

# Веснік

Брэсцкага ўніверсітэта

*Рэдакцыйная калегія*

*галоўны рэдактар*  
А. М. Сендзер

*намеснік галоўнага рэдактара*  
А. Я. Будзько

*адказны рэдактар*  
Н. С. Ступень

І. В. Абрамава (Беларусь)  
А. А. Афонін (Расія)  
М. А. Багдасараў (Беларусь)  
А. М. Вігчанка (Беларусь)  
А. А. Волчак (Беларусь)  
В. В. Грычык (Беларусь)  
А. А. Махнач (Беларусь)  
А. В. Мацвееў (Беларусь)  
В. А. Несцяроўскі (Украіна)  
У. У. Салтанаў (Беларусь)  
Я. К. Яловічава (Беларусь)

Пасведчанне аб рэгістрацыі  
ў Міністэрстве інфармацыі  
Рэспублікі Беларусь  
№ 1339 ад 10 чэрвеня 2021 г.

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

Часопіс «Веснік Брэсцкага  
ўніверсітэта» выдаецца  
са снежня 1997 года

**Серыя 5**

**БІЯЛОГІЯ**

**НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ**

**НАВУКОВА-ТЭАРЭТЫЧНЫ ЧАСОПІС**

Выходзіць два разы ў год

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

**№ 1 / 2021**

У адпаведнасці з Дадаткам да загада  
Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь  
ад 01.04.2014 № 94 у рэдакцыі загада Вышэйшай атэстацыйнай  
камісіі Рэспублікі Беларусь ад 16.02.2021 № 36  
(са змяненнямі, унесенымі загадам ВАК ад 16.03.2021 № 65,  
09.04.2021 № 105, 28.04.2021 № 121)  
часопіс «Веснік Брэсцкага ўніверсітэта.  
Серыя 5. Біялогія. Навукі аб зямлі» ўключаны  
ў Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь  
для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў  
па біялагічных, геаграфічных і геалага-мінэралагічных навуках

# ЗМЕСТ

## БІЯЛОГІЯ

### ПОЗДРАВЛЕННЕ ЮБИЛЯРУ

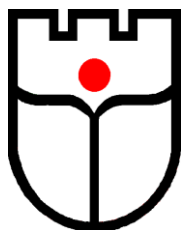
К 85-летию Василия Емельяновича Гайдук.....	5
<b>Абрамова И. В.</b> Динамика обилия видов птиц в ходе сукцессии еловых лесов в юго-западной Беларуси.....	7
<b>Власюк А. В., Гайдук В. Е.</b> Динамика численности, плотности и добычи охотничьих парнокопытных в охотничьих хозяйствах Республиканского государственно-общественного объединения «Белорусское общество охотников и рыболовов» Брестской области.....	16
<b>Колбас А. П., Колбас Н. Ю., Пастухова М. А.</b> Структурные и функциональные ответы растений на полиэлементное загрязнение в почвенных сериях.....	25
<b>Ленивко С. М.</b> Прорастание зародышей мягкой пшеницы в культуре <i>in vitro</i> под влиянием брассиностероидов.....	36
<b>Михальчук Н. В., Ажгиревич А. Н., Брыль Е. А.</b> Накопление тяжелых металлов в растениях зоны хранения золы свинцовой (окрестности пос. Зеленый Бор Ивацевичского района).....	46
<b>Прищепчик О. В., Козулько Н. Г.</b> Метисация пчелиных семей на юго-западе Беларуси (на примере частной пасеки).....	55
<b>Хомич Г. Е.</b> Характеристика гемодинамических показателей при изменении положения тела человека.....	63
<b>Шималов В. В.</b> Гельминтофауна обыкновенной квакши ( <i>Hyla Arborea</i> Linnaeus, 1758) в Белорусском Полесье.....	70

### НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

<b>Галкин П. А., Черкасова О. А., Масалкова Ю. Ю., Галкин А. Н., Красовская И. А.</b> Особенности техногенных воздействий на геоэкологическую обстановку Витебска (Часть I. Физическое и биологическое воздействия).....	77
<b>Годунова Н. В.</b> Природные предпосылки формирования рекреационного потенциала бассейновых систем юго-востока Беларуси.....	86
<b>Дорожко О. О., Грядунова О. И., Панько С. В., Богдасаров М. А.</b> Влияние биоклиматических условий на первичную заболеваемость взрослого населения Брестской области.....	94
<b>Семенюк А. С.</b> География фамилий униатского населения западной части Брестской области в первой трети XIX в. ....	104
<b>Сидорович А. А.</b> Демографический потенциал пенсионного реформирования в Беларуси: экономико-географический прогноз.....	112
<b>Трифонов Ю. Ю.</b> Окружающая среда археологического памятника Кокорица-4 в бассейне Ясельды по данным дистанционного зондирования.....	121

### ПАМ'ЯЦІ ВУЧОНАГА

<b>Абрамова И. В., Богдасаров М. А., Сидорович А. А.</b> <u>Константин Константинович Красовский</u> .....	131
---	-----



# *Vesnik*

*of Brest University*

*Editorial Board*

*editor-in-chief*  
A. M. Sender

*deputy editor-in-chief*  
A. Ya. Budzko

*managing editor*  
N. S. Stupen

I. V. Abramava (Belarus)  
A. A. Afonin (Russia)  
M. A. Bahdasarau (Belarus)  
A. M. Vitchanka (Belarus)  
A. A. Volchak (Belarus)  
V. V. Hrychyk (Belarus)  
A. A. Makhnach (Belarus)  
A. V. Matsveyeu (Belarus)  
V. A. Nestsyaruski (Ukraine)  
V. V. Saltanau (Belarus)  
Ya. K. Yalovichava (Belarus)

Registration Certificate  
by Ministry of Information  
of the Republic of Belarus  
nr 1339 from Juni 10, 2021

Editorial Office:  
224016, Brest,  
21, Kosmonavtov Boulevard  
tel.: +375-(162)-21-72-07  
e-mail: vesnik@brsu.brest.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 / 2021*

According to the Supplement to the order of Supreme Certification Commission of the Republic of Belarus from April 01, 2014 nr 94 as revised by the order of Supreme Certification Commission of the Republic of Belarus from February 16, 2021 nr 36 (with the amendments made by the orders of Supreme Certification Commission from March 16, 2021 nr 65, April 09, 2021 nr 105, April 28, 2021 nr 121) 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 biological, geographical and geological-mineralogical sciences

# CONTENTS

## BIOLOGY

To the 85th Anniversary of Vasily Yemelyanovich Gaiduk .....	5
<b>Irina Abramova</b> Dynamics of Bird Species Abundance During the Succession of Spruce Forests in Southwestern Belarus.....	7
<b>Alieksandra Vlasyuk, Vasilij Gajduk</b> Dynamics of the Quantity, Density and Production of Hunting Ungulates in Hunting Farms of the Republican State-Public Association «Belarusian Society of Hunters and Fishermen» of the Brest Region .....	16
<b>Aleksandr Kolbas, Natalia Kolbas, Marina Pastukhova</b> Structural and Functional Responses of Plants to Polyelement Contamination in Soil Series.....	25
<b>Svetlana Lenivko</b> The Germination of Embryos Soft Wheat in Culture in Vitro Under the Effect of Brassynosteroids.....	36
<b>Nikolai Mikhailchuk, Andrej Ashgirevich, Alena Bryl</b> Accumulation of Heavy Metals in Plants of the Lead Ash Storage Area (Environment of Zeleny Bor, Ivatsevichy District).....	46
<b>Oleg Prischepchik, Mikalai Kazulka</b> Metisation of Bee Families in Southwest Belarus (on the Example of a Private Apiary).....	55
<b>Galina Khomich</b> Hemodynamical Parameters by Changes in Human Body Position.....	63
<b>Vladimir Shimalov</b> The Helminth Fauna of the European Tree Frog ( <i>Hyla Arborea</i> Linnaeus, 1758) in Belorussian Polesie .....	70

## SCIENCES ABOUT EARTH

<b>Pavel Galkin, Olesya Cherkasova, Yulija Masalkova, Alexander Galkin, Irina Krasovskaya</b> Specific Features of Technogenic Impacts on Geocological Situation of Vitebsk (Part 1. Physical and Biological Impact).....	77
<b>Nina Godunova</b> Natural Prerequisites for the Formation of the Recreational Potential of Basin Systems in the Southeast of Belarus .....	86
<b>Oksana Dorozhko, Oksana Gryadunova, Sergej Panko, Maksim Bogdasarov</b> Influence of Bioclimatic Conditions on Primary Morbidity of the Adult Population of the Brest Region .....	94
<b>Aliaksandr Semianiuk</b> Geography of Surnames of Uniate Population of the Western Part of Brest Region in the First Third of the XIX Century .....	104
<b>Aleksandr Sidorovich</b> Demographic Potential of Pension's Reforming in Belarus: Economic and Geographic Forecast.....	112
<b>Yurij Trifonov</b> The Environment of the Archaeological Monument Kakoryca-4 in the Yaselda River Basin According to Remote Sensing Data.....	121

## IN MEMORY OF THE SCIENTIST

<b>Irina Abramova, Maksim Bogdasarov, Aleksandr Sidorovich</b> <u>Konstantin Konstantinovich Krasovskij</u> .....	131
--	-----

---

# БІЯЛОГІЯ

---

## ПОЗДРАВЛЕНИЕ ЮБИЛЯРУ

### К 85-ЛЕТИЮ ВАСИЛИЯ ЕМЕЛЬЯНОВИЧА ГАЙДУКА

*12 февраля 2021 года исполнилось 85 лет доктору биологических наук, профессору Василию Емельяновичу Гайдуку, белорусскому ученому-зоологу, широко известному в стране и за ее пределами исследователю в области териологии, орнитологии, биоритмологии и экологии животных, посвятившему Брестскому государственному университету имени А. С. Пушкина более 50 лет!*



Василий Емельянович Гайдук родился в 1936 г. в д. Белица Березинского района Минской области. В 1954 г. он окончил Ляжинскую среднюю школу. Высшее образование получил на биологическом факультете Белорусского государственного университета, который окончил в 1961 г. по специальности «Зоология» с присвоением квалификации «Биолог-зоолог, учитель биологии и химии». На протяжении двух лет молодой специалист работал учителем биологии и химии в Клецкой средней школе (Минская область).

В 1963 г. Василий Емельянович поступил в аспирантуру при Белорусском государственном университете. После окончания аспирантуры в 1966 г. был направлен на работу в Брестский государственный педагогический институт имени А. С. Пушкина, где приступил к работе в должности старшего преподавателя кафедры зоологии.

В 1970 г. В. Е. Гайдук защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук «Эколого-систематическое исследование зайцев Беларуси», через год ему было присвоено ученое звание доцента. С 1972 по 1984 и с 1989 по 1995 г. Василий Емельянович работал доцентом кафедры зоологии факультета естествознания; в 1984–1989 гг. возглавлял ее. Докторскую диссертацию «Сравнительный анализ биоритмов доминирующих видов млекопитающих Беларуси» Василий Емельянович защитил в 1998 г. в Петрозаводском университете (Россия). Ученое звание профессора было присвоено Василию Емельяновичу Высшей аттестационной комиссией Республики Беларусь в 2005 г. С 1995 по 2020 г. он занимал должность профессора кафедры зоологии и генетики биологического факультета.

За годы работы на родной кафедре зоологии и генетики БрГУ имени А. С. Пушкина Василий Емельянович Гайдук подготовил и опубликовал более 350 научных и научно-популярных работ, в том числе ряд монографий: «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), «Экология птиц юго-запада Беларуси. Неворобьинообразные (2009, в соавторстве), «Экология птиц юго-запада Беларуси. Воробьинообразные» (2013, в соавторстве), «Кадастр позвоночных животных биосферного резервата “Прибужское Полесье” (белорусский сектор трансграничного биосферного резервата “Западное Полесье”)» (2014, в соавторстве). Он издал также несколько учебно-методических пособий для студентов биологического факультета: «Основы биоритмологии» (2003), «История биологии» (2008), «Теория эволюции» (2010, в соавторстве).

В. Е. Гайдук является почетным выпускником Белорусского государственного университета. В числе его наград почетные грамоты Министерства образования Республики Беларусь, Брестского областного исполнительного комитета и Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина, нагрудный Почетный знак «За вклад в развитие Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина».

Василий Емельянович – известный и признанный ученый в области зоологии и биоритмологии. Им проведено глубокое и всестороннее изучение биоритмов млекопитающих (на примере модельных видов: обыкновенной белки, зайца-русака, зайца-беляка, ласки, горностая, благородного оленя, косули и др.) с целью сохранения их биологического разнообразия. Были исследованы основные параметры сезонных и многолетних ритмов: смена волосяного покрова и его окраски, репродукция, динамика численности видов, которые ведут различный образ жизни. Были установлены закономерности хронологической и хорологической изменчивости линьки, смены окраски волосяного покрова и размножения. Предложенные им методы прогноза сроков промысла и добычи нашли широкое практическое применение в охотничьем хозяйстве Беларуси и за ее пределами.

В. Е. Гайдук участвовал в работе более 80 региональных, республиканских, все-союзных и международных конференций и совещаний, в том числе Первого териологического (Москва, 1974) и XIV генетического (Москва, 1978) конгрессов, где выступал с докладами. До сих пор Василий Емельянович активно поддерживает научные контакты с отечественными и зарубежными коллегами, принимает участие в организации и проведении научно-практических конференций на кафедре: «Фауна и флора Прибужья и смежных территорий на рубеже XXI столетия» (2000), «Биологические ритмы» (1999, 2012).

Широкий круг научных интересов принес В. Е. Гаидуку признание среди ученых. Являясь одним из ведущих специалистов в области экологии и зоологии, он в течение ряда лет был членом Совета по экологии Министерства образования Республики Беларусь, Научно-технического совета Национального парка «Беловежская пушча», выступал оппонентом при защите 14 кандидатских и 3 докторских диссертаций. Василий Емельянович – член редколлегии журнала «Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук» и редакционного совета сборника научных трудов «Вучоныя запіскі Брэсцкага ўніверсітэта».

**Александр Николаевич Тарасюк,**  
кандидат биологических наук, доцент,  
заведующий кафедрой зоологии и генетики

УДК 574.42(476.7) + 598.2

**Ирина Васильевна Абрамова**

канд. биол. наук, доц., декан геогр. факультета

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

**Irina Abramova**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Geography  
at the Brest State A. S. Pushkin University

e-mail: [iva.abramova@gmail.com](mailto:iva.abramova@gmail.com)

## ДИНАМИКА ОБИЛИЯ ВИДОВ ПТИЦ В ХОДЕ СУКЦЕССИИ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ

Прослежены изменения обилия птиц в процессе восстановительной сукцессии на месте вырубки еловых лесов в юго-западной части Беларуси. Сбор материала проводился в 1992–2012 гг. Применялись общепринятые методы учета птиц и статистической обработки материала. Установлено, что в ходе сукцессий (6 стадий, возраст от 1 до 100 лет) видовое разнообразие птиц увеличивается с 10 до 59 видов. Установлены обилие видов (ос/км<sup>2</sup>) и межгодовая изменчивость в течение 11 сезонов. Коэффициент вариации (CV) наиболее высокий (50,0–134,0 %) у видов, обилие которых не превышает 5,0 ос/км<sup>2</sup>. Среднее обилие видов варьирует в значительных пределах, например, на стадии возраста 50–80 лет – от 0,5 ос/км<sup>2</sup> (малый подорлик) до 130,6 ос/км<sup>2</sup> (зяблик).

**Ключевые слова:** сукцессия, орнитокомплекс, численность, еловые леса.

## Dynamics of Bird Species Abundance During the Succession of Spruce Forests in Southwestern Belarus

The article traces changes in bird abundance in the process of secondary succession of cleared spruce forest in the southwestern Belarus. The study was performed in the years 1992–2012 applying the conventional bird count and statistical processing methods. The species diversity of birds has been found to increase from 10 to 59 species during the succession (6 stages, age from 1 to 100 years). The abundance of species (birds /km<sup>2</sup>) and inter-annual variability during 11 seasons were established. The coefficient of variation (CV) is highest (50.0–134.0 %) for species whose abundance does not exceed 5.0 birds/km<sup>2</sup>. The average abundance of species varies considerably, e.g., at the 50–80 year old stage, from 0.5 birds/km<sup>2</sup> (Little Spotted Eagle) to 130.6 birds/km<sup>2</sup> (Chaffinch).

**Key words:** succession, bird communities, abundance, spruce forests.

### Введение

Нарушенные лесные экосистемы характеризуются значительными пространственно-временными изменениями в пределах ландшафта. Виды птиц, зависящие от фитоценозов, находящихся на разных стадиях вторичной сукцессии, подвержены сильному влиянию динамических факторов среды. Рубки деревьев на значительных площадях приводят к коренным изменениям среды обитания птиц, в результате чего дендрофильные птицы исчезают с данной территории (рябчик, дятлы, дрозды, синицы), на смену им приходят птицы открытых ландшафтов (луговых, полевых, кустарниковых) и опушечные виды, которые заселяют недавно нарушенные местообитания (1–9 лет после вырубки леса). Численность отдельных видов птиц значительно изменяется по мере того, как развивается растительность и изменяется пространственная структура фитоценозов.

Проблеме изменения населения птиц по ходу восстановительной сукцессии лесных экосистем умеренного пояса Северного полушария посвящен ряд публикаций [1–5]. Однако данные работы, как правило, не содержат сведений о количестве сезонов и учетов проведенных при изучении сукцессий, не проведена статистическая обработка материала. Сведения об изменениях населения птиц в ходе восстановительной сукцессии елового леса в юго-западной Беларуси представлены в публикации [6].

Цель данной работы – изучение межгодовой динамики обилия видов птиц и оценка изменчивости популяций отдельных видов в ходе восстановительной сукцессии в течение 11 сезонов.

### Материалы и методы исследования

Сбор материалов проводился в 1996–2012 гг. в Ивацевичском лесхозе (Ивацевичское и Бронногорское лесничества), где ель занимает 4,5 тыс. га (около 5 % площади лесхоза). При изучении орнитокомплексов на разных стадиях сукцессии ельников на месте вырубок применяли общепринятые методы учета птиц [7; 8]. Учет птиц проводили в максимально однородных местообитаниях на маршрутах, которые были заложены в экосистемах, находящихся на разных стадиях сукцессионного ряда (на свежих вырубках, в молодых посадках, жердняках, приспевающем и спелом лесах). Первые три стадии сукцессии прослежены на одних и тех же площадках, более поздние – на площадках с однотипными условиями, но отличающихся возрастом еловых фитоценозов. Полосы учетов проходили по центру местообитаний, чтобы по возможности устранить опушечный эффект. В некоторых случаях придерживаться этого принципа было невозможно из-за небольших размеров исследованных участков леса, чем можно объяснить встречи в ряде сообществ видов птиц, характерных для других формаций. Общая протяженность пройденных маршрутов составила более 500 км.

Учет птиц в каждом из сообществ сукцессионного ряда проводили ежегодно с 15 мая по 15 июня, когда орнитокомплексы наиболее стабильны и птицы проявляют максимальное предпочтение местообитания, в ясную погоду в утреннее (спустя 1 час после восхода) и вечернее (прекращался за 1–2 часа до захода солнца) время. Пересчет обилия птиц (количество особей на 1 км<sup>2</sup>) велся отдельно по средним дальностям обнаружения (по голосу, визуально) [7]. Данные по обилию видов птиц подвергались статистической обработке [9]. Из анализа были исключены те виды, которые регистрировались в ходе учетов менее чем в 1/2 сезонов. Некоторые орнитологи (O. Järvinen, J. Lokki) полагают, что эффективность учета всех видов птиц за одно посещение составляет немногим более 50 % [цит. по: 8]. Латинские названия птиц приведены по сводке Clements checklist of birds of the world [10].

В сборе материалов существенную помощь оказали студенты и преподаватели биологического и географического факультетов, за что автор выражает им искреннюю признательность.

### Результаты и их обсуждение

Виды, которые были зарегистрированы нами на разных стадиях восстановительной сукцессии еловых лесов (таблица), по обилию можно разделить на три группы:

1) виды с высоким обилием (50 ос/км<sup>2</sup> и более): зяблик, лесной конек, обыкновенная овсянка, пеночка-теньковка, пеночка-трещотка;

2) виды со средним обилием (10–49 ос/км<sup>2</sup>): лесной и полевой жаворонки, луговой чекан, большая и хохлатая синицы, буроголовая гаичка, мухоловка-пеструшка, пестрый дятел и др.;

3) виды, обилие которых составляет менее 10 ос/км<sup>2</sup>: большинство видов, в т. ч. дневные хищные птицы, совы, куриные, врановые и др.

На свежей вырубке нами зарегистрировано 10 видов птиц. Доминирующими по обилию являются лесной конек *Anthus trivialis* (84,4 ± 3,30 ос/км<sup>2</sup>), обыкновенная овсянка *Emberiza citrinella* (48,5 ± 2,53 ос/км<sup>2</sup>) и лесной жаворонок *Lullula arborea* (30,6 ± 2,09 ос/км<sup>2</sup>). Изменчивость обилия у видов этой группы не превышает 22 %, наиболее стабильна численность лесного конька (CV = 12,36 %). У обитающих на этой стадии сукцессии фоновых видов (певчий дрозд *Turdus philomelos*, обыкновенная ка-



менка *Oenanthe oenanthe* и серая куропатка *Perdix perdix*) отмечен более высокий уровень вариации обилия (CV от 43,05 до 56,00 %).

На стадии молодых культур и кустарников (4–9 лет) орнитокомплекс пополняется десятью видами, среди которых обитатели кустарников и зарослей: серая *Sylvia communis*, садовая *S. borin*, ястребиная *S. nisoria*, черноголовая славка *S. atricapilla* и славка-завирушка *S. curruca* (таблица). У одних видов (серая куропатка, полевой жаворонок *Alauda arvensis*) на этой стадии обилие значительно снизилось, у других (луговой чекан *Saxicola rubetra*, обыкновенная овсянка, лесной жаворонок и др.) – увеличилось. У ряда видов (белая трясогузка *Motacilla alba*, лесной конек, певчий дрозд) обилие сохранилось на уровне предыдущей стадии. Более стабильно обилие у лесного конька (CV = 12,57 %) и обыкновенной овсянки (CV = 17,71 %). Среднее квадратическое отклонение показателей обилия имеет тенденцию к увеличению по мере роста среднего арифметического. Это характерно как для предыдущей, так и последующей стадий.

На третьей стадии (10–15 лет) из орнитокомплекса выпадает четыре вида (серая куропатка, луговой чекан, обыкновенная каменка, полевой жаворонок), связанные своей жизнедеятельностью с открытыми территориями. Обилие пяти видов (коноплянка *Linaria cannabina*, белая трясогузка, лесной жаворонок и др.) значительно снизилось по сравнению с предыдущей стадией. В составе орнитокомплекса впервые появляется 11 дендрофильных видов, укрепляют свои позиции представители семейства славковых: к пяти видам данного семейства добавились 3 вида пеночек. Наиболее многочисленными на этой стадии являются славка-завирушка ( $17,8 \pm 1,41$  ос/км<sup>2</sup>, CV = 25,06 %), серая славка ( $17,8 \pm 1,30$  ос/км<sup>2</sup>, CV = 24,20 %), обыкновенная овсянка ( $16,0 \pm 1,33$  ос/км<sup>2</sup>, CV = 26,18 %), зяблик *Fringilla coelebs* ( $16,0 \pm 1,30$  ос/км<sup>2</sup>, CV = 37,50 %). Наиболее высокие значения коэффициента вариации (40,0–90,0 %) отмечены у видов с невысокой численностью, обилие которых не превышает 5,0 ос/км<sup>2</sup>, наиболее низкие – у серой славки и славки завирушки (таблица).

