, нідзе не апублікаваныя і не перададзеныя ў іншыя рэдакцыі.

Матэрыялы прадстаўляюцца на беларускай, рускай ці англійскай мове ў адным экзэмпляры аб'ёмам да 0,5 друкаванага аркуша (да 20 000 знакаў (без уліку метададзеных)), у электронным варыянце – у фармаце Microsoft Word for Windows (**.doc, *.docx* ці **.rtf*) і павінны быць аформлены ў адпаведнасці з наступнымі патрабаваннямі:

- папера фармату А4 (21×29,7 см);
- палі: зверху – 2,8 см, справа, знізу, злева – 2,5 см;
- шрыфт – гарнітура Times New Roman;
- кегль – 12 pt.;
- міжрадковы інтэрвал – адзінарны;
- двукоссе парнае «...»;
- абзац: водступ першага радка 1,25 см;
- выраўноўванне тэксту па шырыні.

Максімальныя лінейныя памеры табліц і малюнкаў не павінны перавышаць 15×23 або 23×15 см. Усе графічныя аб'екты, якія ўваходзяць у склад аднаго малюнка, павінны быць згрупаваны паміж сабой. Усе малюнкі і фотаздымкі павінны быць толькі ў чорна-белым выкананні. Размернасць усіх велічынь, якія выкарыстоўваюцца ў тэксце, павінна адпавядаць Міжнароднай сістэме адзінак вымярэння (СВ). Пажадана пазбягаць скарачэнняў слоў, акрамя агульнапрынятых. Спіс літаратуры павінен быць аформлены паводле Узораў афармлення бібліяграфічнага апісання ў спісе крыніц, якія прыводзяцца ў дысертацыі і аўтарэферате, зацверджаных загадам Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь ад 25.06.2014 № 159 (у рэдакцыі загада ад 13.10.2025 № 206). Спасылкі на крыніцы ў артыкуле нумаруюцца адпаведна парадку цытавання. Парадкавыя нумары спасылак падаюцца ў квадратных дужках ([1–4], [1; 3], [1, с. 32], [2, с. 52–54], [3, л. 5], [4, л. 6 об.]). Не дапускаецца выкарыстанне канцавых зносак.

Матэрыял уключае наступныя элементы па парадку:

- індэкс УДК;
- імя, імя па бацьку, прозвішча аўтара/аўтараў (аўтараў не болей за 5) на мове артыкула;
- звесткі пра аўтара/аўтараў (навуковая ступень, званне, пасада, месца працы/вучобы) на мове артыкула;
- імя, імя па бацьку, прозвішча аўтара/аўтараў на англійскай мове;
- звесткі пра аўтара/аўтараў на англійскай мове;
- e-mail аўтара/аўтараў;
- назва артыкула на мове артыкула;
- анатацыя ў аб'ёме 100–150 слоў і ключавыя словы на мове артыкула (курсіў, кегль – 10 pt.);
- назва артыкула на англійскай мове;
- анатацыя і ключавыя словы на англійскай мове.

Звесткі аб навуковым кіраўніку (для аспірантаў і саіскальнікаў) указваюцца на першай старонцы ўнізе.

Асноўны тэкст структуруецца ў адпаведнасці з патрабаваннямі Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь да навуковых артыкулаў, якія друкуюцца ў выданнях, уключаных у Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў:

- Уводзіны (пастаноўка мэты і задач даследавання).
- Асноўная частка (матэрыялы і метады даследавання; вынікі і іх абмеркаванне).
- Заключэнне (фармулююцца асноўныя вынікі даследавання, указваецца іх навізна, магчымасці выкарыстання).
- Спіс выкарыстанай літаратуры; спіс літаратуры павінен уключаць не больш за 20–22 крыніцы і абавязкова ўтрымліваць публікацыі, у тым ліку замежныя, па тэме даследавання за апошнія 10 гадоў.
- References – спіс выкарыстанай літаратуры, які прадубліраваны лацінскім алфавітам (колькасць крыніц, прыведзеных у спісе і ў References, павінна супадаць).

Да рукапісу артыкула абавязкова дадаюцца:

- выпіска з пратакола пасяджэння кафедры, навуковай лабараторыі ці ўстановы адукацыі, дзе працуе (вучыцца) аўтар, завераная пячаткаю, з рэкамендацыяй артыкула да друку;
- рэцэнзія знешняга ў адносінах да аўтара профільнага спецыяліста з вучонай ступенню, завераная пячаткаю;
- экспертнае заключэнне (для аспірантаў і дактарантаў);
- вынікі праверкі тэксту на прадмет арыгінальнасці пры дапамозе інструмента «Антыплагіят».

Усе артыкулы абавязкова праходзяць «сляпое» рэцэнзаванне. Рукапісы, аформленыя не ў адпаведнасці з выкладзенымі правіламі, рэдкалегія не разглядае і не вяртае. Аўтары нясуць адказнасць за змест прадстаўленага матэрыялу.

Рукапіс артыкула і дакументы дасылаць на адрас: 224016, г. Брэст, бульвар Касманаўтаў, 21, рэдакцыя часопіса «Веснік Брэсцкага ўніверсітэта», электронны варыянт артыкула накіроўваць на e-mail: vesnik@brsu.by.

Карэктары *А. А. Іванюк, Л. М. Калілец*
Камп'ютарнае макетаванне *А. В. Кізун*
Падпісана ў друк 29.06.2026. Фармат 60×84/8. Папера афсетная. Гарнітура Таймс. Рызаграфія.
Ум. друк. арк. 24,18. Ул.-выд. арк. 17,03. Тыраж 50 экз. Заказ № 179.
Выдавец і паліграфічнае выкананне: УА «Брэсцкі дзяржаўны ўніверсітэт імя А. С. Пушкіна».
Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы,
распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 1/55 ад 14.10.2013.
ЛП № 02330/454 ад 30.12.2013.
224016, г. Брэст, вул. Міцкевіча, 28.