На стадии лесных культур (20–30 лет) состав орнитокомплекса изменяется. Отметим, что в ранее опубликованной работе [6] в список видов не был включен ряд птиц с невысокой численностью и встречаемостью (не регистрировались в 5 из 11 учетов), в данной работе проведен анализ обилия видов, которые регистрировались не менее чем в 7 учетах. Птицы открытых территорий (белая трясогузка, ястребиная славка, коноплянка и др.) здесь уже не встречаются, а для дендрофильных видов молодые деревья не создают хороших укрытий и мест для гнездования, ухудшаются кормовые условия. Сообщество птиц обогащается новыми видами: обыкновенная пищуха *Certhia familiaris*, дятел *Turdus viscivorus*, белобровик *T. iliacus*, хохлатая синица *Lophophanes cristatus*. Наиболее многочисленными видами на этой стадии являются зяблик ( $50,5 \pm 2,78$  ос/км<sup>2</sup>, CV = 17,44 %) и большая синица *Parus major* ( $15,5 \pm 1,36$  ос/км<sup>2</sup>, CV = 27,04 %). Чем меньше обилие вида, тем большую роль играют стохастические вариации (случайные колебания). Например, у пеночки-веснички *Phylloscopus collybita* (среднее обилие 12,0 ос/км<sup>2</sup>) коэффициент вариации равен 38,33 %, у видов с обилием менее 2 ос/км<sup>2</sup> CV изменяется от 70,5 до 135,0 %.

На стадии припевающего ельника отмечено 59 видов птиц, жизнедеятельность которых связана с лесом, отмечено много видов птиц-дуплогнездников. По обилию доминирует зяблик ( $130,6 \pm 5,32$  ос/км<sup>2</sup>), численность которого на этой стадии отличается стабильностью (CV = 12,98 %). Высокое обилие выявлено у трех видов пеночек, большой синицы и буроголовой гаички *Poecile montanus*, обилие у них изменяется в среднем от 40,5 ос/км<sup>2</sup> у большой синицы до 55,5 ос/км<sup>2</sup> у пеночки-трещотки.

Таблица. – Параметры населения птиц еловых лесов на разных стадиях восстановительной сукцессии

Вид	1-3			4-9			10-15		
	$\bar{x} \pm x$	$\sigma$	CV	$\bar{x} \pm x$	$\sigma$	CV	$\bar{x} \pm x$	$\sigma$	CV
<i>Perdix perdix</i>	4,0 ± 0,57	1,79	44,75	1,2 ± 0,34	1,01	90,83	-	-	-
<i>Saxicola rubetra</i>	17,4 ± 1,47	4,65	26,72	23,0 ± 1,71	5,41	23,52	-	-	-
<i>Oenanthe oenanthe</i>	3,6 ± 0,49	1,55	43,05	4,8 ± 0,65	2,05	42,71	-	-	-
<i>Alauda arvensis</i>	25,0 ± 1,89	5,97	23,80	12,0 ± 1,47	4,65	38,75	-	-	-
<i>Emberiza citrinella</i>	48,5 ± 2,53	8,00	16,49	52,0 ± 2,91	9,21	17,71	16,0 ± 1,33	4,19	26,18
<i>Lullula arborea</i>	30,6 ± 2,09	0,60	21,57	34,5 ± 2,25	7,12	20,63	14,6 ± 1,79	5,67	38,84
<i>Anthus trivialis</i>	84,4 ± 3,30	10,43	12,36	80,5 ± 3,20	10,12	12,57	15,5 ± 1,31	4,14	26,71
<i>Motacilla alba</i>	10,2 ± 1,46	4,61	45,20	12,6 ± 1,73	5,46	43,01	2,5 ± 0,43	1,36	54,40
<i>Turdus philomelos</i>	2,0 ± 0,35	1,12	56,00	2,6 ± 0,50	1,58	58,85	6,8 ± 0,87	2,73	40,44
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	4,6 ± 0,57	1,8	30,43	8,0 ± 0,98	3,10	38,75	-	-	-
<i>Eritacus rubecula</i>	-	-	-	8,0 ± 1,10	3,48	43,50	9,6 ± 1,08	3,41	35,52
<i>Sylvia communis</i>	-	-	-	10,8 ± 0,91	2,89	26,76	17,8 ± 1,30	4,31	24,20
<i>Sylvia borin</i>	-	-	-	8,5 ± 1,05	3,32	39,06	12,0 ± 1,31	4,13	34,42
<i>Sylvia nisoria</i>	-	-	-	0,8 ± 0,24	0,76	95,06	1,0 ± 0,27	0,84	64,00
<i>Sylvia atricapilla</i>	-	-	-	10,0 ± 1,41	4,51	45,40	12,0 ± 1,36	4,30	35,83
<i>Sylvia curruca</i>	-	-	-	12,8 ± 1,35	4,26	33,28	17,8 ± 1,41	4,46	25,06
<i>Ficedula parva</i>	-	-	-	5,8 ± 0,77	2,43	41,89	6,0 ± 0,76	2,40	40,00
<i>Muscicapa striata</i>	-	-	-	7,8 ± 1,02	3,22	41,28	5,0 ± 0,73	2,32	46,40
<i>Linaria cannabina</i>	-	-	-	12,4 ± 1,63	5,16	41,51	1,2 ± 0,32	1,02	85,00
<i>Carduelis carduelis</i>	-	-	-	0,8 ± 0,29	0,93	110,25	2,4 ± 0,43	1,37	58,08
<i>Chloris chloris</i>	-	-	-	0,4 ± 0,13	0,42	10,50	4,2 ± 0,59	1,87	44,52
<i>Lanius collurio</i>	-	-	-	2,6 ± 0,52	1,66	63,84	2,0 ± 0,47	1,49	74,50
<i>Aegithalos caudatus</i>	-	-	-	1,4 ± 0,31	1,07	76,43	2,0 ± 0,45	1,43	71,50
<i>Dendrocopos major</i>	-	-	-	-	-	-	4,5 ± 0,65	2,05	45,56
<i>Fringilla coelebs</i>	-	-	-	-	-	-	16,0 ± 1,30	6,00	37,50
<i>Phylloscopus trochilus</i>	-	-	-	-	-	-	3,0 ± 0,50	1,58	52,67
<i>Phylloscopus collybita</i>	-	-	-	-	-	-	3,8 ± 0,51	1,61	42,37
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	-	-	-	-	-	-	6,4 ± 0,85	2,68	41,87
<i>Parus major</i>	-	-	-	-	-	-	8,8 ± 0,85	2,69	30,57
<i>Poecile montanus</i>	-	-	-	-	-	-	2,0 ± 0,33	1,05	52,50
<i>Parus ater</i>	-	-	-	-	-	-	1,2 ± 0,31	0,99	82,50
<i>Poecile palustris</i>	-	-	-	-	-	-	0,8 ± 0,23	0,69	86,25
<i>Garrulus glandarius</i>	-	-	-	-	-	-	5,0 ± 0,46	1,45	29,00
<i>Turdus merula</i>	-	-	-	-	-	-	1,2 ± 0,34	1,07	88,17

Продолжение таблицы

Вид	20-30			50-80			90-100		
	$\bar{x} \pm x$	$\sigma$	CV	$\bar{x} \pm x$	$\sigma$	CV	$\bar{x} \pm x$	$\sigma$	CV
<i>Lullula arborea</i>	0,5 ± 0,20	0,67	134,00	2,8 ± 0,50	1,57	56,07	3,0 ± 0,48	1,51	50,35
<i>Anthus trivialis</i>	0,8 ± 0,28	0,92	115,00	26,6 ± 2,03	6,43	24,70	30,0 ± 2,38	7,53	25,10
<i>Turdus philomelos</i>	6,6 ± 0,89	2,80	42,42	11,2 ± 1,16	4,63	41,34	9,5 ± 0,94	3,12	32,84
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	-	-	-	10,4 ± 1,27	3,37	32,40	10,0 ± 1,07	3,39	33,90
<i>Erithacus rubecula</i>	6,2 ± 0,91	2,89	46,61	7,3 ± 1,10	3,47	47,53	5,2 ± 0,91	2,65	50,96
<i>Sylvia communis</i>	2,0 ± 0,43	1,37	68,50	0,8 ± 0,32	1,07	133,75	8,2 ± 0,94	3,13	38,17
<i>Sylvia borin</i>	0,8 ± 0,18	0,59	118,00	1,0 ± 0,27	0,87	87,00	3,6 ± 0,55	1,73	48,15
<i>Sylvia nisoria</i>	-	-	-	2,0 ± 0,37	1,17	58,50	4,0 ± 0,62	1,96	49,00
<i>Sylvia curruca</i>	0,9 ± 0,28	0,95	105,56	0,8 ± 0,27	0,87	106,75	1,6 ± 0,40	1,26	78,75
<i>Ficedula parva</i>	2,0 ± 0,46	1,44	72,00	1,5 ± 0,37	1,17	78,00	4,4 ± 0,65	2,05	46,60
<i>Muscicapa striata</i>	0,8 ± 0,32	1,08	135,00	10,8 ± 1,27	3,88	35,92	2,6 ± 0,48	1,51	58,08
<i>Chloris chloris</i>	0,7 ± 0,27	0,90	128,57	1,2 ± 0,35	1,10	91,67	3,0 ± 0,50	1,59	53,00
<i>Sylvia atricapilla</i>	10,0 ± 0,40	1,32	132,00	24,0 ± 2,05	6,47	26,96	26,8 ± 2,20	6,95	25,93
<i>Aegithalos caudatus</i>	0,7 ± 0,27	0,91	130,08	2,0 ± 0,40	1,28	64,00	2,5 ± 0,42	1,34	67,00
<i>Dendrocopos major</i>	4,6 ± 0,65	2,01	44,35	23,2 ± 1,88	5,94	25,60	24,0 ± 1,85	5,86	24,42
<i>Fringilla coelebs</i>	50,0 ± 2,78	8,77	17,44	130,6 ± 5,32	16,82	12,88	130,4 ± 4,83	15,26	11,70
<i>Phylloscopus trochilus</i>	12,0 ± 1,46	4,66	38,33	20,0 ± 1,76	5,56	27,80	20,0 ± 1,98	6,00	30,00
<i>Phylloscopus collybita</i>	7,6 ± 1,11	3,51	46,18	50,5 ± 2,84	8,98	17,73	50,6 ± 2,88	9,10	17,95
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	7,2 ± 0,83	2,61	36,25	55,5 ± 2,63	8,31	14,97	58,0 ± 2,45	7,75	13,36
<i>Parus major</i>	15,5 ± 1,36	4,30	27,74	40,5 ± 3,41	10,79	26,61	45,0 ± 3,25	10,28	22,84
<i>Parus ater</i>	3,4 ± 0,47	1,49	43,82	5,6 ± 0,74	2,33	41,61	8,0 ± 0,93	2,93	36,62
<i>Poecile palustris</i>	2,4 ± 0,43	1,36	56,70	3,6 ± 0,52	1,63	45,28	0,6 ± 0,21	0,67	111,67
<i>Poecile montanus</i>	4,8 ± 0,61	1,97	40,00	46,0 ± 3,28	10,35	22,50	45,6 ± 3,32	10,48	22,98
<i>Lophophanes cristatus</i>	4,0 ± 0,57	1,79	44,75	28,0 ± 1,86	5,89	21,01	22,0 ± 1,68	5,30	24,09
<i>Garrulus glandarius</i>	4,2 ± 0,75	2,38	56,67	8,5 ± 1,00	3,18	37,41	10,2 ± 1,08	3,42	33,53
<i>Turdus merula</i>	0,8 ± 0,28	0,94	117,50	1,8 ± 0,37	1,18	65,56	4,8 ± 0,59	1,85	38,54
<i>Turdus viscivorus</i>	0,8 ± 0,22	0,71	88,75	6,0 ± 0,81	2,57	48,83	12,4 ± 1,19	3,76	30,32
<i>Turdus iliacus</i>	0,8 ± 0,22	0,70	87,50	3,0 ± 0,48	1,50	50,00	4,0 ± 0,56	1,77	44,25
<i>Certhia familiaris</i>	3,0 ± 0,47	1,49	49,67	7,3 ± 0,74	2,35	37,19	5,4 ± 0,68	2,16	40,00
<i>Ciconia nigra*</i>	-	-	-	1,5 ± 0,38	1,21	80,67	2,0 ± 0,42	1,31	65,50
<i>Pernis apivorus</i>	-	-	-	1,2 ± 0,34	1,08	90,00	2,0 ± 0,45	1,41	70,50
<i>Accipiter nisus</i>	-	-	-	1,2 ± 0,35	1,05	90,80	2,4 ± 0,48	1,52	63,33
<i>Buteo buteo</i>	-	-	-	1,6 ± 0,39	1,23	76,87	2,0 ± 0,46	1,45	72,50
<i>Clanga pomarina*</i>	-	-	-	0,5 ± 0,18	0,57	114,00	1,0 ± 0,25	0,40	81,00

## Окончание таблицы

Вид	20-30			50-80			90-100		
	$\bar{x} \pm x$	$\sigma$	CV	$\bar{x} \pm x$	$\sigma$	CV	$\bar{x} \pm x$	$\sigma$	CV
<i>Falco subbuteo</i> *	-			1,5 ± 0,35	1,11	74,00	1,0 ± 0,26	0,82	82,00
<i>Tetrastia bonasia</i>	-			5,0 ± 0,61	1,92	38,40	8,6 ± 0,95	3,01	35,00
<i>Tetrao urogallus</i>	-			1,4 ± 0,33	1,05	72,92	2,0 ± 0,45	1,44	72,00
<i>Columba oenas</i>	-			0,8 ± 0,22	0,70	87,50	2,0 ± 0,37	1,15	57,50
<i>Cuculus canorus</i>	-			1,0 ± 0,25	0,79	79,00	2,5 ± 0,42	1,32	56,80
<i>Bubo bubo</i> *	-			1,0 ± 0,25	0,80	80,00	1,6 ± 0,37	1,16	72,50
<i>Glaucidium passerinum</i> *	-			0,5 ± 0,17	0,54	108,00	1,6 ± 0,40	1,25	78,12
<i>Strix aluco</i>	-			1,4 ± 0,34	1,09	77,85	2,0 ± 0,46	1,45	72,50
<i>Strix nebulosa</i> *	-			0,5 ± 0,17	0,54	108,00	1,0 ± 0,26	0,81	81,00
<i>Asio otus</i>	-			0,8 ± 0,23	0,71	92,50	1,0 ± 0,25	0,78	78,00
<i>Caprimulgus europaeus</i>	-			2,5 ± 0,41	1,29	51,60	3,0 ± 0,50	1,58	52,67
<i>Apus apus</i>	-			1,0 ± 0,24	0,71	74,00	5,0 ± 0,59	1,88	37,00
<i>Dryocopus martius</i>	-			2,0 ± 0,32	1,02	51,00	1,0 ± 0,25	0,80	80,00
<i>Dryobates minor</i>	-			1,0 ± 0,25	0,78	78,00	1,6 ± 0,40	1,25	78,12
<i>Picoides tridactylus</i> *	-			0,8 ± 0,22	0,68	85,00	1,2 ± 0,39	1,05	87,50
<i>Troglodytes troglodytes</i>	-			1,6 ± 0,37	1,16	72,50	2,0 ± 0,33	1,05	52,50
<i>Hippolais icterina</i>	-			4,2 ± 0,19	1,89	45,00	7,8 ± 1,14	3,60	46,15
<i>Ficedula hypoleuca</i>	-			18,0 ± 1,60	5,07	26,70	15,2 ± 1,44	4,55	29,53
<i>Regulus regulus</i>	-			20,2 ± 1,81	5,74	28,42	38,0 ± 2,39	7,54	26,93
<i>Sitta europaea</i>	-			8,5 ± 1,05	3,31	38,04	15,0 ± 1,35	4,25	23,33
<i>Corvus corone</i>	-			1,0 ± 0,26	0,82	82,00	2,4 ± 0,42	1,33	55,42
<i>Corvus corax</i>	-			1,0 ± 0,24	0,77	77,00	1,4 ± 0,33	1,04	74,25
<i>Spizus spinus</i>	-			0,8 ± 0,20	0,62	77,15	2,6 ± 0,17	1,50	57,69
<i>Loxia curvirostra</i>	-			0,6 ± 0,19	0,60	100,00	1,2 ± 0,34	1,09	90,83
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	-			2,8 ± 0,37	1,17	41,79	4,0 ± 0,56	1,76	44,00

Примечание: \* – виды, включенные в Красную книгу Республики Беларусь [11].

Численность этой группы видов также стабильна (CV от 14,9 % у пеночки-трещотки *Phylloscopus sibilatrix* до 27,8 % у пеночки-веснички *Phylloscopus trochilus*). Для 52,7 % видов, зарегистрированных на этой стадии, с обилием ниже 5,0 ос/км<sup>2</sup> характерны высокие показатели изменчивости (CV от 45,0 до 134,0 %). Особенно велик этот показатель для редких видов (обилие ниже 1,0 ос/км<sup>2</sup>). На стадии спелого леса (90–100 лет) видовой состав птиц такой же, как и на предыдущей стадии. Доля видов с обилием менее 5,0 ос/км<sup>2</sup> несколько увеличивается (57,60 %), изменчивость численности этой группы птиц велика как и на предыдущей стадии (например, у черноголовой гаички CV = 111,60 %, трехпалого дятла – 87,50 %). Наиболее стабильно население зяблика (CV = 11,70 %) и пеночки-трещотки (CV = 13,36 %). Все семь видов птиц (черный аист *Ciconia nigra*, малый подорлик *Clanga pomarina*, чеглок *Falco subbuteo*, бородатая неясыть *Strix nebulosa*, филин *Bubo bubo*, воробьиный сыч *Glaucidium passerinum*, трехпалый дятел *Picoides tridactylus*), включенных в Красную книгу Беларуси [11], имеют обилие не более 1,5 ос/км<sup>2</sup>, коэффициент вариации численности этих видов изменяется от 74,0 до 92,5 %.

### Дискуссия

В ряде работ [1–3], посвященных изменениям населения птиц в процессе сукцессии еловых лесов, приведены сведения о параллельном изменении видового разнообразия и плотности населения птиц.

Видовой состав птиц на разных стадиях сукцессии сосновых, сосново-еловых и еловых лесов Среднего Урала довольно беден [1]. По данным Н. Н. Данилова, количество видов птиц в сосново-еловых лесах варьирует от 5 (возраст 1–10 лет) до 27 (спелый сосняк), в ельниках – соответственно от 10 до 13 видов, что существенно ниже по сравнению с еловыми лесами в подзоне южной тайги Восточно-Европейской равнины. На западе Подмосковья А. А. Иноземцев [2] в ходе исследований вторичной сукцессии еловых лесов после сплошных рубок выделил шесть стадий. Основные параметры орнитоценозов в первые 10 лет быстро возрастают: количество видов – от 5 до 27, плотность населения – от 0,5–0,8 до 1,5–2 пар/га. В загущенных мелколиственных молодняках разнообразие снижается до 15–17 видов, плотность – до 1–1,3 пар/га. В старых ельниках гнездится до 75 видов птиц с населением до 3,9 пар/га. Показано, что межгодовая изменчивость разнообразия и обилия птиц в более сложных и разнообразных фитоценозах меньше, чем в более простых. В хвойных лесах южной тайги (Костромская обл.) смена птичьего населения в ходе зарастания различных типов вырубок сходна [3]. На вырубках обитает 5–8 фоновых видов с обилием более 1 пар/10 га, в ходе сукцессии на последующих стадиях разнообразие и суммарное обилие увеличиваются в 2–4 раза.

В еловых лесах северо-восточной Финляндии (примерно в 20 км к югу от Северного полярного круга) ежегодные изменения плотности и разнообразия видов птиц рассмотрены в связи с изучением стабильности сообществ птиц [5]. Это одна из немногих работ, в которой проведен статистический анализ данных учетов за 4–6 лет. На стадии сплошной рубки у наиболее многочисленных восьми видов птиц средняя плотность (пар/км<sup>2</sup>) колебалась от 0,2 пары/км<sup>2</sup> у чижа до 10,0 пар/км<sup>2</sup> у пеночки-веснички, коэффициент вариации – от 31,1 % у пеночки-веснички до 151,4 % у обыкновенной чечетки. В насаждениях ели возраста 25–30 лет видом с самой высокой численностью является пеночка-весничка (20,0 пар/км<sup>2</sup>), население вида достаточно стабильно (CV = 26,1 %), наименьшая численность – у чижа (0,4 пары/км<sup>2</sup>) CV равно 125,1 %. Отметим, что у видов с высокой численностью в приспевающих еловых лесах (70 лет) коэффициент вариации колеблется от 23,9 % у лесного конька до 77,1 % у чижа, на стадии климакса – от 23,7 % у лесного конька до 109,9 % у обыкновенной чечетки.

Полученные нами значения показателей устойчивости примерно совпадают с данными, представленными P. Helle, M. Monkkonen [5] для сообществ птиц еловых лесов на разных стадиях восстановительной сукцессии.

### **Заключение**

Таким образом, количество видов, их обилие, коэффициент вариации в процессе сукцессии еловых лесов от первой до шестой стадии изменяются в широких пределах. Количество видов возрастает по мере сукцессии от 10 на первой стадии до 59 на шестой стадии. Обилие видов на определенных стадиях сукцессии варьирует от 0,5 ос/км<sup>2</sup> (лесной жаворонок, малый подорлик, воробьиный сыч) до 84,4 ос/км<sup>2</sup> (лесной конек на первой стадии) и 130,6 ос/км<sup>2</sup> (зяблик на пятой стадии). Наиболее высокая изменчивость обилия (CV от 50,0 до 134,0 %) характерна для видов, обилие которых не превышает 5,0 ос/км<sup>2</sup>, наиболее высокая стабильность показателя – у лесного конька (на первой стадии сукцессии CV = 12,34 %) и зяблика (на шестой стадии CV = 11,70 %).

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Данилов, Н. Н. Изменения в орнитофауне зарастающих вырубок на Среднем Урале / Н. Н. Данилов // Зоол. журн. – 1958. – Т. 37, № 12. – С. 1898–1903.
2. Иноземцев, А. А. Птицы и лес / А. А. Иноземцев. – М. : Агропромиздат, 1987. – 302 с.
3. Преображенская, Е. С. Смены птичьего населения в ходе зарастания различных типов вырубок Приветлужья / Е. С. Преображенская, Б. И. Борисов // Влияние антропогенной трансформации ландшафта на население наземных позвоночных животных : тез. Всесоюз. совещ. : в 2 ч. / редкол.: О. В. Бурский [и др.]. – М. : ВТО АН СССР, 1987. – Ч. 2. – С. 157–158.
4. Гриднева, В. В. Динамика населения птиц в ходе сукцессионных изменений после рубок различного типа в Восточном Верхневолжье / В. В. Гриднева, В. Н. Мельников // Вестн. ТГУ. – 2013. – Т. 18, вып. 6. – С. 3227–3230.
5. Helle, P. Annual fluctuations of land bird communities in different successional stages of boreal forest / P. Helle, M. Monkkonen // Ann. Zool. Fennici. – 1986. – Vol. 23, Nr 3. – P. 269–280.
6. Абрамова, И. В. Сукцессия населения птиц в ходе восстановительной смены еловых лесов в юго-западной Беларуси / И. В. Абрамова // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. – 2017. – № 2. – С. 31–39.
7. Равкин, Ю. С. К методике учета птиц лесных ландшафтов / Ю. С. Равкин // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. – Новосибирск, 1967. – С. 66–75.
8. Järvinen, O. Finnish line transect censuses / O. Järvinen, R. Väisänen // Ornis fenn. – 1976. – Vol. 53, Nr 4. – P. 115–118.
9. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Выш. шк., 1973. – 320 с.
10. The eBird/Clements checklist of birds of the world: v2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/>. – Дата доступа: 15.12.2019.
11. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / гл. редкол.: И. М. Качановский (пред.) [и др.]. – 4-е изд. – Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 320 с.

## REFERENCES

1. Danilov, N. N. Izmienienija v ornitofaune zarastajushchih vyrubok na Sriedniem Uralie / N. N. Danilov // Zool. zhurn. – 1958. – T. 12, Nr 37. – S. 1898–1903.
2. Inoziemcev, A. A. Pticy i lies / A. A. Inoziemcev. – M. : Agropromizdat, 1987. – 302 s.
3. Prieobrazhenskaja, E. S. Smieny ptich'jego nasielienija v hode zarastanija razlichnyh tipov vyrubok Privietluzhja / E. S. Prieobrazhenskaja, B. I. Borisov // Vlijanije antropogiennoj transformacii landshafta na nasielienije naziemnyh pozvonochnyh zhivotnyh : tez. Vsesojuz. sovieshch. : v 2 ch. / redkol.: O. V. Burskij [i dr.]. – M. : VTO AN SSSR, 1987. – Ch. 2. – S. 157–158.
4. Gridnieva, V. V. Dinamika nasielenija ptic v hode sukcesionnyh izmienienij poslie rubok razlichnogo tipa v Vostochnom Vierhnievolzhje / V. V. Gridnieva, V. N. Miel'nikov // Viestn. TGU. – 2013. – T. 18, vyp. 6. – S. 3227–3230.
5. Helle, P. Annual fluctuations of land bird communities in different successional stages of boreal forest / P. Helle, M. Monkkonen // Ann. Zool. Fennici. – 1986. – Vol. 23, Nr 3. – P. 269–280.
6. Abramova, I. V. Sukcessija nasielienija ptic v hode vosstanovitel'noj smieny jelovyh liesov v jugo-zapadnoj Bielarusi / I. V. Abramova // Zhurn. Bielor. Gos. Un-ta. Geografija. Gieologija. – 2017. – № 2. – S. 31–39.
7. Ravkin, Yu. S. K mietodikie uchiota ptic liesnyh landshaftov / Yu. S. Ravkin // Priroda ochagov klieshchievogo encefalita na Altaje. – Novosibirsk, 1967. – S. 66–75.
8. Järvinen, O. Finnish line transect censuses / O. Järvinen, R. Väisänen // Ornis fenn. – 1976. – Vol. 53, Nr 4. – P. 115–118.
9. Rokickij, P. F. Biologichieskaja statistika / P. F. Rokickij. – Minsk : Vysh. shk., 1973. – 320 s.
10. The eBird/Clements checklist of birds of the world: v2019 [Eliektronnyj riesurs]. – Riezhim dostupa: <https://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/>. – Data dostupa: 15.01.2021.
11. Krasnaja kniga Riespubliki Bielarus'. Zhivotnyje: riedkije i nahodiashchijesia pod ugrozoi ischeznovienija vidy dikih zhivotnyh / gl. redkol.: I. M. Kachanovskij (pred.) [i dr.]. – 4-e izd. – Minsk : Bielar. Encykl. imia P. Brouki, 2015. – 320 s.

*Рукапіс наступіў у рэдакцыю 23.01.2021*

УДК 599. 73

**Александра Витальевна Власюк<sup>1</sup>, Василий Емельянович Гайдук<sup>2</sup>**<sup>1</sup>магистрант биол. факультета

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

<sup>2</sup>д-р биол. наук, проф.**Alieksandra Vlasyuk<sup>1</sup>, Vasilij Gajduk<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Master's student of the Faculty of Biology  
at the Brest State A. S. Pushkin University<sup>2</sup>Doctor of Biological Sciences, Professore-mail: [alya.vlasyuk@mail.ru](mailto:alya.vlasyuk@mail.ru)

**ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ, ПЛОТНОСТИ И ДОБЫЧИ  
ОХОТНИЧЬИХ ПАРНОКОПЫТНЫХ В ОХОТНИЧЬИХ ХОЗЯЙСТВАХ  
РЕСПУБЛИКАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННО-ОБЩЕСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ  
«БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВО ОХОТНИКОВ И РЫБОЛОВОВ»  
БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

*К ресурсным видам в охотничьих хозяйствах Белорусского общества охотников и рыболовов Брестской области относятся *Sus scrofa*, *Alces alces*, *Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus*. Динамика численности и плотности у оленей в последнее десятилетие имеет положительный тренд, у кабана с 2014 г. отмечено резкое снижение этих показателей. Показатели изъятия изучаемых видов в охотничьих хозяйствах колеблются в значительных пределах, в среднем составляют у *Alces alces*  $55,57 \pm 18,66$ , у *Cervus elaphus* –  $35,0 \pm 11,81$ , у *Capreolus capreolus* –  $420,29 \pm 73,47$  и *Sus scrofa*  $1403,86 \pm 279,23$  особей.*

**Ключевые слова:** парнокопытные, численность, охотничьи виды, Брестская область.

**Dynamics of the Quantity, Density and Production of Hunting Ungulates  
in Hunting Farms of the Republican State-Public Association  
«Belarusian Society of Hunters and Fishermen» of the Brest Region**

*Resource species in forest-hunting farms in the Brest region include *Sus scrofa*, *Alces alces*, *Cervus elaphus*, and *Capreolus capreolus*. The dynamics of the quantity and density of deers in the last decade has a positive trend, has seen a sharp decline in these indicators since 2014 for boar. The percentage of removal of artiodactyls in forest-hunting farms varies significantly, with an average of  $55,57 \pm 18,66$  in *Alces alces*,  $35,0 \pm 11,81$  in *Cervus elaphus*,  $420,29 \pm 73,47$  in *Capreolus capreolus* and  $1403,86 \pm 279,23$  in *Sus scrofa*.*

**Key words:** artiodactyla, density, hunting species, Brest region.

**Введение**

Проблема сохранения биоразнообразия, рационального использования и охраны животных в Беларуси в настоящее время является актуальной и приоритетной. Парнокопытные региона: *Sus scrofa*, *Alces alces*, *Capreolus capreolus* и *Cervus elaphus* – являются наиболее важными ресурсными видами.

Состояние численности и добычи парнокопытных за последние 60 лет в Брестской области рассматривались в ряде работ [1–3]. Было показано, что численность парнокопытных и их добыча в Брестской области за период 1973–1998 гг. постепенно увеличивалась [1]. Самым многочисленным видом среди них является косуля. Численность ее варьировала в пределах 2 081–4 600 особей, в среднем составляла  $3 299,3 \pm 182,3$ . Косулю добывали по лицензиям начиная с 1982 г. в количестве нескольких десятков особей. Несколько ниже была численность дикого кабана, которая колебалась в пределах 1 464–3 920 особей, в среднем  $2 636 \pm 150,9$ . Ежегодно добывали в среднем 263 особи с вариациями в пределах 101–628. Процент изъятия животных от их общей численности составлял 4,1–6,0. В связи с этим отметим, что в 2005 г. в Беларуси было добыто лося 3,7 % от общей численности, благородного оленя – 6,8 %, косули – 5,7 %, кабана – 14,4 %, что существенно ниже реального прироста у копытных.



Показатель доли изъятия по этим видам остается стабильным в течение 2000–2005 гг. и в среднем по Беларуси составляет: лось – 3 %, олень – 3,2 %, косуля – 6,0 %, кабан – 12,5 % [4]. Было показано [5; 6], что динамика численности важнейших охотничьих видов парнокопытных в Беларуси и регионе слабо колеблется в последние годы. В Брестской области, как и в целом в Беларуси, наблюдается тенденция к росту численности парнокопытных [1]. За последние 25 лет (1990–2014 гг.) наибольшая их численность в Беларуси составляла: лося в 2014 г. (30 140 особей), благородного оленя – в 2014 г. (13 624), косули – в 2011 г. (71 477), кабана – в 2013 г. (80 400 особей) [4; 6].

#### Методика и объекты исследования

В основе настоящей статьи лежат многолетние (2005–2019 гг.) данные зимнего маршрутного учета (ЗМУ) и добычи 4 видов парнокопытных: лось (*Alces alces*), благородный олень (*Cervus elaphus*), косуля (*Capreolus capreolus*), кабан (*Sus scrofa*), представленные Республиканским государственно-общественным объединением «Белорусское общество охотников и рыболовов» (РГОО «БООР»). Впервые в Беларуси эти данные подвергнуты статистической обработке: выведены средняя арифметическая ( $\bar{X}$ ) и ее ошибка ( $S_x$ ), коэффициент вариации ( $C_v$ ) и коэффициент корреляции ( $r$ ) [7; таблица].

Отметим, что применялись различные методы учета, основным из которых является зимний маршрутный учет [8; 9]. Учеты животных обычно проводятся в конце осенне-зимнего охотничьего сезона под руководством охотоведов и под ответственность руководителей охотничьих организаций.

#### Результаты и их обсуждение

Лось (250 регистраций) в лесных угодьях охотхозяйств предпочитает сочетание заболоченных участков (21,6 %), вырубок (30,4 %) и молодых посадок (32,8 %). В зимний период обычно образует скопления в молодых посадках сосняков. Численность и добыча лося в Беларуси и регионе за последние 50 лет постепенно возрастала и к 2014 г. достигла 30 140 особей, было добыто 10,80 % [1–3; 6; 10; 11]. Лось регистрировался в 2005–2019 гг. в процессе зимнего маршрутного учета (ЗМУ) во всех 16 охотничьих хозяйствах РГОО «БООР» Брестской области. Наибольшая средняя численность и плотность в лесных угодьях отмечена в Луинецкой районной организационной структуре (РОС) –  $381,75 \pm 34,71$  особей, ежегодно добывалось  $16,0 \pm 8,72$  особей; затем идет Ганцевичская РОС –  $139,33 \pm 26,19$ , изымалось  $6,14 \pm 2,26$  особей. Самая низкая численность и плотность характерна для частного унитарного предприятия (ЧУП) «Каменецкое ОРХ» –  $13,80 \pm 3,69$ , добывалось  $1,5 \pm 0,86$  ос/тыс. га лесных угодий; и ЧУП «Жабинковское ОРХ» –  $14,13 \pm 2,89$  ос/тыс. га лесных угодий, изымалось  $1,0 \pm 0,53$  особей. В Пружанской РОС добыча лосей не проводилась. В целом по РОС Брестской области средняя численность лося равна  $1\ 012 \pm 175,53$  с колебаниями в пределах 262–2 404 особей (рисунок 1). Относительная численность по проекту охотустройства несколько выше – 1 096 особи. Средняя плотность на 1 000 га лесных угодий составляла  $2,35 \pm 0,35$  особей с колебаниями в пределах 0,63–4,88 особей (таблица). Добыча по годам варьировала в пределах 0–220 особи (рисунок 3), в среднем –  $55,57 \pm 18,66$  (таблица). Во многих (РОС) численность зверей по данным ЗМУ ниже оптимальной численности по проекту охотустройства (Брестская, Ганцевичская, Луинецкая, Ляховичская), в некоторых она выше (ЧУП «Барановичское ОРХ», Ивацевичское, Пинское (таблица)).

Олень благородный (180 регистраций) в условиях региона предпочитает смешанные (40,0 %) и лиственные леса (47,6 %) с развитым подлеском, наличием полян и зарастающих вырубков. Численность оленя в Брестской области в 1973–1998 гг. увеличилась от 380 особей до 694 [1].

Таблица 1. – Динамика численности, добычи и плотности охотничьих парнокопытных в хозяйствах структуры Республики Беларусь государственного-общественным объединением «Белорусское общество охотников и рыболовов» Брестской области в 2005–2019 гг.

Наименование хозяйства	Вид	Оптимальная численность			Численность			Плотность			Добыча		
		Cv	X ± Sx	r	Cv	X ± Sx	r	Cv	X ± Sx	r	Cv	X ± Sx	r
Березовская РОС	Лось	60	52,27 ± 8,40	1,00	62,21	2,90 ± 0,47	1,00	62,21	2,90 ± 0,47	1,00	142,71	4,79 ± 1,83	1,00
	Олень благородный	170	67,13 ± 10,56	1,00	60,92	3,75 ± 0,59	1,00	60,88	3,75 ± 0,59	1,00	125,51	5,50 ± 1,84	1,00
	Косуля европейская	440	242,67 ± 43,01	1,00	68,64	242,67 ± 43,01	1,00	68,64	10,11 ± 1,79	1,00	109,58	31,86 ± 9,33	1,00
	Кабан	300	74,73 ± 18,21	1,00	94,37	74,73 ± 18,21	1,00	94,69	3,11 ± 0,76	1,00	128,71	120,07 ± 41,30	1,00
Брестская РОС	Лось	50	23,33 ± 5,29	0,96	87,83	23,33 ± 5,29	0,96	62,72	1,67 ± 0,27	0,96	215,60	0,54 ± 0,31	0,96
	Олень благородный	0	15,27 ± 5,11	1,00	129,65	15,27 ± 5,11	1,00	125,64	0,92 ± 0,30	1,00	0	0 ± 0	1,00
	Косуля европейская	300	201,13 ± 12,45	0,79	23,97	201,13 ± 12,45	0,79	24,67	9,06 ± 0,58	0,79	92,64	17,31 ± 4,29	0,79
	Кабан	260	88,40 ± 18,59	0,95	81,43	88,40 ± 18,59	0,95	81,76	4,03 ± 0,85	0,95	127,29	90,64 ± 30,84	0,95
Ганцевичская РОС	Лось	160	139,33 ± 26,19	1,00	72,81	139,33 ± 26,19	1,00	69,73	2,26 ± 0,41	1,00	137,82	6,14 ± 2,26	1,00
	Олень благородный	0	6,67 ± 4,65	1,00	269,92	6,67 ± 4,65	1,00	269,92	0,11 ± 0,07	1,00	0	0 ± 0	1,00
	Косуля европейская	680	428,33 ± 54,79	0,99	49,54	428,33 ± 54,79	0,99	43,57	6,73 ± 0,76	0,99	71,28	20,57 ± 3,92	0,99
	Кабан	240	175,60 ± 35,89	0,99	79,16	175,60 ± 35,89	0,99	78,85	2,93 ± 0,60	0,99	87,95	67,21 ± 15,80	0,99
Дрогичинская РОС	Лось	67	66,00 ± 6,91	0,91	40,55	66,00 ± 6,91	0,91	34,71	2,94 ± 0,26	0,91	129,90	3,36 ± 1,17	0,91
	Олень благородный	0	9,67 ± 7,11	1,00	284,96	9,67 ± 7,11	1,00	284,96	0,30 ± 0,22	1,00	0	0 ± 0	1,00
	Косуля европейская	429	157,47 ± 23,57	0,95	57,97	157,47 ± 23,57	0,95	50,23	5,82 ± 0,75	0,95	86,77	8,64 ± 2,0	0,95
	Кабан	325	101,27 ± 19,69	0,98	75,31	101,27 ± 19,69	0,98	78,48	3,79 ± 0,77	0,98	73,82	55,86 ± 11,02	0,98
Малоритская РОС	Лось	115	57,07 ± 12,18	1,00	82,67	57,07 ± 12,18	1,00	80,74	1,56 ± 0,32	1,00	172,99	2,07 ± 0,96	1,00
	Олень благородный	384	8,20 ± 1,96	1,00	92,55	8,20 ± 1,96	1,00	88,61	0,22 ± 0,05	1,00	0	0 ± 0	1,00
	Косуля европейская	512	398,93 ± 25,54	0,95	24,79	398,93 ± 25,54	0,95	19,11	10,68 ± 0,53	0,95	54,31	44,29 ± 6,43	0,95
	Кабан	428	109,07 ± 23,59	1,00	83,75	109,07 ± 23,59	1,00	84,05	3,03 ± 0,66	1,00	79,03	64,71 ± 13,67	1,00
Барановичское РОС	Лось	95	108,60 ± 18,36	0,99	65,49	108,60 ± 18,36	0,99	60,78	2,99 ± 0,47	0,99	168,24	7,79 ± 3,50	0,99
	Олень благородный	125	56,67 ± 13,40	1,00	91,57	56,67 ± 13,40	1,00	87,53	1,46 ± 0,33	1,00	374,17	0,21 ± 0,21	1,00
	Косуля европейская	310	557,60 ± 68,05	1,00	47,27	557,60 ± 68,05	1,00	47,27	12,12 ± 1,48	1,00	70,99	60,43 ± 11,47	1,00
	Кабан	185	265,67 ± 61,79	1,00	90,08	265,67 ± 61,79	1,00	90,08	5,53 ± 1,29	1,00	57,22	202,5 ± 30,97	1,00
Жабинковское РОС	Лось	22	14,13 ± 2,89	1,00	79,33	14,13 ± 2,89	1,00	79,33	2,02 ± 0,41	1,00	200,00	1,0 ± 0,53	1,00
	Олень благородный	70	17,33 ± 5,63	1,00	125,81	17,33 ± 5,63	1,00	125,81	2,48 ± 0,80	1,00	254,20	1,0 ± 0,68	1,00
	Косуля европейская	160	132,00 ± 18,71	0,98	54,89	132,00 ± 18,71	0,98	44,10	12,57 ± 1,43	0,98	91,24	10,29 ± 2,51	0,98
	Кабан	110	50,33 ± 9,46	1,00	72,79	50,33 ± 9,46	1,00	75,54	5,51 ± 1,08	1,00	51,24	32,21 ± 4,41	1,00
Каменецкое РОС	Лось	23	13,80 ± 3,69	1,00	103,43	13,80 ± 3,69	1,00	103,43	1,97 ± 0,53	1,00	215,23	1,5 ± 0,86	1,00
	Олень благородный	60	78,27 ± 13,20	1,00	65,32	78,27 ± 13,20	1,00	65,32	11,18 ± 1,89	1,00	103,45	12,86 ± 3,55	1,00
	Косуля европейская	150	152,67 ± 21,59	0,97	54,78	152,67 ± 21,59	0,97	42,61	10,90 ± 1,20	0,97	91,79	18,36 ± 4,5	0,97
	Кабан	230	71,73 ± 14,69	1,00	79,29	71,73 ± 14,69	1,00	83,85	6,58 ± 1,42	1,00	85,34	119,86 ± 27,34	1,00

Окончание таблицы 1

Кобринское РОС	Лось	45	54,77	41,33 ± 5,85	1,00	54,77	3,13 ± 0,44	135,00	3,71 ± 1,34
	Олень благородный	110	139,44	12,40 ± 4,46	1,00	139,44	0,94 ± 0,34	0	0
	Косуля европейская	280	63,94	116,67 ± 19,26	1,00	63,94	7,78 ± 1,28	108,38	11,21 ± 3,25
Ивановская РОС	Кабан	170	100,67	47,00 ± 12,22	1,00	100,67	3,38 ± 0,88	85,35	39,07 ± 8,91
	Лось	120	78,58	46,00 ± 9,33	0,97	81,01	1,27 ± 0,27	182,57	1,5 ± 0,73
	Олень благородный	400	134,63	24,93 ± 8,67	1,00	132,27	0,64 ± 0,22	0	0
Ивацевичская РОС	Косуля европейская	850	36,32	448,73 ± 42,08	1,00	36,92	10,06 ± 0,96	58,74	52,14 ± 8,19
	Кабан	580	89,06	149,73 ± 34,43	1,00	91,84	3,50 ± 0,83	101,57	106,43 ± 28,89
	Лось	74	38,36	87,27 ± 8,64	0,98	32,10	2,84 ± 0,24	116,62	5,0 ± 1,56
Ляховичская РОС	Олень благородный	127	72,08	109,33 ± 20,35	0,99	63,93	3,36 ± 0,55	130,18	10,21 ± 3,55
	Косуля европейская	412	54,51	286,73 ± 40,36	0,99	41,06	8,59 ± 0,91	95,01	32,14 ± 8,16
	Кабан	166	75,64	142,27 ± 27,78	1,00	78,51	4,91 ± 0,99	87,03	136,79 ± 31,82
Пинская РОС	Лось	35	93,13	25,87 ± 6,46	1,00	95,42	1,89 ± 0,47	149,13	1,86 ± 0,74
	Олень благородный	91	53,45	33,20 ± 4,58	1,00	53,81	2,33 ± 0,32	134,33	1,07 ± 0,38
	Косуля европейская	240	69,70	141,67 ± 25,49	1,00	61,72	7,69 ± 1,22	104,49	13,14 ± 3,67
Столинская РОС	Кабан	96	78,07	60,07 ± 12,11	0,98	81,12	3,76 ± 0,79	69,17	42,5 ± 7,86
	Лось	120	38,39	124,20 ± 12,31	0,98	50,21	3,54 ± 0,46	83,77	9,71 ± 2,17
	Олень благородный	0	0	0	0	0,00	0	0	0
Столинская РОС	Косуля европейская	510	20,76	534,60 ± 28,65	0,85	13,97	12,01 ± 0,43	26,77	76,43 ± 5,47
	Кабан	230	79,74	213,27 ± 43,91	1,00	80,58	5,19 ± 1,08	101,49	191,07 ± 51,83
	Лось	110	43,38	96,73 ± 10,83	0,96	61,76	2,24 ± 0,36	151,52	3,21 ± 1,30
Лунинская РОС	Олень благородный	0	387,30	1 ± 1	1,00	387,30	0,03 ± 0,03	0	0
	Косуля европейская	660	32,89	334,07 ± 28,37	0,90	41,53	6,99 ± 0,75	101,68	13,5 ± 3,67
	Кабан	240	79,81	239,27 ± 49,30	1,00	79,56	4,74 ± 0,97	85,38	95,21 ± 21,73
Пружанская РОС	Лось	400	18,18	381,75 ± 34,71	0,99	10,19	4,59 ± 0,12	94,37	16,0 ± 8,72
	Олень благородный	825	66,76	81,75 ± 27,29	1,00	31,13	0,96 ± 0,08	0	0
	Косуля европейская	1950	23,21	1 041,25 ± 120,84	1,00	11,90	10,43 ± 0,32	89,02	34,0 ± 17,47
Итого по охотничьим хозяйствам	Кабан	1354	90,91	2,75 ± 1,25	1,00	41,14	0,03 ± 0,00	83,27	15,0 ± 7,21
	Лось	115	70,87	49,25 ± 17,45	1,00	33,11	1,56 ± 0,13	0	0
	Олень благородный	531	27,19	196,75 ± 26,75	1,00	13,17	5,48 ± 0,19	98,32	19,33 ± 10,97
Итого по охотничьим хозяйствам	Косуля европейская	838	67,72	303,00 ± 102,59	1,00	31,52	7,15 ± 0,58	86,99	18,33 ± 9,21
	Кабан	527	96,47	17,25 ± 8,32	1,00	44,66	0,42 ± 0,05	58,49	170,33 ± 57,52
	Лось	1096	67,19	1 012 ± 175,53	0,98	57,74	2,35 ± 0,35	125,61	55,57 ± 18,66
Итого по охотничьим хозяйствам	Олень благородный	1537	90,33	514 ± 119,92	0,97	70,09	1,96 ± 0,35	126,24	35,0 ± 11,81
	Косуля европейская	5933	48,76	4 491 ± 565,41	0,98	37,05	9,24 ± 0,88	65,40	420,29 ± 73,47
	Кабан	3560	79,15	1 794 ± 366,58	1,00	79,33	4,28 ± 0,88	74,42	1 403,86 ± 279,23

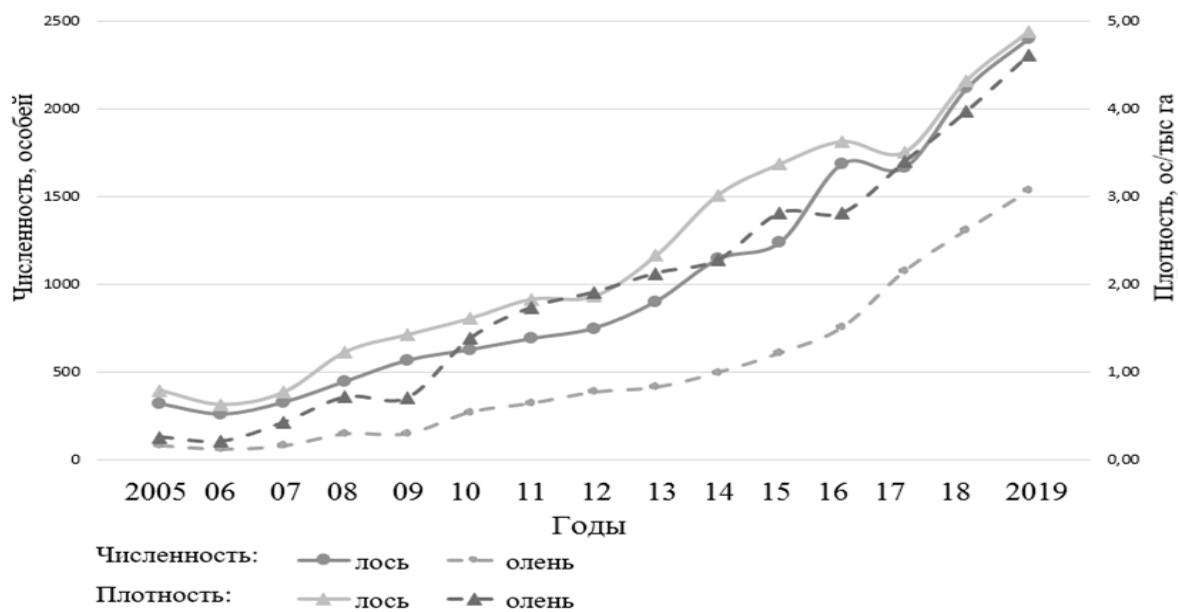


Рисунок 1. – Динамика численности и плотности лося и оленя благородного в РОС Брестской области

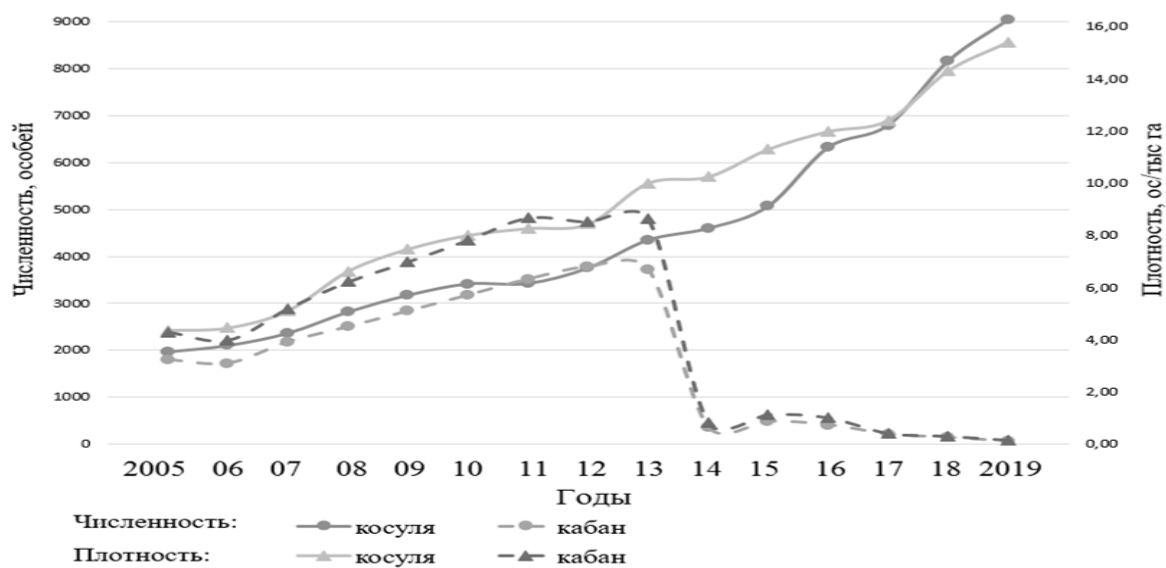
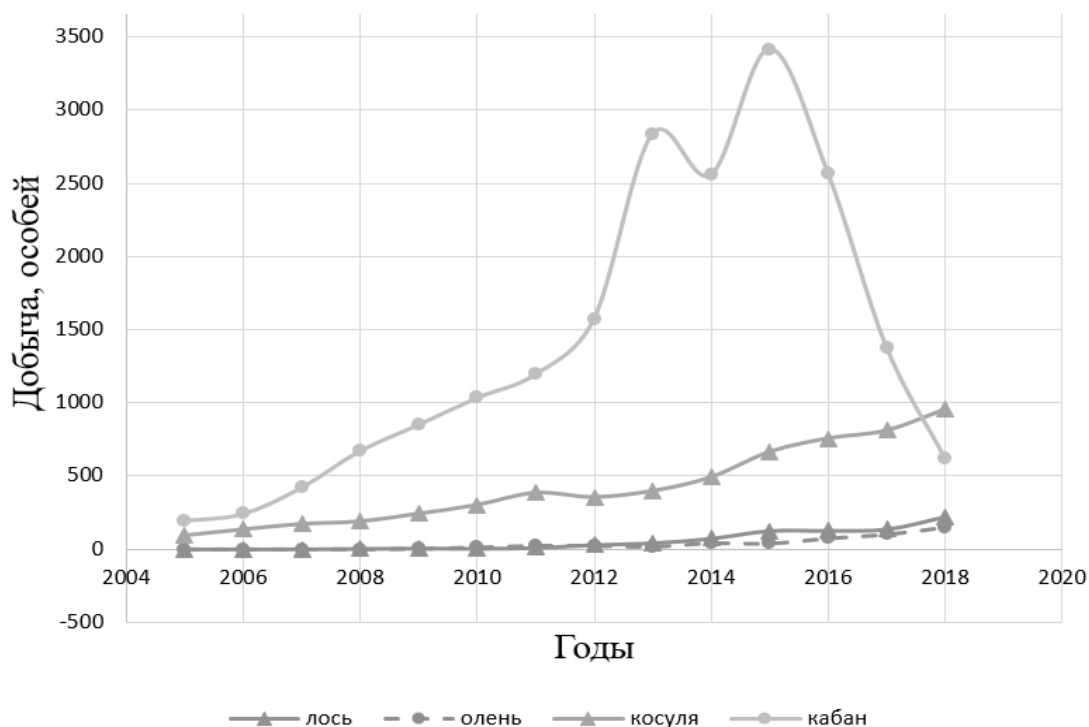


Рисунок 2. – Динамика численности и плотности кабана и косули европейской в РОС Брестской области



**Рисунок 3. – Динаміка добички охотничьих видів копытних в РОС Брестської області**

Отметим, что в охотхозяйствах Беларуси за период 2005 – 2014 гг. численность благородного оленя постепенно увеличивалась и достигла в 2014 г. 13 624 особи, когда было добыто 8,43 % от числа учтенных [6]. Для социальной структуры популяции оленя характерно образование крупных стад из 8 – 20 и более особей.

Олень благородный отмечен в 15 из 16 РОС. Численность самая высокая в Пружанской РОС –  $196,75 \pm 26,75$ , лимиты 120–240 особей (рисунок 1), плотность –  $5,48 \pm 1,27$  особи. Несколько ниже численность оленя в Ивацевичской РОС –  $109,33 \pm 20,35$  особи. Самая высокая плотность наблюдалась в ЧУП «Каменецкое ОРХ» –  $11,18 \pm 1,89$  ос/тыс. га, где численность составляет  $78,27 \pm 13,20$  особей. В Пинской РОС он не отмечен на ЗМУ (таблица).

Численность оленя по годам колебалась во всех охотничьих хозяйствах в пределах 62–1 533 (рисунок 1), в среднем составляла  $514 \pm 119,92$  особи. Численность по проекту охотустройства, как и у лося, выше – 1537 особей (таблица). Средняя плотность на 1 000 га лесных угодий равна  $1,96 \pm 0,35$ , лимиты 0,21–4,61 особей (рисунок 1). Она значительно выше в сравнении с 1990-ми гг. в районах Брестской области (0,64 особи) [11]. Оленя добывали в среднем по  $35,0 \pm 11,81$  особей с колебаниями 0–148 (рисунок 3).

По данным 264 встреч с косулей, в различные сезоны года она предпочитает (64,4 %) лиственные мелкоконтурные участки леса с хорошо развитым кустарниковым ярусом. Летом косули ведут в основном одиночный образ жизни (76,8 %), зимой собираются в небольшие группы (3–5 особей).

Косуля европейская встречается во всех 16 РОС БООР Брестской области. Наиболее высокая численность характерна для Лунинецкой РОС –  $1041,25 \pm 120,84$ , лимиты 890–1 400 особей; плотность составляет  $10,43 \pm 2,41$ , лимиты 8,64–14,35 особи. Добывалось в среднем  $34,0 \pm 17,47$  особи. Затем следует ЧУП «Барановичское ОРХ», где численность составляет  $557,60 \pm 68,05$ , плотность на 1 000 га угодий в среднем равна

12,12 ± 1,48 с колебанием по годам в пределах 5,4–24,56 особей. Добывалось в среднем 60,43 ± 11,47 особей. В других РОС численность была меньше, но не опускалась ниже 116 особей (таблица 1). В целом в охотничьих хозяйствах Брестской области численность и плотность косули увеличивалась, максимальные значения отмечены в последние годы (рисунок 2).

Численность косули варьировала в пределах 1 968–9 039 особей (рисунок 2), в среднем была равна 4491 ± 565,41 особи (таблица). Это ниже относительной численности по проекту охотустройства. Средняя плотность у косули самая высокая (9,24 ± 0,88) среди исследуемых копытных (таблица). Косуля добывалась ежегодно в этот период в пределах 94–956 особей (рисунок 3).

Кабан (310 регистраций) в охотугодьях региона предпочитает широколиственные (31,25 %), смешанные (27,10 %) и еловые (22,58 %) леса. Ведет обычно стадный образ жизни. Стада обычно состоят из 5–20 особей, основу которых образуют одна или несколько самок с выводком этого года и неполовозрелых особей. Старые самцы живут в одиночку. Из 310 встреч с кабаном, в т. ч. по следам их деятельности, в 12,9 % были одиночки, в 54,2 % случаев стада состояли из 5 – 12 особей и в 32,4 % – из 13–22 особей.

Численность кабана в Брестской области в 1973–1998 гг. варьировала в пределах 2 081–4 600, в среднем 3 299,3 ± 182,3 особи [1]. Плотность кабана в Брестской области составляет в среднем 3,25 ос/тыс. га лесных угодий [10]. В охотничьих хозяйствах Беларуси поголовье и добыча кабана по учетным данным варьировала от 24 890 особей (1995 г.) до 35 011 (2002 г.), процент добычи от числа учтенных соответственно составил 6,1 и 12,0 [11].

Численность кабана в охотугодьях Беларуси прогрессивно увеличивалась от 69,1 тыс. особей в 2010 г. до 80,4 тыс. в 2013 г.; в 2014 г. произошел резкий спад, когда было отмечено 8,6 тыс. особей. В этот период добыча варьировала в пределах 25 949–48 074 особи [6].

Кабан был отмечен во всех охотничьих хозяйствах Брестской области. Численность самая высокая характерна для ЧУП «Барановичское ОРХ» – 265,67 ± 61,79 с колебаниями в пределах 3–700 особей. Плотность в этом хозяйстве составляла в среднем 5,53 ± 1,29, лимиты 0,10–14,58 особи; добыча варьировала в пределах 48–460, в среднем 202,5 ± 30,97.

Средняя численность кабана составляла 1 794 ± 366,58 особей с вариациями в пределах 60–3 782 особей (таблица), что несколько ниже численности по проекту охотустройства. Плотность этого вида в среднем равна 4,28 ± 0,88, с колебаниями в пределах 0,14–8,68 особей на 1 000 га лесных угодий. Кабана добывали в пределах 195–3 416 (таблица), в среднем 1403,86 ± 279,23 особи. Наибольшая средняя плотность кабана по районам Брестской области в 1990-х гг. составляла 3,26 особи на 1 000 га лесных угодий [5], что несколько ниже наших данных. Резкое снижение численности и плотности кабана отмечено с 2014 г. (рисунок 2).

Степень изученности экологии популяций парнокопытных животных в Беларуси и регионе дает возможность перейти к управлению ими в охотхозяйствах. Проблема управления популяциями охотничьих животных неоднократно рассматривалась в последнее десятилетие [2; 9; 12].

### **Заключение**

Динамика численности и плотности *Sus scrofa*, *Alces alces*, *Cervus elaphus* и *Capreolus capreolus* определяются множеством факторов: основным из которых являются погодные условия в зимний период, изъятие животных в процессе охоты и браконьерство; в результате коэффициент вариации данных признаков имеет высокие значения. Динамика численности у оленей в охотхозяйствах БООР в последнее десятилетие

имеет положительный тренд. У кабана с 2014 г. отмечено резкое снижение численности вследствие его добычи.

Процент изъятия копытных РГОО БООР колеблется в значительных пределах, в среднем составляет у *Alces alces*  $55,57 \pm 18,66$ , у *Cervus elaphus* –  $35,0 \pm 11,81$ , у *Capreolus capreolus* –  $420,29 \pm 73,47$  и *Sus scrofa* –  $1403,86 \pm 279,23$  особи.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биология промыслово-охотничьих наземных позвоночных Брестской области / В. Е. Гайдук [и др.]. – Брест : БрГУ, 1999. – 134 с.
2. Гайдук, В. Е. Годовые и многолетние биоритмы млекопитающих Беларуси (на примере модельных охотничьих видов) : монография / В. Е. Гайдук ; Брест. гос. ун-т. – Брест : Изд-во БрГУ, 2005. – 192 с.
3. Гайдук, В. Е. Тренды численности и использование ресурсных видов охотничьих зверей Брестской области / В. Е. Гайдук // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук. пр. VIII Міжнар. навук. канф., Брэст, 12–14 верас. 2018 г. / Палес. аграр.-экал. ін-т ; рэдкал.: М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Брэст : Альтэрнатыва, 2018. – С. 196–198.
4. Состояние природной среды Беларуси : экол. бюл. 2004 г. / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Минсктиппроект, 2005. – 285 с.
5. Состояние природной среды Беларуси : экол. бюл. 2009 г. / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Минсктиппроект, 2010. – 397 с.
6. Состояние природной среды Беларуси : экол. бюл. 2014 г. / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Минсктиппроект, 2015. – 324 с.
7. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Выш. шк., 1973. – 320 с.
8. Приклонский, С. Г. Зимний маршрутный учет охотничьих животных / С. Г. Приклонский // Тр. Окс. гос. заповедника, 1973. – Вып. 9. – С. 35–62.
9. Романов, В. С. Охотоведение / В. С. Романов, П. Г. Козло, В. И. Падайга. – Минск : Тесей, 2005. – 448 с.
10. Козло, П. Г. Морфофизиологические адаптации и структурно-функциональный анализ динамики популяций парнокопытных (Artiodactyla), проблемы их охраны и рационального использования в Беларуси : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / П. Г. Козло. – Минск, 2001. – 69 с.
11. Савицкий, Б. П. Млекопитающие Беларуси / Б. П. Савицкий, С. В. Кучмель, Л. Д. Бурко. – Минск : Изд. центр БГУ, 2005. – 319 с.
12. Глушков, В. М. Управление популяциями охотничьих животных / В. М. Глушков, Н. Н. Граков, И. С. Козловский. – Киров, 1999. – 211 с.

#### REFERENCES

1. Biologija promyslovo-ohotnich'ih naziemnyh pozvonochnyh Briestskoj oblasti / V. Ye. Gajduk [i dr.]. – Brest : BrGU, 1999. – 134 s.
2. Gajduk, V. Ye. Godovyje i mnogolietnije bioritmy mliekopitajushhjih Bielarusi (na primierie model'nyh ohotnich'ih vidov) : monografija / V. Ye. Gajduk ; Brest. gos. un-t. – Brest : Izd-vo BrGU, 2005. – 192 s.
3. Gajduk, V. Ye. Trendy chisliennosti i ispol'zovanije riesursnyh vidov ohotnich'ih zvieriej Briestskoj oblasti / V. Ye. Gajduk // Pryrodnae asiaroddzie Paliessia: asablivasci i pierspiektyvy razviccia : zb. navuk. pr. VIII Mizhnar. navuk. kanf., Brest, 12 – 14 vieras.

2018 h. / Palies. ahrar.-ekal. in-t ; redkal.: M. V. Mihal'chuk (hal. red.) [i insh.]. – Brest : Al'ternatyva, 2018. – S. 196 – 198.

4. Sostojanije prirodnoj sriedy Bielarusi : ekol. biul. 2004 g. / pod ried. V. F. Loginova. – Minsk : Minsktipprojekt, 2005. – 285 s.

5. Sostojanije prirodnoj sriedy Bielarusi : ekol. biul. 2009 g. / pod ried. V. F. Loginova. – Minsk : Minsktipprojekt, 2010. – 397 s.

6. Sostojanie prirodnoj sriedy Bielarusi : ekol. biul. 2014 g. / pod ried. V. F. Loginova. – Minsk : Minsktipproejkt, 2015. – 324 s.

7. Rokickij, P. F. Biologichieskaja statistika / P. F. Rokickij. – Minsk : Vysh. shk., 1973. – 320 s.

8. Priklonskij, S. G. Zimnij marshrutnyj uchiot ohotnich'ih zhivotnyh / S. G. Priklonskij // Tr. Oks. gos. zapovednika, 1973. – Vyp. 9. – S. 35 – 62.

9. Romanov, V. S. Ohotoviedienije / V. S. Romanov, P. G. Kozlo, V. I. Padajga. – Minsk : Tesej, 2005. – 448 s.

10. Kozlo, P. G. Morfofiziologichieskije adaptacii i strukturno-funcional'nyj analiz dinamiki populacij parnokopytnyh (Artiodactyla), problimy ih ohrany i racional'nogo ispol'zovanija v Bielarusi : dis. ... d-ra biol. nauk : 03.00.16 ; 03.00.18 / P. G. Kozlo. – Minsk, 2001. – 69 s.

11. Savickij, B. P. Mliekopitajushhije Bielarusi / B. P. Savickij, S. V. Kuchmel', L. D. Burko // Mliekopitajushhije Bielarusi. – Minsk : Izd. centr BGU, 2005. – 319 s.

12. Glushkov, V. M. Upravlienije populacijami ohotnich'ih zhivotnyh / V. M. Glushkov, N. N. Grakov, I. S. Kozlovskij. – Kirov, 1999. – 211 s.

*Рукапіс наступіў у рэдакцыю 09.02.2021*



УДК 574.4; 631.45; 632.8

**Александр Петрович Колбас<sup>1</sup>, Наталья Юрьевна Колбас<sup>2</sup>,  
Марина Александровна Пастухова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>канд. биол. наук, доц., нач. Центра экологии

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

<sup>2</sup>канд. биол. наук, доц., зав. каф. химии

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

<sup>3</sup>магистр биол. наук, зав. лабораторией «Отраслевая научно-исследовательская лаборатория качества кормов» Полесского аграрно-экологического института

Национальной академии наук Беларуси

**Aleksandr Kolbas<sup>1</sup>, Natalia Kolbas<sup>2</sup>, Marina Pastukhova<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Ecology Center  
at the Brest State A. S. Pushkin University

<sup>2</sup>Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Chemistry  
at the Brest State A. S. Pushkin University

<sup>3</sup>Master of Biological Sciences, Head of the Laboratory «Branch Research Laboratory  
of Feed Quality» of the Polesky Agrarian and Ecological Institute  
at the National Academy of Sciences of Belarus

[e-mail: kolbas77@mail.ru](mailto:kolbas77@mail.ru)

## СТРУКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ РАСТЕНИЙ НА ПОЛИЭЛЕМЕНТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ В ПОЧВЕННЫХ СЕРИЯХ\*

Представлены данные о влиянии полиэлементного загрязнения почв на морфологические и физиолого-биохимические признаки растений фестулолиума, выращенных в почвенных сериях с различной концентрацией тяжелых металлов. Выявлено, что индикативными параметрами для составления шкал фитотоксичности почв могут выступать как структурные (длина корня), так и функциональные (активность каталазы) параметры. Даны рекомендации по составлению фитотоксических шкал по эффективным концентрациям субстратов с полиэлементным загрязнением.

**Ключевые слова:** активность каталазы, антиоксидантная активность, тяжелые металлы, фестулолиум, фитотоксичность, фотосинтетические пигменты, фэдинг.

### Structural and Functional Responses of Plants to Polyelement Contamination in Soil Series

The article presents data on the effect of polyelemental soil pollution on the morphological, physiological and biochemical characteristics of festulolium plants grown in soil series with different concentrations of heavy metals. It was revealed that both structural (root length) and functional (catalase activity) parameters can act as indicative parameters for compiling phytotoxicity scales for soils. Recommendations are given for the preparation of phytotoxic scales for the effective concentrations of substrates with polyelement contamination.

**Key words:** catalase activity, antioxidant activity, heavy metals, festulolium, phytotoxicity, photosynthetic pigments, fading.

### Введение

Увеличение промышленной, сельскохозяйственной и городской активностей приводит к широкому вовлечению металлов и металлоидов в избыточных количествах в окружающую среду, что способствует загрязнению почв. Многие тяжелые металлы (ТМ), представленные в антропогенных выбросах, могут длительно сохраняться и накапливаться в окружающей среде. В общем составе загрязнений почв ТМ занимают первое место и составляют около 40 % от всех контаминантов в Европе [1]. Причем в большинстве случаев это комплексное загрязнение представляет смеси веществ, содержащих такие элементы, как Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Sb, As, Co, Ni. Это значительно

*Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ-БРЕСТ Х19Б-003 «Фиторемедиация почв в условиях полиэлементного загрязнения территории тяжелыми металлами» № 20200202.*

усложняет применение традиционных инженерных подходов для очистки. Для решения таких задач в последние десятилетия в мире активно внедряют технологии фиторемедиации – восстановления почв при помощи растений. Этот подход позволяет устранять экологические, экономические и социальные ограничения, связанные с традиционными инженерными методами, сочетать приемлемые сроки ремедиации и относительную дешевизну [2].

Основываясь на результатах предыдущих исследований, нами предложен план управления в виде полного цикла фиторемедиации участков, загрязненных ТМ, с использованием фитоэкстракции и фитостабилизации совместно с получением растительной биомассы, который включает следующие этапы:

- 1) оценка первоначального уровня загрязнения и экологических рисков физико-химическими и биоиндикационными методами;
- 2) выбор растений, регуляторов роста, почвенных добавок, улучшающих агрономических технологий;
- 3) реализация выбранной ремедиационной стратегии в полевых условиях на пробных площадках;
- 4) валоризация полученной биомассы и применение стратегий в широких масштабах.

На первом и втором этапах эффективно использование метода «Фэдинг» (англ. fading – разбавление, затухание) – создание почвенных серий путем разбавления загрязненных субстратов условно чистой почвой в широком диапазоне концентраций [3]. Этот подход позволяет получать почвенные серии с хорошим распределением значений концентраций ТМ и избегать эффекта кластера при моделировании ответов растений.

Проблема мониторинга и очистки почв от ТМ в Брестском регионе весьма актуальна. Среди промышленных предприятий аккумуляторные заводы по интенсивности загрязнения окружающей среды находятся на одном из первых мест. Отходы их производства (пыль, зола) содержат значительные количества ТМ: Pb, Cd, Zn, Cu, оказывая токсический эффект на биоту и человека. В Брестской области потенциальными площадками для фиторемедиации полиэлементного загрязнения являются территории, прилегающие к ООО «Белинвестторг-сплав» (г. Белоозерск, Березовский район), и бывший несанкционированный полигон хранения отходов данного предприятия (пос. Зеленый бор, Ивацевичский район).

Цель статьи – оценить потенциальные экологические риски полиэлементного загрязнения отходами предприятий по производству аккумуляторов в Брестском регионе через оценку структурных и функциональных параметров растений в почвенных сериях.

Задачи исследования: 1) оценить степень загрязнения почв и субстратов физико-химическими методами; 2) произвести анализ фитотоксичности по структурным и функциональным ответам растений; 3) дать практические рекомендации.

### **Материалы и методы исследования**

Для данного эксперимента были предварительно отобраны и проанализированы почвы и зола свинцовая с нескольких потенциально опасных территорий, связанных с аккумуляторной промышленностью, а также условно чистый контроль (таблица 1).

Учитывая, что большинство техногенных выбросов накапливается на поверхности почвенного покрова [4], образцы отбирали до глубины 20 см в пяти местах (методом конверта) и составляли смешанный образец. В субстратах было определено валовое содержание элементов Zn, Cd, Cu, Ni, Pb, Mn, методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе SOLAAR MkII M6 DoubleBeam AAS.

Для более полной и точной картины загрязнения территорий эколого-геохимическую оценку следует проводить не только по санитарно-гигиеническим нормативам, но и с учетом региональных и субрегиональных особенностей. С этой целью

применяют такие показатели, как коэффициент концентрации химического элемента ( $K_c$ ) и суммарный показатель загрязнения почв ( $Z_c$ ). При расчетах коэффициента концентрации ( $K_c$ ), или аномальности, представляющего собой отношение содержания элемента в исследуемом образце к его фоновому содержанию, использовали следующие значения концентрации приоритетных ТМ в почвах юго-запада Беларуси (субрегиональный фон, мг/кг): Pb – 5,39; Cd – 0,09; Cu – 1,29; Zn – 7,43; Mn – 109,6; Ni – 0,66; Co – 0,45; Cr – 1,85 [4]. Рассчитываемый суммарный индекс загрязнения учитывал содержание Zn, Cd, Cu, Ni, Pb, Mn. Значение  $Z_c$  от 1 до 5 соответствует низкой степени загрязнения,  $Z_c$  от 5,1 до 20 – средней,  $Z_c$  от 20,1 до 50 – высокой,  $Z_c$  более 50 – очень высокой [5].

Таблица 1. – Экспериментальные участки и субстраты

№	Участок	Субстрат	Код
1	Бывший полигон отходов промышленных предприятий (опытный участок) (пос. Зеленый бор, Ивацевичский р-н)	Почва	ПП-1
2	Лесные насаждения в ареале действия полигона отходов Промпредприятий (пос. Зеленый бор, Ивацевичский р-н)	Почва	ПП-2
3	Бывший полигон отходов промышленных предприятий (опытный участок) (пос. Зеленый бор, Ивацевичский р-н)	Зола свинцовая	ПП-3
4	Территория, прилегающая к ООО «Белинвестторг-сплав» (г. Белоозерск)	Почва	ПП-4
5	Территория, прилегающая к ООО «Белинвестторг-сплав» (г. Белоозерск)	Почва	ПП-5
6	ООО «Белинвестторг-сплав» (г. Белоозерск)	Зола свинцовая	ПП-6
7	Приусадебный (контрольный) участок (г. Брест)	Почва	ПУ-4

Предварительный анализ показал, что в почвах, отобранных с территории, прилегающих к ООО «Белинвестторг-сплав» в г. Белоозерске (ПП-4 и ПП-5) и обладающих высокой степенью загрязнения, суммарное содержание металлов составляет около 1 % от содержания их в отходах производства – свинцовой золе (ПП-6) (таблица 2). В почвах с территорий, прилегающих к месту несанкционированного хранения свинцовой золы в поселке Зеленый бор (ПП-1), суммарное содержание составляет около 0,5 % от содержания их в окисленной свинцовой золе (ПП-3) и соответствует среднему уровню загрязнения (таблица 2). Исходя из этого была предложена следующая схема двух экспериментов «Фэдинг» с постепенным увеличением концентрации каждой золы в субстратах (таблица 3). Контрольная почва и почва ПП-2 характеризовались низким уровнем загрязнения.

Таблица 2. – Коэффициенты аномальности ( $K_c$ ) относительно фонового содержания ТМ и суммарный индекс загрязнения ( $Z_c$ ) экспериментальных площадок и субстратов

Код	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Mn	Zc
ПП-1	44,82	16,56	12,71	8,55	10,30	2,92	19,17
ПП-2	2,15	0,00	1,86	2,30	1,97	0,64	1,79
ПП-3	10688,76	7091,22	1140,47	242,99	181,21	20,30	3872,99
ПП-4	93,56	11,56	8,91	2,85	65,00	0,91	36,56
ПП-5	28,27	7,11	20,23	2,22	55,76	1,00	22,92
ПП-6	14638,31	2635,33	1555,97	381,35	491,21	9,79	3942,39
ПУ-4	0,89	0,00	2,25	2,25	1,97	0,84	1,64
фон, мг/кг [4]	5,39	0,09	1,29	7,43	0,66	109,6	

Почвенные серии формировались после тщательного перемешивания незагрязненных почв со свинцовой золой в соотношении от 0 : 100 % до 50 : 50 % (таблица 3), т. к. большие концентрации золы приводили к гибели всех растений в предварительных опытах. Почвенные образцы (0,42 кг) были помещены в пластиковые горшки (0,5 л) в 10 вариантах концентраций (в трех повторностях).

Таблица 3. – Состав почвенных смесей в экспериментах «Фэдинг» и ответы тестовых растений фестулолиума

Вариант опыта	Масса почвы, г	Масса золы, г	Z <sub>c</sub>	Лабораторная всхожесть*, %	Выживаемость*, %
ПП-6 (Фэдинг-1)					
Контроль	420	0	1,63	70,0 ± 2,67	95,2 ± 4,89
0,1 %	419,58	0,42	5,58	68,67 ± 2,44	99,0 ± 1,44
0,5 %	417,9	2,1	21,34	56,0 ± 2,0	100
1,0 %	415,8	4,2	41,05	64 ± 2,67	98,9 ± 3,1
5,0 %	399	21	198,68	54,0 ± 9,1	96,3 ± 9,7
10,0 %	378	42	395,71	0	0
20,0 %	336	84	789,79	0	0
30,0 %	294	126	1400,01	0	0
40,0 %	252	168	1577,94	0	0
50,0 %	210	210	1972,02	0	0
ПП-3 (Фэдинг-2)					
Контроль	420	0	1,64	72 ± 1,42	100
0,1 %	419,58	0,42	5,51	54 ± 4,22	96,3 ± 3,1
0,5 %	417,9	2,1	20,99	60 ± 1,95	100
1,0 %	415,8	4,2	40,35	58 ± 1,7	86,2 ± 1,9
5,0 %	399	21	195,21	60 ± 1,1	90 ± 6,6
10,0 %	378	42	388,77	66 ± 7,1	100
20,0 %	336	84	775,91	52 ± 3,7	100
30,0 %	294	126	1163,00	50 ± 8	100
40,0 %	252	168	1550,20	40 ± 1,6	100
50,0 %	210	210	1937,31	46 ± 2,7	100

В качестве тест-объекта был выбран фестулолиум (*Festulolium*). Выбор объекта обусловлен высокой скоростью роста и индикативностью к полиэлементному загрязнению.

Для проведения анализа по 25 семян фестулолиума высевали в каждый горшок. Затем горшки помещали в климатизированное помещение Зимнего сада Центра экологии Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина со следующими условиями: световой режим – 14 ч; освещение – 150 μmolm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>; температура – 25 °С (день), 22 °С (ночь); относительная влажность – 65 % [6]. Горшки были расставлены в случайном порядке и поливались водопроводной водой (50 % полевой влажности почвы). Растения фестулолиума были собраны через три недели на стадии двух-трех настоящих листьев. Побеги и корни каждого растения были промыты в дистиллированной воде, взвешены и измерены. Определены следующие ростовые параметры: лабораторная всхожесть и выживаемость растений (процент от взошедших растений), а также длины и массы надземной и подземной части. Затем были проанализированы биохимические показатели растений: содержание фотосинтетических пигментов, активность каталазы и антирадикальная активность (АРА).

Определение хлорофиллов (*a* и *b*) и каротиноидов проводили согласно общепринятой методике [7]. Содержание пигментов в вытяжках определяли спектрофотометрически (спектрофотометр Proscan MC 122, «Проскан специальные инструменты»),

Республика Беларусь) в кварцевой кювете при длине пути светового монохромного луча в 1 см и длинах волн 663, 646 и 470 нм [3].

Антирадикальную активность (АРА) оценивали методом АВТС. Для извлечения антиоксидантов из растительного сырья и поддержания их стабильности использовали 75 мМ фосфатный буферный раствор (рН = 7,4). Раствор АВТС<sup>+</sup> готовили согласно рекомендациям [8]. Активность каталазы тестовых растений определяли согласно общепринятой методике [9]. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы R версия 3.5.3 (Foundation for Statistical Computing, Вена, Австрия). Уровень достоверности –  $p < 0,05$ .

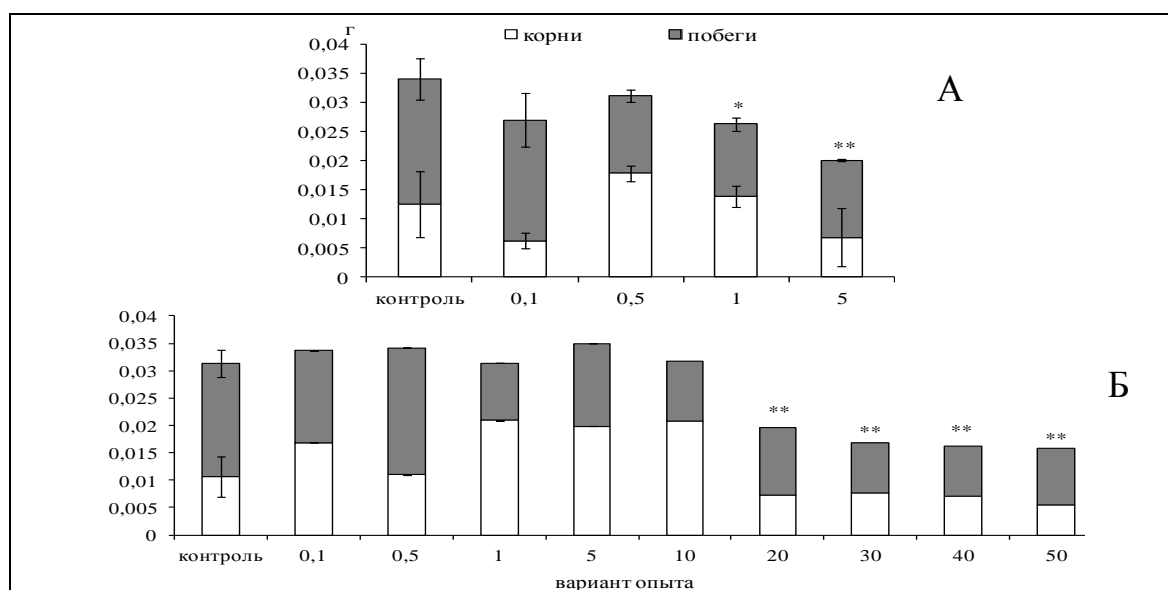
### Результаты и их обсуждение

#### Ростовые параметры тестовых растений

При использовании золы ПП-6 гибель («Фэдинг-1») растений наблюдалась уже при содержании 10 % золы, в то время как при использовании золы ПП-3 («Фэдинг-2») растения выживали при содержании в 50 %, хотя и при значительном снижении виталитета (таблица 3). Это может быть объяснено длительным нахождением данного образца золы под открытым небом, что, вероятно, вызвало окисление соединений тяжелых металлов и снижение содержания их подвижных форм.

Лабораторная всхожесть растений фестулолиума в опыте «Фэдинг-1» составила 54–70 %, достоверные отличия от контроля были в вариантах с добавлением 0,5, 1,0 и 5,0 % золы (таблица 3). Выживаемость растений составила 95,2–100 %, и в опытных вариантах была тенденциозно выше контроля.

Масса растений варьировала от 0,021 до 0,034 г и была достоверно ниже для образцов с 1 и 5 % золы ПП-6 (рисунок 1, А). Масса побегов варьировала от 0,012 до 0,021 г и для образцов снижалась в последовательности: 0,1 % > 0,5 % > 1 % > 5 %. В целом процент массы побегов от общей массы для контроля составил 63,1, а для образцов варьировал от 42,8 до 76,8. Масса корней варьировала от 0,007 до 0,018 г и снижалась в последовательности: 0,5 % > 1 % > контроль > 5 % > 0,1 %. Масса корней для контроля составила 36,9 % от общей массы растения, а для образцов – от 23,2 до 57,2 %.



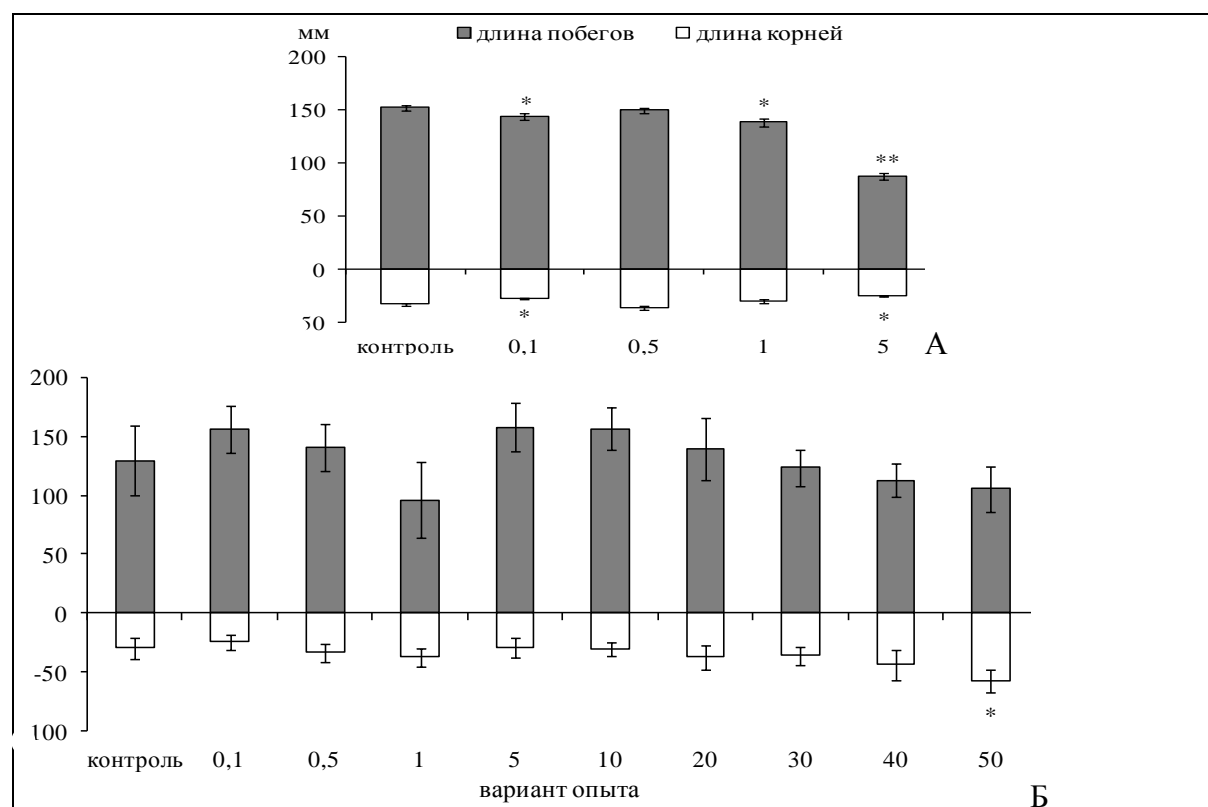
А – с золой с ООО «Белинвестторг-сплав» (ПП-6),  
 Б – с золой с территории несанкционированного хранения в поселке Зеленый бор (ПП-3);  
 \*\* – достоверно при уровне значимости (P)  $0,001 \leq P < 0,01$ , \* – при  $0,01 \leq P < 0,05$

**Рисунок 1. – Масса растений фестулолиума в эксперименте «Фэдинг»**

В эксперименте «Фэдинг-1» масса растений варьировала от 0,016 до 0,035 г и была достоверно ниже контроля для образцов, начиная с содержанием золы 10,0 % и выше (рисунок 1, Б). Масса побегов варьировала от 0,009 до 0,021 г. Доля массы побегов от общей массы растения для контроля составил 65,9, а для образцов варьировал от 33,0 до 67,9. Масса корней варьировала от 0,006 до 0,021 г. Для контроля доля массы корней составила 34,1 % от общей массы растения, а для образцов – от 35 до 67 %.

Длина побегов растений в эксперименте «Фэдинг-1» была 151,84 – 86,63 мм и для образцов с содержанием золы 0,1, 1,0 и 5,0 % была достоверно ниже по сравнению с контролем. Длина корней составила 25,4 – 36,9 мм и для образцов с содержанием золы 0,1 и 5,0 % была достоверно ниже по сравнению с контролем (рисунок 2, А).

Длина побегов растений в эксперименте «Фэдинг-1» была 96,24 – 157,85 мм, корней – 24,15 – 57,17 мм (рисунок 2, Б).



А – с золой с ООО «Белинвестторг-сплав» (ПП-6),

Б – с золой с территории несанкционированного хранения в поселке Зеленый бор (ПП-3);

\*\* – достоверно при уровне значимости ( $P$ )  $0,001 \leq P < 0,01$ , \* – при  $0,01 \leq P < 0,05$

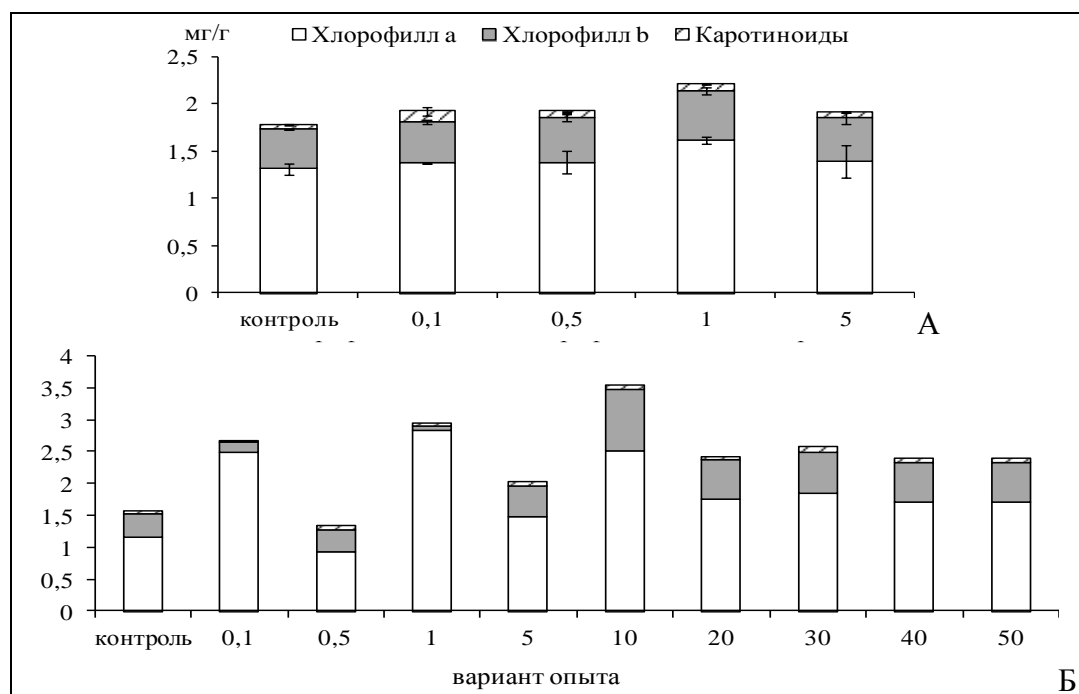
**Рисунок 2.** – Длина растений фестулолиума в эксперименте «Фэдинг»

Снижение морфометрических параметров относительно контроля более чем на 10 % (т. н. эффективная концентрация [10]) фиксируется для фестулолиума при 5 % золы ПП-6 и 20 % золы ПП-3. Также был выявлен гормезис (увеличение жизненности при небольших превышениях фитотоксических порогов [11]) при использовании золы ПП-6 в пропорциях 0,1 : 0,5 : 1 % и 0,1 – 10 % для золы ПП-3. Установлено, что наиболее благоприятной для роста и развития тестовых растений является почва с добавлением 0,5 % золы ПП-6 и до 1,0 % золы ПП-3, более высокие концентрации вызывают значительное снижение ростовых параметров.

**Содержание фотосинтетических пигментов**

В эксперименте «Фэдинг-1» в исследуемом растительном материале содержание хлорофилла *a* варьировало от 1,307 до 1,613 мг/г сырой навески, хлорофилла *b* – от 0,421 до 0,522 мг/г (рисунок 3, А). Суммарное содержание хлорофилла (*a* и *b*) варьировало от 1,728 до 2,134 и в образцах с добавлением золы ПП-6 было достоверно выше, чем в контроле. Содержание каротиноидов среди других пигментов было наименьшим и составило 0,052–0,12 мг/г. Отметим, что растения фестулолиума в почвосмеси с 1 %-ной золой в данном опыте характеризуются повышенным содержанием всех фотосинтетических пигментов (на 23,4, 23,9 и 41,1 % превышают параметры контрольных растений), растения образца с 0,5 %-ным содержанием золы по сравнению с контрольными содержат достоверно больше хлорофилла *b* (на 12 %), а растения образца с 0,1 %-ным содержанием золы – больше каротиноидов (в 2,2 раза). Это можно объяснить явлением гормезиса и включением антистрессовой компенсации.

Растения фестулолиума в эксперименте «Фэдинг-2» (рисунок 3, Б) содержат 0,905–2,81 мг/г хлорофилла *a*, 0,072–0,959 мг/г хлорофилла *b* и 0,035–0,079 мг/г каротиноидов. Растения большинства образцов с добавлением золы ПП-3 содержат достоверно больше пигментов по сравнению с контрольными растениями. При этом в опытах с 0,5 %-ным содержанием золы наблюдается снижение суммарного содержания фотосинтетических пигментов, но только за счет хлорофилла *a* (меньше на 21 % по сравнению с контролем). Растения образца с 0,1 %-ным добавлением золы характеризуются повышенным содержанием хлорофилла *a* (в 2,1 раза выше, чем в контроле), но пониженным содержанием хлорофилла *b* (на 58,9 %) и каротиноидов (на 19,56 %). Пониженное содержание хлорофилла *b* (на 80,0 %) также отмечено в растениях образца с 1 %-ным добавлением золы. Максимальное содержание пигментов отмечено в варианте с 10 %-ным содержанием золы.



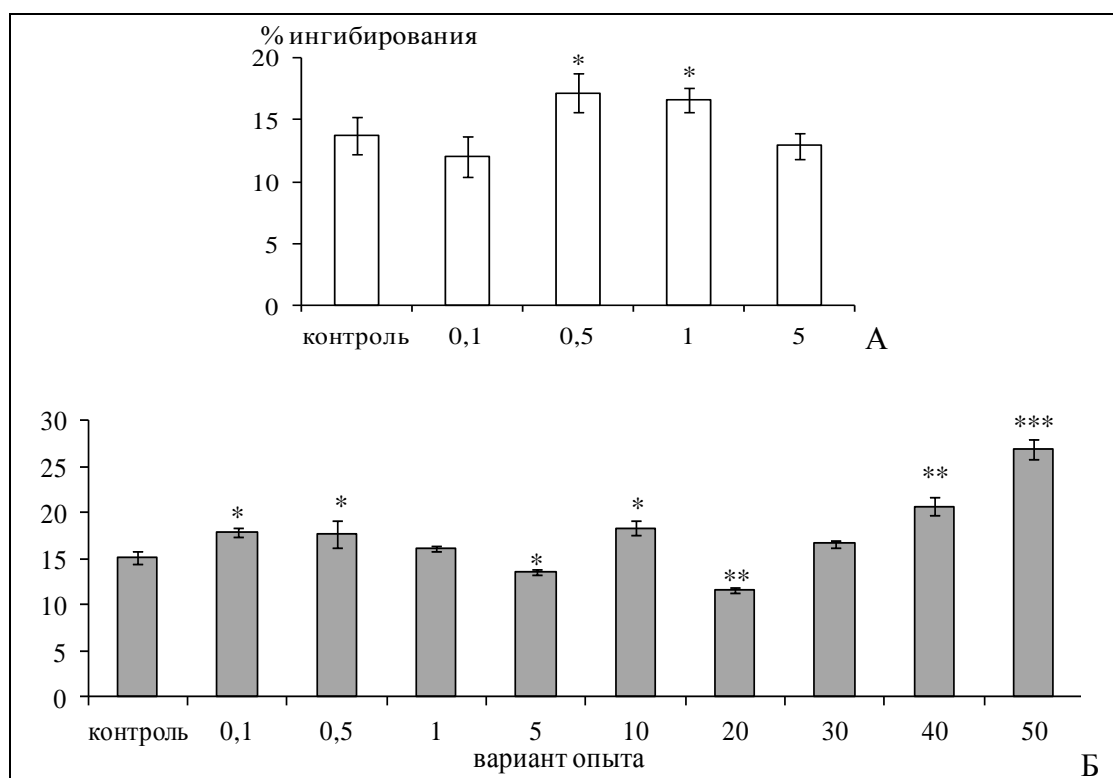
А – с золой с ООО «Белинвестторг-сплав» (ПП-6),

Б – с золой с территории несанкционированного хранения в пос. Зеленый бор (ПП-3)

**Рисунок 3. – Содержание пигментов в растениях фестулолиума в эксперименте «Фэдинг»**

АРА супернатантов (в % ингибирования катион-радикала АВТС) в эксперименте «Фэдинг-1» варьировала от 12 до 17,15 %, и достоверное отличие от контроля выявлено в опыте с добавлением золы 0,5 и 1 % (рисунок 4, А). При этом повышение АРА по отношению к контролю составило соответственно 24,9 и 21,2 %. Полученные результаты АРА демонстрируют гормезис при использовании образца (золы) ПП-6 в пропорциях 0,1–0,5–1–5 %.

АРА супернатантов в эксперименте «Фэдинг-2» варьировала от 11,6 до 26,9 % (рисунок 4, Б). Достоверное отличие от контроля выявлено для большинства вариантов опыта, при этом наблюдалось как повышение параметра (от 16,8 до 76,8 % в образцах с добавлением 0,1, 0,5, 10 и более 40 %), так и снижение (от 10,7 до 23,5 % в образцах с содержанием золы 5 и 20 %). Повышение антиоксидантного статуса свидетельствует об уровне стресса и способности растений противостоять ему.



А – с золой с ООО «Белинвестторг-сплав» (ПП-6),

Б – с золой с территории несанкционированного хранения в поселке Зеленый бор (ПП-3);

\*\*\* – отличие достоверно при уровне значимости ( $P$ ) менее 0,001,

\*\* – при  $0,001 \leq P < 0,01$ ; \* – при  $0,01 \leq P < 0,05$

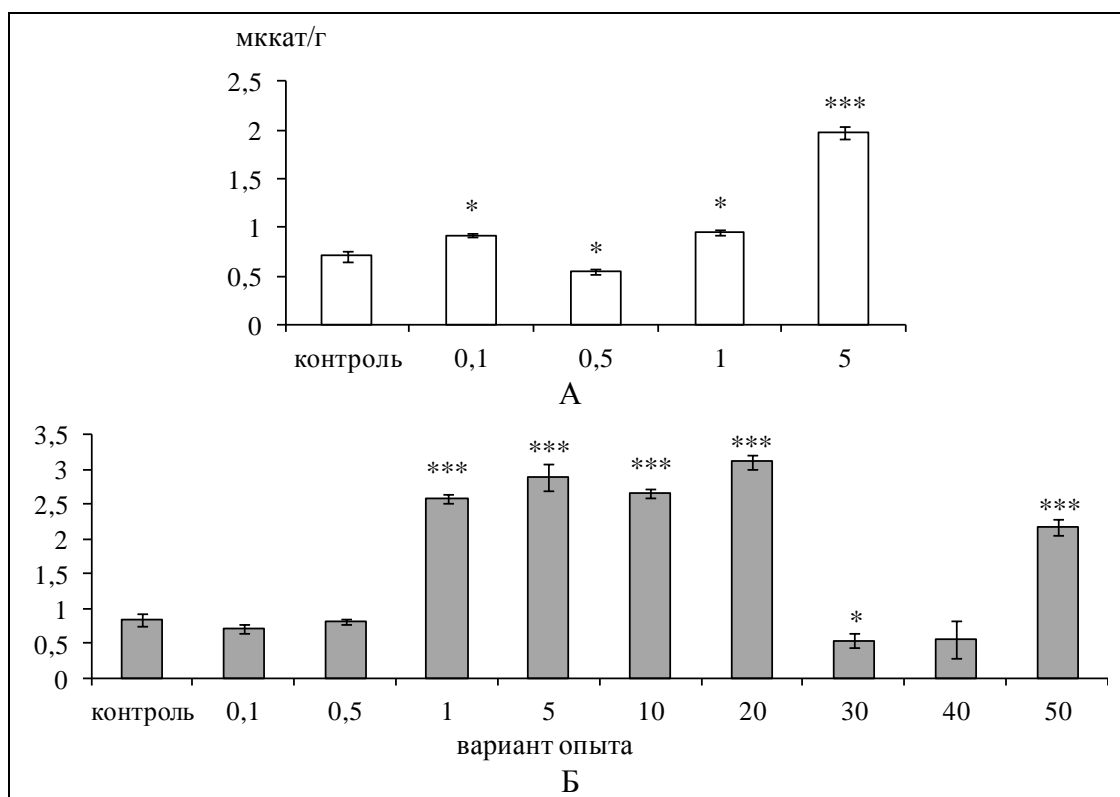
**Рисунок 4. – Антирадикальная активность (тест АВТС) растений фестулолиума в эксперименте «Фэдинг»**

Полученные результаты активности каталазы фестулолиума в обоих экспериментах представлены на рисунке 5. В целом активность каталазы варьировала от 0,54 до 3,11 мккат/г.

В эксперименте «Фэдинг-1» отмечено повышение активности каталазы на 30 % при добавлении 0,1 и 1 % золы и в 2,8 раза при увеличении дозы золы выше 5 %. Снижение активности каталазы (на 23,1 %) отмечено в варианте опыта с 0,5 %-ным содержанием золы ПП-6. В эксперименте «Фэдинг-2» отмечено достоверное снижение активности каталазы опытных растений по сравнению с контролем (на 64,7 %) при содержании золы 30 %, а также повышение активности каталазы (в 2,6–3,7 раза) при со-



держании золы от 1 до 20 %, а также при 50 %. Последнее может свидетельствовать о выключении барьерных функций и нарушении целостности мембран клеток, вследствие чего при больших концентрациях растения не выживают.



*А – с золой с ООО «Белинвестторг-сплав» (ПП-6),  
 Б – с золой с территории несанкционированного хранения в поселке Зеленый бор (ПП-3);  
 \*\*\* – отличие достоверно при уровне значимости (P) менее 0,001;  
 \*\* – при 0,001 ≤ P < 0,01; \* – при 0,01 ≤ P < 0,05*

**Рисунок 5. – Активность каталазы растений растений фестулолиума в эксперименте «Фэдинг»**

Таким образом, благодаря действию вышеописанных факторов признаки растений показывают различные стратегии в отношении «доза – ответ». Морфологические параметры чаще показывают схожие тенденции, тогда как биохимические и физиологические ответы обычно при фэдинге более сложные. В целом отмечается большая амплитуда, а следовательно, и чувствительность функциональных параметров по сравнению с морфометрическими. Биохимические параметры (такие как АРА листьев и содержание фотосинтетических пигментов) связаны с антиоксидантным статусом растений. Этот результат был подтвержден новым оригинальным методом, а именно тестом АВТС, определяющим общую антиоксидантную емкость органов. Основываясь на этих данных, антиоксидантный статус листьев можно объяснить двумя фактами: увеличение активности антиоксидантных ферментов и содержания антиокислительных метаболитов (например, каротиноиды, полифенолы). Повторное увеличение некоторых биохимических параметров при высоких концентрациях меди можно объяснить увеличением числа клеток на единицу площади листа, причем клетки уменьшаются в размерах, что приводит к снижению биомассы побегов, а незначительные изменения в митозе свидетельствуют о большем влиянии ТМ на функциональные, а не на структурные основы устойчивости благодаря экспрессии генов [12].

### **Заключение**

Проведенные анализы показали значительное загрязнение и его полиэлементный характер для отходов аккумуляторных производств. Эксперименты подтвердили эффективность метода «Фэдинг» на начальных этапах фиторемедиации для определения токсичности субстратов и пределов эффективного использования растений-кандидатов.

Выявлено, что индикативными параметрами для составления шкал фитотоксичности почв могут выступать как морфометрические (длина корня), так и физиолого-биохимические параметры (активность каталазы), причем последние обладают большей чувствительностью.

Метод «Фэдинг» в эксперименте с добавлением золы выявил гормезис при использовании небольших концентраций полиэлементного субстрата – золы. Были выявлены эффективные концентрации для каждой золы, что может быть использовано при фиторемедиации умеренно загрязненных почв.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis / С. Mico [et al.] // *J. Chemosphere*. – 2006. – Vol. 65. – P. 863–872.
2. Прасад, М. Н. Практическое использование растений для восстановления экосистем, загрязненных металлами / М. Н. Прасад // *Физиология растений*. – 2003. – Т. 50, № 5. – С. 764–780.
3. Morphological and functional responses of a sunflower metal-tolerant mutant line to a copper-contaminated soil series / A. Kolbas [et al.] // *Environmental Sci. and Pollution Res.* – 2018. – Vol. 5, is. 17. – P. 16686–16701.
4. Геохимическая оценка загрязнения тяжелыми металлами почв и огородных культур в урболандшафтах г. Бреста и разработка рекомендаций по снижению соответствующих рисков : отчет о НИР (промежуточный) / Полес. аграр.-экол. ин-т НАН Беларуси ; рук. Н. В. Михальчук. – Брест, 2017. – 15 с. – № X17Б-002.
5. Охрана окружающей среды и природопользование. Земли. Правила и порядок определения загрязнения земель (включая почвы) химическими веществами : ТКП 17.03-02-2013. – Введ. 29.11.2013. – Минск : М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 2013. – 12 с.
6. ISO 11269-2:2012. Soil quality – Determination of the effects of pollutants on soil flora – Part 2: Effects of contaminated soil on the emergence and early growth of higher plants. – 2012. – P. 19.
7. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова. – М. : Академия, 2006. – 256 с.
8. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay / R. Re [et al.] // *Free Radical Biology and Medicine*. – 1999. – Vol. 26, Nr 9/10. – P. 1231–1237.
9. Современные проблемы биохимии. Методы исследований : учеб. пособие / Е. В. Барковский [и др.] ; под ред. проф. А. А. Чиркина. – Минск : Выш. шк., 2013. – 491 с.
10. Phenotypic seedling responses of a metal-tolerant mutant line of sunflower growing on a Cu-contaminated soil series: potential uses for biomonitoring of Cu exposure and phytoremediation / A. Kolbas [et al.] // *Plant and Soil*. – 2014. – Vol. 376. – P. 377–397.
11. Calabrese, E. J. Hormesis and plant biology / E. J. Calabrese, R. B. Blain // *Environmental Pollution*. – 2009. – Vol. 157. – P. 42–48.
12. Functional characterisation of metal (loid) processes in planta through the integration of synchrotron techniques and plant molecular biology / E. Donner [et al.] // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. – 2012. – Vol. 402. – P. 3287–3298.

## REFERENCES

1. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis / C. Mico [et al.] // *J. Chemosphere*. – 2006. – Vol. 65. – P. 863–872.
2. Prasad, M. N. Praktichieskoje ispol'zovanije rastienij dlja vosstanovljenija ekosistem, zagriaznionnyh mietallami / M. N. Prasad // *Fiziologija rastienij*. – 2003. – T. 50, № 5. – S. 764–780.
3. Morphological and functional responses of a sunflower metal-tolerant mutant line to a copper-contaminated soil series / A. Kolbas [et al.] // *Environmental Sci. and Pollution Res.* – 2018. – Vol. 5, is. 17. – P. 16686–16701.
4. Geohimicheskaja ocenka zagriaznienija tiazholymi mietallami pochv i ogorodnyh kul'tur v urbolandshaftah g. Briesta i razrabotka riekomiendacij po snizheniju sootvetstvujushchih riskov : otchiot o NIR (promezhutochnyj) / Polies. agrar.-ekol. in-t NAN Bielarusi ; ruk. N. V. Mihal'chuk. – Brest, 2017. – 15 s. – № KH17B-002.
5. Ohrana okruzhajushchej sriedy i prirodopol'zovanije. Ziemli. Pravila i poriadok opriedielienija zagriaznienija ziemiel' (vkliuchaja pochvy) himichieskimi veshchestvami : TKP 17.03-02-2013. – Vvied. 29.11.2013. – Minsk : M-vo prirod. riesursov i ohrany okruzhajushchiej sriedy Riespubliki Bielarus', 2013. – 12 s.
6. ISO 11269-2:2012. Soil quality – Determination of the effects of pollutants on soil flora – Part 2: Effects of contaminated soil on the emergence and early growth of higher plants. – 2012. – P. 19.
7. Gavrilienکو, V. F. Bol'shoj praktikum po fotosintezu / V. F. Gavrilienکو, T. V. Zhigalova. – M. : Akadiemija, 2006. – 256 s.
8. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay / R. Re [et al.] // *Free Radical Biology and Medicine*. – 1999. – Vol. 26, Nr 9/10. – P. 1231–1237.
9. Sovriemiennyje probliemy biohimii. Mietody issliedovanij : uchieb. posobije / Ye. V. Barkovskij [i dr.] ; pod ried. prof. A. A. Chirkina. – Minsk : Vysh.shk., 2013. – 491 s.
10. Phenotypic seedling responses of a metal-tolerant mutant line of sunflower growing on a Cu-contaminated soil series: potential uses for biomonitoring of Cu exposure and phytoremediation / A. Kolbas [et al.] // *Plant and Soil*. – 2014. – Vol. 376. – P. 377–397.
11. Calabrese, E. J. Hormesis and plant biology / E. J. Calabrese, R. B. Blain // *Environmental Pollution*. – 2009. – Vol. 157. – P. 42–48.
12. Functional characterisation of metal (loid) processes in planta through the integration of synchrotron techniques and plant molecular biology / E. Donner [et al.] // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. – 2012. – Vol. 402. – P. 3287–3298.

*Рукапіс наступіў у рэдакцыю 21.01.2021*

УДК 633.111.1:581.143.6

**Светлана Михайловна Лениво***канд. биол. наук, доц., доц. каф. зоологии и генетики  
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина***Svetlana Lenivko***Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Zoology and Genetics  
at the Brest State A. S. Pushkin University**e-mail: zoology@brsu.brest.by***ПРОРАСТАНИЕ ЗАРОДЫШЕЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ  
В КУЛЬТУРЕ IN VITRO ПОД ВЛИЯНИЕМ БРАССИНОСТЕРОИДОВ\***

*Выявлено новое направление действия ряда brassinosterоидов, связанное с их способностью изменять в условиях in vitro частоту прорастания зародышей мягкой пшеницы (Triticum aestivum L.) двух сортов (Дарья и Мунк) и ди гаплоидной линии Dh 67-17 при культивировании на питательных средах, приготовленных по прописи T. Murashige и F. Skoog. Также установлена существенная зависимость данного процесса от генотипа.*

**Ключевые слова:** *эмбриокультура, Triticum aestivum L., brassinosterоиды.*

**The Germination of Embryos Soft Wheat in Culture in Vitro  
Under the Effect of Brassynosterоids**

*A new direction of action of a number of brassinosterоids was revealed, associated with their ability to change the frequency germination of embryo of soft wheat (Triticum aestivum L.) of two the cultivar (Daria and Munk) and dihaploid line Dh 67-17 when cultivated on nutrient media to T. Murashige and F. Skoog. Also, a significant dependence of this process on the genotype has been established.*

**Key words:** *embryoculture, Triticum aestivum L., brassinosterоids.*

**Введение**

Современные требования к развитию сельскохозяйственного производства невозможно реализовать без применения новых технологий. Во многих научно-исследовательских учреждениях мира ведется разработка и апробация методов культивирования растительных клеток и регенерации из них высокопродуктивных растений, устойчивых к абиотическим и биотическим стрессовым факторам, что позволяет получить значительный экономический эффект. Кроме того, разработка приемов повышения индукции процессов морфогенеза в культуре in vitro у важных сельскохозяйственных культур, в т. ч. числе и пшеницы (Triticum L.), расширяет возможность получения исходного материала для трансгенеза, поскольку злаки представляют труднейший объект с точки зрения экспериментальной биотехнологии. Проведенные исследования показали, что создание генетически модифицированных сортов является более удачным и коммерчески выгодным, если генетическая трансформация новых генов осуществляется непосредственно в адаптированные к местным условиям сорта пшеницы [1], однако элитные сорта редко обладают хорошей отзывчивостью в культуре клеток и тканей [2]. Одним из возможных направлений исследований повышения отзывчивости эксплантов пшеницы к условиям культивирования является оптимизация питательных сред путем включения в них brassinosterоидов (БС) – новых природных фитогормонов.

*\*Работа выполнена в рамках НИР «Оценка морфофизиологической и генетической активности brassinosterоидов и стероидных гликозидов для расширения спектра действия биорегуляторов растений стероидной природы» № ГР 20160577 от 01.04.2016 г. по заданию 3.15 ГПНИ «Химический синтез и продукты» (2016–2020 гг.).*

БС относят к классу растительных полигидроксистероидов и в зависимости от наличия алкильных групп при С–24 боковой цепи 5 $\alpha$ -холестанового углеродного скелета классифицируют как С–27-, С–28- и С–29-брасинолиды [3]. Освоение химического синтеза БС активизировало проведение исследований их биологических эффектов у различных видов растений. Различные способы биотестирования показали, что БС в низких концентрациях способны регулировать многие молекулярные и интегральные физиологические процессы, играющие существенную роль в развитии растений [4; 5]. Это указывает на расширение возможности их практического использования, в частности для повышения эффективности метода эмбриокультуры, основу которого составляют зародыши разного возраста, отличающиеся по способности реализации морфогенетической программы развития.

Цель исследования – оценка сортоспецифических реакций мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по прорастанию изолированных зародышей в культуре *in vitro* под влиянием БС в различных концентрациях.

### Материал и методы исследования

В качестве объектов исследования были отобраны два сорта – Дарья и Мунк и дигаплоидная линия Dh 67-16 мягкой пшеницы.

Сорт Дарья белорусской селекции получен методом индивидуально-семейственного отбора из гибридной популяции (81.5.1.2. Франция  $\times$  Белорусская 80), отнесен к группе ценных по качеству зерна сортов яровой пшеницы, занесен в Государственный реестр сортов Республики Беларусь с 2000 г. [6; 7], а с 2006 г. включен в Реестр селекционных достижений Российской Федерации и получил широкое распространение в Центральном регионе России.

Сорт Мунк немецкой селекции внесен в группу ценных по качеству зерна сортов, используется в качестве стандарта хозяйственно-биологических характеристик. Районирован в Республике Беларусь с 1998 г. Исключен из Государственного реестра Республики Беларусь с 2014 г., однако является генетическим источником важных хозяйственно-ценных признаков, в частности высокой продуктивности [8], источником гена Lr 1 устойчивости к бурой ржавчине [9] и может быть включен в селекционный процесс новых сортов мягкой пшеницы.

Дигаплоидная линия Dh 67-16 создана методом культивирования *in vitro* пыльников межсортного гибрида первого поколения мягкой пшеницы Безостая 1  $\times$  Мирановская 808. Дигаплоидная линия обладает важной чертой – гомозиготностью по всем генам с присущим ей свойством фенотипической однородности, что может обеспечить однозначность реакций растений на стрессовый фактор. Это позволяет рассматривать ее в качестве перспективного растительного тест-объекта в научных исследованиях [10].

Инокулированные на 14–16-е сутки после опыления зародыши, длина которых составляла около 1,5 мм, помещали в стерильных условиях ламинар-бокса LOGIC на питательные среды, приготовленные по прописи T. Murashige и F. Skoog (MS) [11] с добавлением брасиностероидов (эпибрасинолида – ЭБ, гомобрасинолида – ГБ, эпикастастерона – ЭК) в определенной концентрации (10–6, 10–7, 10–8 %) на фоне 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) в концентрации 2,0 мг/л. Контролем служила питательная среда MS без добавления брасиностероидов (MS + 2,4-Д). Культивирование проводили в термостате ТС-1/80 при + 26 °С в темноте. В каждом варианте опыта было заложено по 6 повторностей и эксплантировано от 60 до 90 зародышей пшеницы.

Статистическую обработку полученных результатов проводили согласно методам биологической статистики [12] с использованием программы Excel. Достоверность значимости различий между данными варианта опыта и контроля определяли по t-критерию

Стьюдента. Дисперсионный анализ применяли для комплексной оценки полученных средних значений по вариантам опыта, установления значимости и доли влияния факторов на их изменчивость.

### Результаты исследования и их обсуждение

Полученные данные (рисунки 1, 2) показали, что прорастание зародышей в контроле у сорта Мунк и сорта Дарья происходило уже на 7-е сутки эксперимента с разной интенсивностью (33,3 и 25,0 % соответственно).

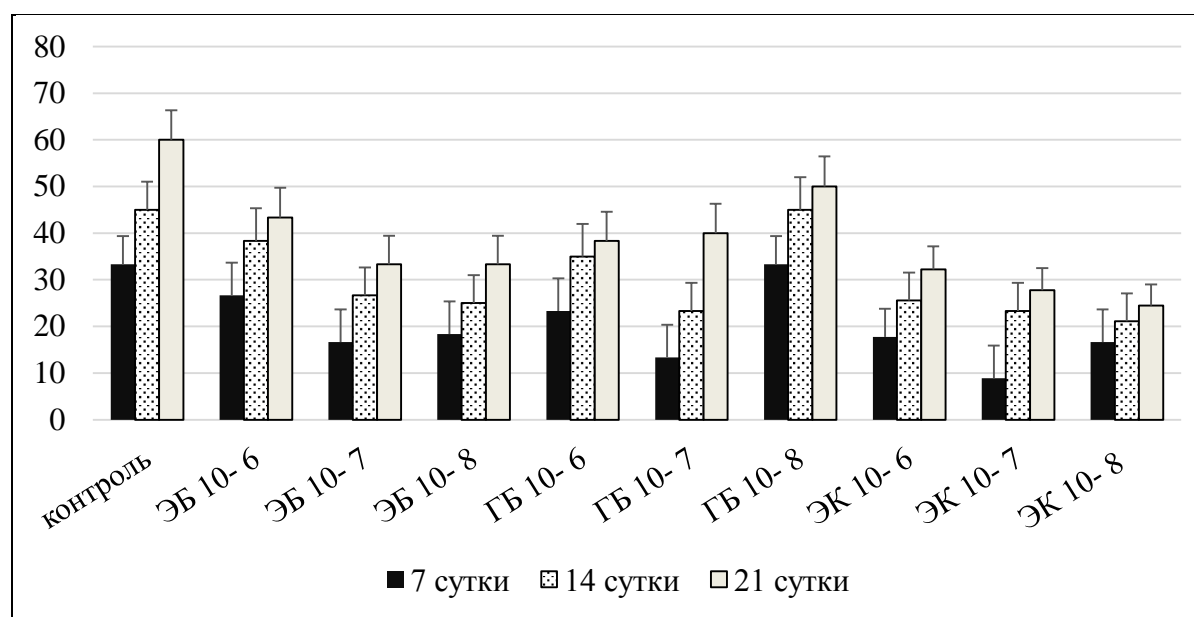


Рисунок 1. – Влияние БС на частоту прорастания зародышей мягкой пшеницы сорта Мунк, %

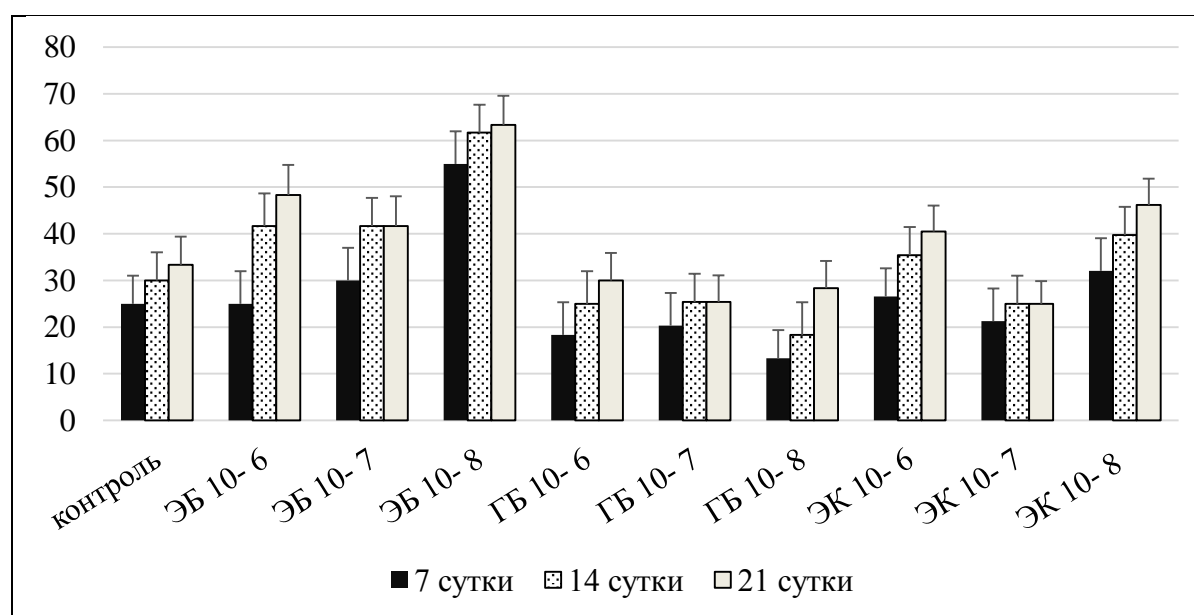


Рисунок 2. – Влияние БС на частоту прорастания зародышей мягкой пшеницы сорта Дарья, %

Генотипическая обусловленность данного показателя проявлялась и в последующие сутки эксперимента. Максимальное значение признака (60,0 %) получено у сорта Мунк на 21-е сутки эксперимента, т. е. более чем каждый второй зародыш проявлял способность к прорастанию, что снижает эффективность использования метода эбриокультуры. Добавление в питательную среду БС снижало прямое прорастание зародышей у сорта Мунк во всех вариантах опыта, за исключением добавления ГБ в концентрации 10–8 % на 7-е и 14-е сутки эксперимента, где полученные результаты оказались на уровне данных контроля (таблица 1).

Таблица 1. – Отклонение от контроля по частоте прорастания зародышей пшеницы сорта Мунк под влиянием БС в различные сутки эксперимента, %

Соединение (концентрация)	Время эксперимента		
	7-е сутки	14-е сутки	21-е сутки
ЭБ (10 <sup>-6</sup> %)	-6,6	-6,7	-16,7
ЭБ (10 <sup>-7</sup> %)	-16,6*	-18,3*	-26,7**
ЭБ (10 <sup>-8</sup> %)	-15,0	-20,0*	-26,7**
ГБ (10 <sup>-6</sup> %)	-10,0	-10,0	-21,7*
ГБ (10 <sup>-7</sup> %)	-20,0**	-21,7*	-20,0*
ГБ (10 <sup>-8</sup> %)	0	0	-10,0
ЭК (10 <sup>-6</sup> %)	-15,5*	-19,4*	-27,8**
ЭК (10 <sup>-7</sup> %)	-24,4**	-21,7**	-32,2**
ЭК (10 <sup>-8</sup> %)	-16,6*	-23,9**	-35,6**

Примечание – \* – достоверно при  $P \leq 0,05$ ; \*\* – достоверно при  $P \leq 0,01$ .

Статистически достоверное уменьшение частоты формирования проростков у зародышей сорта Мунк на фоне различного содержания БС показано на 7-е сутки – в пяти, на 14-е сутки – в шести, а на 21-е сутки – в семи вариантах эксперимента. На 7-е сутки эксперимента наибольший ингибирующий эффект проявили БС в концентрации 10–7 % в ряду ЭК > ГБ > ЭБ. В последующие сутки эксперимента влияние ЭБ и ЭК по сдерживанию частоты прорастания зародышей у сорта Мунк усиливалось с каждым последующим десятикратным разбавлением их концентраций. ГБ проявил противоположное действие: на 21-е сутки эксперимента желаемый эффект усиливался с повышением концентрации.

Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ показал достоверность различий по влиянию на частоту формирования проростков у зародышей мягкой пшеницы сорта Мунк варианта эксперимента (БС в определенной концентрации) с вероятностью  $P \leq 0,01$  (таблица 2). Достоверным оказалось и влияние продолжительности эксперимента. Оценка относительной роли испытанных БС в определенной концентрации и времени регистрации результатов в изменчивости параметра «частота побегообразования» в культуре зародышей пшеницы сорта Мунк показала их примерно равный вклад (49,43 и 45,57 % соответственно).

Таблица 2. – Двухфакторный дисперсионный анализ изменчивости частоты прорастания зародышей мягкой пшеницы сорта Мунк под влиянием БС в определенной концентрации в различные сутки эксперимента

Источник вариации	SS	df	MS	F	F <sub>05</sub>	Доля влияния фактора, %
БС в определенной концентрации	1332,67	8	166,58	19,79	2,59	49,43
Продолжительность эксперимента	1228,69	2	614,35	72,98	3,63	45,57
Случайные отклонения	134,68	16	8,42			5,0

Таким образом, статистически достоверно установлено усиление влияния БС в определенной концентрации на торможение прорастания зародышей пшеницы сорта Мунк с увеличением времени воздействия. Наибольшее влияние оказал ЭК в концентрациях  $10^{-8}$ ,  $10^{-7}$  и  $10^{-6}$  %, ЭБ в концентрациях  $10^{-8}$  и  $10^{-7}$  %.

Эффективным, хотя и статистически недостоверным, по подавлению преждевременного прорастания незрелых зародышей у сорта Дарья оказалось использование лишь ГБ во всех испытанных концентрациях (таблица 3). Добавление ЭК в концентрации  $10^{-7}$  % в питательную среду MS также супрессировало процесс прямого прорастания зародышей у сорта Дарья по сравнению с контролем на протяжении всего эксперимента.

Таблица 3. – Отклонение от контроля по частоте прорастания зародышей пшеницы сорта Дарья под влиянием БС в различные сутки эксперимента, %

Соединение (концентрация)	Время эксперимента		
	7-е сутки	14-е сутки	21-е сутки
ЭБ ( $10^{-6}$ %)	0	+11,7	+15,0
ЭБ ( $10^{-7}$ %)	+5,0	+11,7	+8,4
ЭБ ( $10^{-8}$ %)	+30,0**	+31,7**	+30,0**
ГБ ( $10^{-6}$ %)	-6,7	-5,0	-3,3
ГБ ( $10^{-7}$ %)	-4,7	-4,6	-7,9
ГБ ( $10^{-8}$ %)	-11,7	-11,7	-5,0
ЭК ( $10^{-6}$ %)	+1,6	+5,4	+7,2
ЭК ( $10^{-7}$ %)	-3,8	-5,0	-8,3
ЭК ( $10^{-8}$ %)	+7,1	-9,7	+12,9

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

В остальных вариантах эксперимента отмечено увеличение частоты прорастания зародышей сорта Дарья под влиянием БС по сравнению с контролем, причем ЭБ в концентрации  $10^{-8}$  % достоверно с вероятностью  $P \leq 0,01$  способствовал повышению побегообразования на 30,0 %.

Оценка относительной роли испытанных концентраций БС и продолжительности их влияния в изменчивости параметра «частота побегообразования» в культуре зародышей пшеницы сорта Дарья показала, что в большей степени данный показатель зависит от БС в определенной концентрации, доля влияния которого в варьировании составила 81,68 %. Доля влияния продолжительности эксперимента составила 14,58 % (таблица 4).

Таблица 4. – Двухфакторный дисперсионный анализ изменчивости частоты прорастания зародышей мягкой пшеницы сорта Дарья под влиянием БС в определенной концентрации в различные сутки эксперимента

Источник вариации	SS	df	MS	F	F <sub>05</sub>	Доля влияния фактора, %
БС в определенной концентрации	3698,97	8	462,37	43,70	2,59	81,68
Продолжительность эксперимента	660,10	2	330,05	31,20	3,63	14,58
Случайные отклонения	169,27	16	10,58			3,74

Таким образом, БС оказали разнонаправленное влияние на частоту прорастания зародышей мягкой пшеницы сорта Дарья, которое не зависело от продолжительности эксперимента. Незначительное торможение формирования проростков у зародышей вызывал ГБ во всех испытанных концентрациях и ЭК в концентрации  $10^{-7}$  %.



Интенсивность прорастания зародышей дигаплоидной линии пшеницы Dh 67-17 в контроле на 7-е сутки эксперимента составила 12,0 %, что в 2 и 2,5 раза меньше частоты прорастания зарегистрированной у сортов Дарья и Мунк соответственно. Максимальное значение показателя у линии Dh 67-17 составило 21,0 % на 21-е сутки, т. е. только каждый пятый зародыш проявлял способность к прорастанию (рисунок 3).

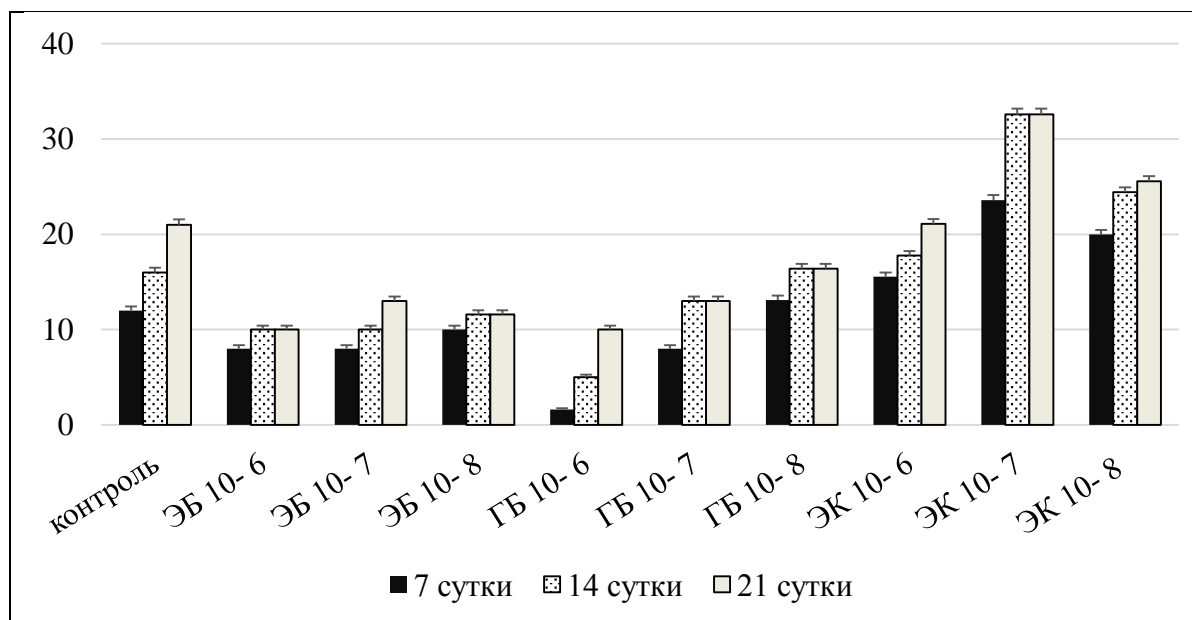


Рисунок 3. – Влияние БС на частоту прорастания зародышей дигаплоидной линии пшеницы Dh 67-17, %

При добавлении в питательную среду MS ЭБ во всех испытанных концентрациях и ГБ в концентрациях 10<sup>-6</sup> и 10<sup>-7</sup> % наблюдалось достоверное снижение прямого прорастания зародышей у дигаплоидной линии пшеницы Dh 67-17 (таблица 5).

Таблица 5. – Отклонение от контроля по частоте прорастания зародышей дигаплоидной линии пшеницы Dh 67-17 под влиянием БС в различные сутки эксперимента, %

Соединение (концентрация)	Время эксперимента		
	7-е сутки	14-е сутки	21-е сутки
ЭБ (10 <sup>-6</sup> %)	-4,0**	-6,0**	-11,1**
ЭБ (10 <sup>-7</sup> %)	-4,0**	-6,0**	-8,0**
ЭБ (10 <sup>-8</sup> %)	-2,0**	-4,4**	-9,4**
ГБ (10 <sup>-6</sup> %)	-10,4**	-11,0**	-11,0**
ГБ (10 <sup>-7</sup> %)	-4,0**	-3,0**	-8,0**
ГБ (10 <sup>-8</sup> %)	+1,1	+0,4	-4,61**
ЭК (10 <sup>-6</sup> %)	+3,6**	+1,8*	+0,1
ЭК (10 <sup>-7</sup> %)	+11,6**	+16,6**	+11,6**
ЭК (10 <sup>-8</sup> %)	+8,0**	+8,4**	+4,6**

Примечание – \* – достоверно при  $P \leq 0,05$ ; \*\* – достоверно при  $P \leq 0,01$ .

ГБ в концентрации 10<sup>-8</sup> % проявил статистически значимое ингибирование формирования проростков только на 21-е сутки эксперимента. Наибольший эффект по торможению прорастания зародышей, на 11,1 % по сравнению с контролем, отмечен в варианте эксперимента с ЭБ в концентрации 10<sup>-6</sup> % на 21-е сутки эксперимента. ГБ в концентрации 10<sup>-6</sup> % на протяжении всего эксперимента также проявлял выраженный высо-

кий ингибирующий эффект. Снижение образования проростков составило 10,4 % на 7-е сутки и 11,0 % на 14-е и 21-е сутки. ЭК во всех концентрациях проявлял способность к усилению процесса прорастания зародышей дигамплоидной линии пшеницы Dh 67-17, причем наиболее выраженный эффект наблюдался под влиянием концентрации  $10^{-7}$  %.

Двухфакторный дисперсионный анализ установил, что влияние БС в определенной концентрации в изменчивости параметра «частота прорастания зародышей» у дигамплоидной линии пшеницы Dh 67-17 больше и составляет 89,51 %. Доля влияния продолжительности эксперимента составила 7,85 % (таблица 6).

Таблица 6. – Двухфакторный дисперсионный анализ изменчивости частоты прорастания зародышей дигамплоидной линии пшеницы Dh 67-17 под влиянием БС в определенной концентрации в различные сутки эксперимента

Источник вариации	SS	df	MS	F	F <sub>05</sub>	Доля влияния фактора, %
БС в определенной концентрации	1392,55	8	174,07	67,69	2,59	89,51
Продолжительность эксперимента	122,07	2	61,04	23,73	3,63	7,85
Случайные отклонения	41,15	16	2,57			2,64

Таким образом, полученные нами данные показали, что БС проявили различное влияние на частоту прорастания зародышей дигамплоидной линии пшеницы Dh 67-17, которое, как и у мягкой пшеницы сорта Дарья, не зависело от продолжительности эксперимента. Однако в отношении линии Dh 67-17 установлена возможность использования испытанных концентраций ЭБ и ГБ для статистически достоверного снижения процесса нежелательного преждевременного прорастания зародышей на питательной среде MS. Экспериментальные данные указывают на возможность использования БС в качестве фактора, регулирующего частоту прорастания зародышей у мягкой пшеницы.

Проведенные эксперименты по оценке влияния различных концентраций БС на прорастание зародышей дигамплоидной линии Dh 67-17 и двух сортов яровой мягкой пшеницы также показали высокую зависимость ответных реакций от генотипа. Для статистического выяснения зависимости изменчивости частоты прорастания зародышей мягкой пшеницы в различные сутки эксперимента в системе «БС в определенной концентрации – генотип» был проведен двухфакторный дисперсионный анализ (таблицы 7–9).

Проведенный дисперсионный анализ показал достоверное влияние генотипа с вероятностью  $P \leq 0,01$  в варьировании частоты прорастания зародышей пшеницы на протяжении всего эксперимента. Доля влияния генотипа в изменчивости формирования проростков возрастала с увеличением времени проведения эксперимента. Так, на 7-е сутки эксперимента доля влияния генотипа составляла 33,71 %, на 14-е сутки – 41,35 %, на 21-е – 52,06 %. Увеличение доли влияния генотипа происходило за счет снижения доли влияния как БС в определенной концентрации, так и случайных отклонений. Высокий процент случайных отклонений в общей изменчивости параметра «частота прорастания зародышей» указывает на наличие других факторов.

Таблица 7. – Двухфакторный дисперсионный анализ влияния БС в определенной концентрации и генотипа на изменчивость частоты прорастания зародышей пшеницы на 7-е сутки эксперимента

Источник вариации	SS	df	MS	F	F <sub>05</sub>	Доля влияния фактора, %
БС в определенной концентрации	426,15	8	53,27	0,55	2,59	14,39
Генотип	997,99	2	499,0	5,20	3,63	33,71
Случайные отклонения	1536,51	16	96,03			51,90

Таблица 8. – Двухфакторный дисперсионный анализ влияния БС в определенной концентрации и генотипа на изменчивость частоты прорастания зародышей пшеницы на 14-е сутки эксперимента

Источник вариации	SS	df	MS	F	F <sub>05</sub>	Доля влияния фактора, %
БС в определенной концентрации	341,28	8	42,66	0,32	2,59	8,01
Генотип	1762,38	2	881,19	6,53	3,63	41,35
Случайные отклонения	2158,01	16	134,88			50,64

Таблица 9. – Двухфакторный дисперсионный анализ влияния БС в определенной концентрации и генотипа на изменчивость частоты прорастания зародышей пшеницы на 21-е сутки эксперимента

Источник вариации	SS	df	MS	F	F <sub>05</sub>	Доля влияния фактора, %
БС в определенной концентрации	272,05	8	34,01	0,27	2,59	5,65
Генотип	2505,53	2	1252,77	9,85	3,63	52,06
Случайные отклонения	2035,29	16	127,21			42,29

### Заключение

Проведенное обобщение полученных результатов по оценке генотипических реакций мягкой пшеницы на примере двух сортов и одной дигамплоидной линии по прорастанию зародышей в культуре *in vitro* под влиянием БС в определенной концентрации позволило установить статистически достоверное влияние генотипа. При этом показано, что использование гомозиготного дигамплоидного материала позволяет получить статистически достоверные результаты в большинстве вариантов эксперимента в отличие от использования генетически гетерогенного сортового материала. Установить направление ответной реакции генотипа по прорастанию зародышей в вариантах эксперимента при введении в питательный субстрат определенной концентрации БС по отклонению от данных контроля можно по результатам краткосрочного эксперимента (на 7-е и 14-е сутки). В отношении пшеницы сорта Мунк установлена возможность использования ЭК в концентрациях  $10^{-8}$ ,  $10^{-7}$  и  $10^{-6}$  %, ЭБ в концентрациях  $10^{-8}$  и  $10^{-7}$  %, в отношении дигамплоидной линии Dh 67-17 – испытанных концентраций ЭБ и ГБ для статистически достоверного снижения процесса нежелательного преждевременного прорастания зародышей на питательной среде MS. Обнаруженное нами новое явление способности БС снижать процесс прямого прорастания зародышей в условиях *in vitro* у пшеницы согласуется с ранее полученными результатами по ингибированию экзогенным ЭБ роста гипокотыля у *Arabidopsis thaliana* L. в темноте [13].

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jones, H. D. Wheat transformation: current technology and applications to grain development and composition / H. D. Jones // J. of Cereal Science. – 2005. – Vol. 41. – P. 137–147.
2. Bhalla, P. L. Wheat transformation – an update of recent progress / P. L. Bhalla, H. N. Ottonhof, M. B. Singh // Euphytica. – 2006. – Vol. 149, Nr 3. – P. 353–366.
3. Bajguz, A. The chemical characteristic and distribution of brassinosteroids in plants / A. Bajguz, A. Tretyn // Phytochemistry. – 2003. – Vol. 62. – P. 1027–1046.
4. Хрипач, В. А. Брассиностероиды / В. А. Хрипач, Ф. А. Лахвич, В. Н. Жабинский. – Минск : Наука и техника, 1993. – 287 с.
5. Shamsul, H. Brassinosteroids: A class of plant hormone / H. Shamsul, A. Aqil. – Springer, 2011. – 476 p.

6. Государственный реестр сортов и декоративно-кустарниковых пород [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sorttest.by/gosudarstvennyy-reyestr-sortov-2017-1>.
7. Описание сортов растений. Зерновые. Пшеница мягкая яровая [Электронный ресурс] / Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2011. – Режим доступа: <http://sorttest.by/f/pshenica-myagkaya-yarovaya.pdf>.
8. Гриб, С. И. Научная кооперация по селекции яровой пшеницы для условий Беларуси и Нечерноземья России / С. И. Гриб // *Вест. Нац. акад. наук Беларуси*. – 2013. – № 3. – С. 35–39.
9. Долматович, Т. В. Молекулярная идентификация генов устойчивости к бурой ржавчине в сортах яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) / Т. В. Долматович, А. А. Булойчик // *Докл. Нац. акад. наук Беларуси*. – 2015. – Т. 59, № 3. – С. 66–70.
10. Ленивко, С. М. Применение дигамплоидных линий как растительных тест-систем в научных исследованиях / С. М. Ленивко // *От классических методов генетики и селекции к ДНК-технологиям (к 95-летию со дня рождения академика Н. В. Турбина)* : материалы 3-й Междунар. науч. конф. – Минск : Право и экономика, 2007. – С. 51.
11. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // *Physiol. Plantarum*. – 1962. – Vol. 15. – P. 473–497.
12. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – 3-е изд., испр. – Минск : Выш. шк., 1973. – 320 с.
13. CYP72B1 inactivates brassinosteroid hormones: an intersection between photomorphogenesis and plant steroid signal transduction / E. M. Turk [et al.] // *Plant Physiol*. – 2003. – Vol. 133. – P. 1643–1653.

## REFERENCES

1. Jones, H. D. Wheat transformation: current technology and applications to grain development and composition / H. D. Jones // *J. of Cereal Science*. – 2005. – Vol. 41. – P. 137–147.
2. Bhalla, P. L. Wheat transformation – an update of recent progress / P. L. Bhalla, H. H. Ottonhof, M. B. Singh // *Euphytica*. – 2006. – Vol. 149, Nr 3. – P. 353–366.
3. Bajguz, A. The chemical characteristic and distribution of brassinosteroids in plants / A. Bajguz, A. Tretyn // *Phytochemistry*. – 2003. – Vol. 62. – P. 1027–1046.
4. Khripach, V. A. Brassinostieroidy / V. A. Khripach, F. A. Lakhvich, V. N. Zhabinskij. – Minsk : Nauka i tekhnika, 1993. – 287 s.
5. Shamsul, H. Brassinosteroids: A class of plant hormone / H. Shamsul, A. Aqil. – Springer, 2011. – 476 p.
6. Gosudarstviennyj rejestr sortov i diekorativno-kustarnikovykh porod [Eliكتروнный ресурс]. – Rezhim dostupa: <http://sorttest.by/gosudarstvennyy-reyestr-sortov-2017-1>.
7. Opisanije sortov rastienij. Ziernovyje. Pshenica miagkaja jarovaja [Eliكتروнный ресурс] / Gos. inspiekcija po ispytaniju i okhrane sortov rastienij. – Minsk, 2011. – Rezhim dostupa: <http://sorttest.by/f/pshenica-myagkaya-yarovaya.pdf>.
8. Grib, S. I. Nauchnaja kooperacija po sielekcii jarovoj pshenicy dlia uslovij Bielarusi i Niechiernoziem'ja Rossii / S. I. Grib // *Vest. Nac. akad. navuk Bielarusi*. – 2013. – № 3. – S. 35–39.
9. Dolmatovich, T. V. Moliekuliarnaja identifikacija gienov ustojchivosti k buroj rzhavchinie v sortakh jarovoj miagkoj pshenicy (*Triticum aestivum* L.) / T. V. Dolmatovich, A. A. Bulojchik // *Dokl. Nac. akad. nauk Bielarusi*. – 2015. – Т. 59, № 3. – S. 66–70.
10. Lienivko, S. M. Primienienije digaploidnykh linij kak rastitel'nykh test-sistiem v nauchnykh issliedovaniyakh / S. M. Lienivko // *От классических методов генетики и селекции к ДНК-технологиям (к 95-летию со дня рождения академика Н. В. Турбина)* : материалы 3-й Миеждунар. науч. конф. – Минск : Право и экономика, 2007. – S. 51.

- 
11. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // *Physiol. Plantarum.* – 1962. – Vol. 15. – P. 473–497.
  12. Rokickij, P. F. *Biologichieskaja statistika* / P. F. Rokickij. – 3-ye izd., ispr. – Minsk : Vysh. shk., 1973. – 320 s.
  13. CYP72B1 inactivates brassinosteroid hormones: an intersection between photomorphogenesis and plant steroid signal transduction / E. M. Turk [et al.] // *Plant Physiol.* – 2003. – Vol. 133. – P. 1643–1653.

*Рукапіс наступіў у рэдакцыю 15.01.2021*

УДК 504.05

**Николай Васильевич Михальчук<sup>1</sup>, Андрей Николаевич Ажгиревич<sup>2</sup>,  
Елена Александровна Брыль<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>канд. биол. наук, доц., директор Полесского аграрно-экологического института  
Национальной академии наук Беларуси

<sup>2</sup>канд. биол. наук, зав. лабораторией Полесского аграрно-экологического института  
Национальной академии наук Беларуси

<sup>3</sup>науч. сотрудник Полесского аграрно-экологического института  
Национальной академии наук Беларуси

**Nikolai Mikhalechuk<sup>1</sup>, Andrej Ashgirevich<sup>2</sup>, Alena Bryl<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,  
Director of the Agrarian and Ecological Institute  
of the National Academy of Sciences of Belarus

<sup>2</sup>Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory  
of the Agrarian and Ecological Institute  
of the National Academy of Sciences of Belarus

<sup>3</sup>Researcher of the Agrarian and Ecological Institute  
of the National Academy of Sciences of Belarus

[e-mail: info@paei.by](mailto:info@paei.by)

## **НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ ЗОНЫ ХРАНЕНИЯ ЗОЛЫ СВИНЦОВОЙ (ОКРЕСТНОСТИ ПОС. ЗЕЛЕНЬ БОР ИВАЦЕВИЧСКОГО РАЙОНА)\***

Установлено, что уровни накопления тяжелых металлов в тканях растений определяются удаленностью от источника эмиссий и фактором видоспецифичности. Усредненное содержание свинца в сухой массе растений на удалении 10 м достигает 27,41 мг/кг, снижаясь более чем в 4 раза в 35-метровой полосе. Среди исследованных растений максимальное концентрирование свинца отмечено в фитомассе кислицы обыкновенной и костяники. Ранжированный ряд накопления элементов в зоне наиболее сильного загрязнения имеет следующий вид (мг/кг): Fe 280,49 > Mn 213,62 > Zn 30,34 > Pb 27,41 > Cu 5,89 > Cr 0,86 > Cd 0,64 > Ni 0,46. Кардинальное изменение соотношений Fe/Mn и Pb/Mn в растительности зоны загрязнения свидетельствует о серьезном нарушении сбалансированности микроэлементного обеспечения процессов метаболизма в растениях.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, свинецсодержащие отходы, дикорастущие растения.

### **Accumulation of Heavy Metals in Plants of the Lead Ash Storage Area (Environment of Zeleny Bor, Ivatsevichy District)**

The article contains information indicating that the levels of heavy metals accumulation in plant tissues are determined by the distance from the emission source and the species-specificity factor. The average lead content in the dry mass of plants at a distance of 10 m reaches 27.41 mg/kg, decreasing by more than 4 times in the 35 m. Among the studied plants, the maximum concentration of lead was noted in *Oxalis acetosella* and *Rubus saxatilis*. The ranked series of accumulation elements in the zone with the most contamination has the following form (mg/kg): Fe 280,49 > Mn 213,62 > Zn 30,34 > Pb 27,41 > Cu 5,89 > Cr 0,86 > Cd 0,64 > Ni 0,46. The ratio of Fe/Mn and Pb/Mn of the polluted zone indicates a serious violation of the metabolic processes in plants.

**Key words:** heavy metals, lead-containing waste, wild plants.

### **Введение**

Изучение поступления и накопления тяжелых металлов (ТМ) в растениях имеет важное практическое значение. Прежде всего растения являются промежуточным звеном,

\*Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ Х19Б-004 «Особенности распределения и миграции тяжелых металлов в почвах и растительных объектах экосистем в ареале площадки складирования свинецсодержащих отходов (пос. Зеленый Бор Ивацевичского района) с разработкой рекомендации по минимизации экологических рисков».

через которое металлы попадают из воздуха, почвы и воды в организмы человека и животных, в связи с чем необходима разработка методов защиты пищевых цепей от негативного влияния ТМ [1]. Кроме того, очень актуальной проблемой является выяснение возможностей использования растений в качестве объектов для целей биоиндикации и фиторемедиации загрязненной ТМ среды.

Несмотря на то что ТМ относятся к группе приоритетных антропогенных загрязнителей, их биологическое значение различно. Zn, Cu, Mn, Co, Ni являются микроэлементами-биофилами, поскольку входят в состав активных центров многих ферментов, ответственных, в частности, за процесс формирования генеративных органов, в то время как Pb и Cd не являются жизненно необходимыми для растений. Однако следует иметь в виду, что такое деление достаточно условно, т. к. токсичность элемента в избыточных количествах не противоречит его биологической необходимости; практически любой химический элемент имеет довольно узкий диапазон оптимальных для жизнедеятельности концентраций. Такая ситуация возможна даже при чрезвычайно малых концентрациях металла [2]. При этом существенную опасность представляет отсутствие каких-либо визуальных признаков поражения растений при опасных для человека и животных содержаниях химических поллютантов.

Среди наиболее опасных поллютантов с точки зрения воздействия на человека и окружающую среду являются свинецсодержащие отходы, которые в Беларуси составляют около половины всех отходов цветных металлов – 13–15 тыс. т. Отходы свинца относятся к весьма токсичным веществам; свинец способен вызывать в организме человека мутагенные, канцерогенные, тератогенные и иные неблагоприятные эффекты. Основным источником таких отходов являются отработавшие свинцово-кислотные аккумуляторные батареи. В среднем автомобильный аккумулятор содержит 20–25 % электролита, 60–65 % свинца в виде оксидно-сульфатной пасты и металлических частей (решетки, клеммы, перемычки), 12–15 % органических материалов (корпус, крышка, сепараторы) [3]. Помимо аккумуляторного лома важным источником свинца являются отходы, образующиеся в процессе его производства: аспирационные пыли, шламы и шлаки. При производстве свинца из вторсырья эти отходы составляют до 40–50 % от объема получаемых марочных сплавов. Некоторые из перечисленных отходов (пыль ротационных печей и рафинировочных котлов, черные съемы (изгарь) и желтые съемы) по содержанию свинца (60–72 %) подлежат возврату в производство для более глубокой переработки. Другие отходы, например, шлак ротационных печей, содержащие не более 3–5 % свинца, после соответствующей подготовки и обезвреживания могут быть направлены для захоронения на промышленных полигонах [4].

Одним из предприятий Брестской области, где образуются большие объемы свинецсодержащих отходов, является ООО «Белинвестторг-Сплав» (г. Белоозерск). Завод начал функционировать в 2013 г.; он осуществляет рециклинг отработанных аккумуляторных батарей и производство марочного свинца и сплавов (порядка 10 тыс. т в год).

Предположительно в 2015 г. (факт нарушения природоохранного законодательства был выявлен в 2016 г.) было осуществлено несанкционированное складирование и хранение отходов производства ООО «Белинвестторг-Сплав» вблизи пос. Зеленый Бор Ивацевичского района (около 600 метров от окраины поселка в северо-восточном направлении). Объем складированных отходов ориентировочно оценивался в 8–10 тыс. т. За время хранения отходов (около трех лет) произошло существенное загрязнение ТМ как почвогрунтов, так и растительности лесопокрытой территории, прилегающей к площадке хранения отходов.

Цель работы – оценка накопления Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Ni, Co, Cr древесной и травянистой растительностью лесных биогеоценозов импактной зоны хранения золы свинцовой в окрестностях пос. Зеленый Бор Ивацевичского района.

#### **Объекты и методы проведения исследований**

Для оценки накопления ТМ растениями в зоне хранения свинецсодержащих отходов (пос. Зеленый Бор) были отобраны листья древесных пород на расстоянии около 50 м от источника загрязнения, а также образцы травянистой растительности на расстоянии от 10 м до 145 м. Кроме того, для проведения сравнительных оценок была отобрана листва древесных растений, произрастающих в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) ООО «Белинвестторг-Сплав» (г. Белоозерск).

Растительные образцы анализировали на содержание ТМ методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе SOLAAR MkII M6 Double Beam AAS с пламенным атомизатором в условиях аккредитованных лабораторий Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси.

Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2013 и Statistica 10.0.

Согласно В. Б. Ильину [5], по градиенту содержания в растениях элементы можно расположить в следующем порядке: Mn > Fe > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd, из которого видно, что в растениях наиболее интенсивно накапливается Mn, Fe, Zn, что согласуется с физиологическим значением этих элементов.

Подобный ряд характерен и для растительности Березинского биосферного заповедника. Так, в среднем в фитомассе хвойных и лиственных деревьев региона заповедника концентрации элементов образуют следующий ряд по убыванию (мг/кг): Mn 162 > Fe 112 > Zn 51 > Cu 3,3 > Cr 2,8 > Ni 2,0 > Pb 0,6 > Cd 0,3 > Co 0,2 [6].

Ранее проведенными исследованиями нами установлены уровни накопления ТМ в листьях древесных и травянистых растений, произрастающих на фоновых территориях. Ранжированный биогеохимический ряд для древесных и кустарниковых форм имеет следующий вид: Mn 333,04 > Zn 93,94 > Fe 66,16 > Cu 4,52 > Ni 0,88 > Cd 0,21 > Pb 0,09.

Аналогичный ряд, установленный для травянистых дикорастущих растений: Mn 161,87 > Fe 102,65 > Zn 48,01 > Cu 6,60 > Cr 1,07 > Ni 0,54 > Cd 0,20 > Pb 0,16. Соответствующие данные использовались для расчета коэффициента концентрации (Кк), который представляет собой отношение содержания ТМ в листьях растительности зоны загрязнения к соответствующему показателю, полученному на фоновых территориях.

#### **Результаты и их обсуждение**

Для выяснения специфики загрязнения территории и разработки научно обоснованных реабилитационных мероприятий чрезвычайно важно иметь точное представление о вещественном составе загрязнителя и, в частности о содержании в нем ТМ. Соответствующая информация приведена в таблице 1.

Таблица 1. – Содержание ТМ в составе свинецсодержащих отходов ООО «Белинвестторг-Сплав»

Образец	Содержание элемента, мг/кг воздушно-сухого вещества								
	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Mn	Fe	Co	Cr
№ 1	78900,5	237,2	2007,2	2833,4	324,2	1072,6	149712,9	12,7	59,2
№ 2	57612,4	638,2	1471,2	1805,4	119,6	2225,3	189431,3	21,9	49,1
№ 3	27905,7	174,8	988,1	882,5	59,4	1340,7	163814,1	9,1	46,9

*Примечание – № 1 – шлак ротационной печи (октябрь 2019 г.); № 2 – зола свинцовая (февраль 2020 г.); № 3 – зола свинцовая лежачая с пробных площадок «Зеленый Бор» (2018 г.).*



Результаты аналитических исследований показывают, что в вещественном составе всех трех образцов отходов абсолютно доминируют соединения железа, содержание которого составляет 15–19 %. Количество свинца изменяется от 2,8 до 7,8 %, что хорошо коррелирует с данными, приведенными С. Л. Ровиным [4]. В структуре исследуемых отходов ООО «Белинвестторг-Сплав» лишь один отличается высоким содержанием свинца – шлак ротационной печи, образующийся при проведении восстановительной плавки аккумуляторной пасты. Этот отход, трансформированный в золу свинцовую, и составил подавляющую по массе и объему часть свинецсодержащих отходов, складировавшихся на промплощадке.

Для определения особенностей пространственного распределения загрязняющих веществ и их влияния на растительность принципиально важным является исследование вещественного состава переносимой пыли. В момент активной фазы механизированной погрузки золы свинцовой насыпью в большегрузный автомобильный транспорт, сопровождавшейся интенсивным пылением в условиях сухой и жаркой погоды, 07.07.2018 г. в радиусе около 50 м от пункта погрузки были отобраны образцы листьев различных древесных пород. Проведенный анализ показал, что в вещественном составе пыли также абсолютно преобладали соединения железа (таблица 2).

Таблица 2. – Содержание ТМ в листьях деревьев, произрастающих в импактной зоне «Зеленый Бор» и в СЗЗ ООО «Белинвестторг-Сплав» (Белоозерск)

Образец	Место отбора	Содержание элемента, мг/кг воздушно-сухого вещества								
		Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Mn	Fe	Co	Cr
Береза бородавчатая <i>Betula verrucosa</i>	1	704,0*	5,0	26,3	352,7	1,3	341,8	2578,7	0,22	0,9
		7040,0	25,0	5,8	3,8	1,4	1,0	39,6		
	2	11,8	0,5	35,4	182,6	0,9	156,2	68,7	н.п.о.	0,4
		118,0	2,5	7,9	1,9	1,0	0,5	1,1		
Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i>	1	692,6	3,1	23,6	42,3	1,0	70,4	2533,9	0,12	0,6
		6926,0	15,5	5,2	0,5	1,1	0,2	38,9		
	2	17,5	0,2	33,2	25,8	1,4	55,3	48,7	н.п.о.	0,2
		175,0	1,0	7,4	0,3	1,6	0,2	0,8		
Граб обыкновенный <i>Carpinus betulus</i>	1	966,8	6,2	40,4	48,6	2,0	424,0	4298,2	0,25	1,2
		9668,0	31,0	9,0	0,5	2,2	1,3	65,9		
Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i>	1	484,0	2,6	22,1	36,2	1,8	372,4	2056,1	0,11	1,2
		4840,0	13,0	4,9	0,4	2,0	1,1	31,5		
Фон для деревьев, мг/кг		0,1	0,2	4,5	93,9	0,9	333,0	65,2	–	–
Среднее для растительности мира, мг/кг (Добровольский В. В., 1998)		1,25	0,04	8,0	30,0					

Примечание – \* – в числителе – мг/кг, в знаменателе – Кк., н.п.о. – ниже предела обнаружения, 1 – «Зеленый Бор», 2 – «Белинвестторг-Сплав».

Так, содержание железа в образцах дуба черешчатого, сосны обыкновенной и березы бородавчатой в импактной зоне «Зеленый Бор» составляло от 2056,1 мг/кг до 2578,7 мг/кг, а в образцах листьев граба обыкновенного достигало 4298,2 мг/кг, что в последнем случае обусловлено морфологическими особенностями листа – прежде всего его шероховатостью и ребристостью поверхности. При этом Кк у первых трех видов не превышал значения 40,0, а у граба достигал 65,9. Вместе с тем в образцах листьев сосны и березы из СЗЗ ООО «Белинвестторг-Сплав» содержание железа оказалось сопоставимым с фоновыми значениями – 48,7 и 68,7 мг/кг соответственно (Кк –

0,8 и 1,1). В то же время в данной локации листья отмеченных пород были существенно загрязнены свинцом – 11,8 и 17,5 мг/кг сухого вещества (Кк – 118,0 и 175,0); это явное свидетельство аэрогенного поступления аспирационной пыли ротационной печи и рафинировочных котлов вследствие изъятий в существующих системах очистки.

В районе площадки хранения отходов также очень высоким оказалось накопление в листьях свинца: от 484,0 мг/кг у дуба, до 966,8 мг/кг – у граба; Кк при этом составил соответственно 4840,0 и 9668,0.

Обращает на себя внимание весьма высокое содержание кадмия – одного из наиболее токсичных металлов – в листьях деревьев в районе площадки хранения отходов. Его накопление в листьях березы достигало 5,0 мг/кг, а в листьях граба – 6,2 мг/кг при Кк соответственно 25,0 и 31,0. Содержание данного элемента в листьях дуба составило 2,6 мг/кг, сосны – 3,1 мг/кг, что соответствует значениям Кк 13,0 и 15,5. В то же время уровень накопления кадмия листьями березы и сосны в районе СЗЗ ООО «Белинвестторг-Сплав» составил соответственно 0,5 мг/кг (Кк 2,5) и 0,2 мг/кг (Кк 1,0).

Анализ данных по содержанию меди в растительных образцах показал, что накопление элемента листьями березы, сосны и дуба в районе площадки хранения отходов было сходным и в среднем составило 24 мг/кг с Кк 5,3. Содержание меди в сухой массе листьев граба того же места отбора составило 40,4 мг/кг (Кк 9,0) и было максимальным среди исследуемых образцов. Следует отметить, что растительные образцы района СЗЗ ООО «Белинвестторг-Сплав» были практически идентичны по анализируемому показателю, который составил в среднем 34,3 мг/кг (Кк 7,6).

Содержание остальных элементов в сухом веществе растительных образцов было сопоставимо со значениями, свойственными для фоновых территорий.

Результаты определения содержания ТМ в тканях различных видов растений, произрастающих в импактной зоне «Зеленый Бор», приведены в таблице 3.

Таблица 3. – Содержание тяжелых металлов в сухой массе растений северо-восточного сектора импактной зоны «Зеленый Бор», мг/кг

Расстояние от торца площадки, м	Вид	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Mn	Fe	Co	Cr
10	Сныть обыкновенная	18,12	0,25	7,78	39,33	0,56	308,38	193,95	0	0,99
	Кислица обыкновенная	53,6	0,65	6,55	31,4	0,46	279,06	432,48	0	0,87
	Костяника	40,39	1,05	5,34	46,17	0,64	233,23	328,42	0	0,8
	Земляника лесная	14,43	0,93	5,28	20,32	0,45	187,23	282,58	0	0,77
	Хвощ лесной	10,52	0,34	4,51	14,46	0,19	60,22	165,04	0	0,87
	<b>Среднее значение</b>	<b>27,41</b>	<b>0,64</b>	<b>5,89</b>	<b>30,34</b>	<b>0,46</b>	<b>213,62</b>	<b>280,49</b>	<b>0</b>	<b>0,86</b>
20	Сныть обыкновенная	9,13	0,19	7,06	35,15	0,43	223,91	146,38	0	0,92
	Кислица обыкновенная	68,64	0,8	8,05	37,73	0,5	331,35	501,13	0	0,85
	Орляк обыкновенный	3,79	0,27	4,41	18,5	0,12	69,96	93,49	0	0,43
	Хвощ лесной	4,07	0,27	4,42	16,67	0,13	82,01	89,12	0,00	1,19
	<b>Среднее значение</b>	<b>21,41</b>	<b>0,38</b>	<b>5,99</b>	<b>27,01</b>	<b>0,30</b>	<b>176,81</b>	<b>207,53</b>	<b>0,00</b>	<b>0,85</b>

Окончание таблицы 3

35	Крапива двудомная	7,76	0,1	8,7	30,17	0,2	184,1	137,06	0	1,45
	Хвощ лесной	7,03	0,32	3,94	24,56	0,21	107,99	107,02	0	0,95
	Сныть обыкновенная	9,47	0,3	6,03	44,52	0,34	213,91	129,29	0	0,97
	Орляк обыкновенный	1,16	0,22	4,85	17,61	0,41	112,83	71,70	0,00	0,64
	<b>Среднее значение</b>	<b>6,35</b>	<b>0,23</b>	<b>5,88</b>	<b>29,21</b>	<b>0,29</b>	<b>154,71</b>	<b>111,27</b>	<b>0,00</b>	<b>1,00</b>
50	Малина	3,43	0,29	6,12	35,56	0,41	191,44	91,48	0	0,57
	Сныть обыкновенная	6,1	0,3	5,11	47,24	0,35	275,21	101,58	0	1,15
50	Крапива двудомная	3,29	0,06	5,83	29,79	0	152,06	106,46	0	1,73
	Хвощ лесной	1,73	0,22	3,46	20,43	0,00	104,81	57,08	0,10	1,11
	<b>Среднее значение</b>	<b>3,64</b>	<b>0,22</b>	<b>5,13</b>	<b>33,25</b>	<b>0,19</b>	<b>180,88</b>	<b>89,15</b>	<b>0,02</b>	<b>1,14</b>
≈115	Костяника	10,99	0,36	4,87	46,69	0,37	265,84	181,85	0	0,85
	Кислица обыкновенная	10,31	0,23	5,74	38,89	0,3	378,71	189,36	0,29	0,86
	Малина	5,53	0,47	6,53	47,86	0,46	463,64	120,25	0	0,79
	Крапива двудомная	2,68	0,05	7,27	32,92	0	225,4	101,69	0	1,86
	Черника обыкновенная	2,06	0,29	4,34	18,01	0,28	362,03	63,31	0	0,41
	<b>Среднее значение</b>	<b>6,31</b>	<b>0,25</b>	<b>5,01</b>	<b>32,6</b>	<b>0,27</b>	<b>294,08</b>	<b>113,9</b>	<b>0,07</b>	<b>0,86</b>
≈145	Кислица обыкновенная	6,86	0,14	3,98	27,57	0,29	314,69	128,92	0,24	0,81
	Земляника лесная	1,89	0,33	4,1	22,34	0	270,89	127,26	0	0,89
	Малина	3,4	0,37	5,52	39,22	0,51	304,06	107,94	0	0,78
	Крапива двудомная	1,24	0,02	6,65	30,91	0	192,13	90,47	0	1,79
	<b>Среднее значение</b>	<b>3,35</b>	<b>0,22</b>	<b>5,06</b>	<b>30,01</b>	<b>0,2</b>	<b>270,44</b>	<b>113,65</b>	<b>0,06</b>	<b>1,07</b>
Дикорастущие травянистые растения	<b>Среднее значение</b>	<b>0,16</b>	<b>0,20</b>	<b>6,6</b>	<b>48,01</b>	<b>0,54</b>	<b>161,87</b>	<b>102,65</b>	<b>0</b>	<b>1,07</b>

Установлено, что содержание элементов в растениях в первую очередь определяется расстоянием от площадки складирования отходов. Так, максимальные уровни накопления наиболее токсичных элементов – свинца и кадмия, а также железа – отмечаются в тканях растений, произрастающих в непосредственной близости от промплощадки: усредненное содержание свинца достигает 27,41 мг/кг (в 171,3 раза выше фоновых значений), кадмия – 0,64 (3,2 фоновой величины); по железу фон превышен в 2,7 раза (280,49 мг/кг против 102,62 мг/кг).

Ранжированный ряд элементов в 10-метровой полосе от промплощадки выглядит следующим образом: Fe 280,49 > Mn 213,62 > Zn 30,34 > Pb 27,41 > Cu 5,89 > Cr 0,86 > Cd 0,64 > Ni 0,46.

С удвоением расстояния (до 20 м) содержание кадмия уменьшается примерно вдвое и составляет 0,38 мг/кг (1,9 фоновой величины). Содержание свинца при этом снижается незначительно и составляет в среднем 21,41 мг/кг (133,8 фоновой величины). При этом расположение элементов по убыванию соответствует вышеприведенному ряду зоны максимального загрязнения.

На расстоянии 35 м от торца промплощадки и далее наблюдается 3,4–6,4-кратное снижение содержания свинца (с 21,41 мг/кг до 6,35 и 3,35 мг/кг), однако оно по-прежнему многократно превышает фоновые значения. Несмотря на то, что 4 элемента (марганец, железо, цинк и медь) в ранжированном ряду начинают занимать взаимное расположение, свойственное фоновым территориям, свинец остается на пятом месте (на фоновых территориях элемент замыкает ряд), что свидетельствует о существенном свинцовом загрязнении растений на пробных площадках максимальной удаленности от источника эмиссий (до 145 м).

Сравнение полученных данных по содержанию ТМ в сухой массе травянистых растений северо-восточного сектора зоны загрязнения показало, что кислица обыкновенная и костяника накапливают свинец больше других анализируемых растений. Так, содержание свинца на расстоянии 10 м от площадки хранения отходов составило в кислице 53,6 мг/кг, в костянике – 40,39 мг/кг, что в среднем в 3 раза выше, чем у остальных исследуемых растений, а в сравнении с фоном – в 294 раза. На расстоянии 20 м от края площадки хранения отходов содержание свинца в кислице в 12 раз превышало усредненный показатель для 3-х других изучаемых травянистых растений и в 429 раз – фоновый уровень. При удалении от источника загрязнения на расстояние до 115 м содержание свинца и в кислице, и в костянике оставалось высоким и составляло соответственно 10,31 и 10,99 мг/кг, что практически в 2 раза выше, чем в малине (5,53 мг/кг), в 4–5 раз выше, чем в крапиве двудомной и чернике обыкновенной, и более чем в 60 раз превышало фоновое значение. На максимальном удалении от источника загрязнения (около 145 м) все еще отмечался достаточно высокий уровень содержания свинца в кислице, в среднем в 3 раза превышавший концентрации элемента у остальных растений, и в 43 раза – фоновый показатель.

Отмечено, что уровни накопления кадмия и железа были сходными у всех анализируемых растений одной локации и в целом находились в прямой зависимости от удаленности от источника загрязнения. Уровни содержания остальных исследуемых элементов в фитомассе на большинстве пробных площадок принципиально не отличались от показателей, свойственных фоновым территориям.

По мнению П. В. Елпатьевского [7], величины соотношений Fe/Mn и Pb/Mn могут свидетельствовать о состоянии растительности. При этом соотношение Fe/Mn представляет собой информативный показатель процессов фотосинтеза, а соотношение Pb/Mn характеризует пропорцию техногенных и биофильных элементов.

В растительной массе с фоновых территорий соотношение Fe/Mn в среднем составляет 0,63, а Pb/Mn – 0,001. В техногенной среде, сформировавшейся в исследуемом ареале загрязнения, соотношение Fe/Mn существенно возрастает и в зависимости от удаленности от промплощадки имеет разброс от 1,31 (10 м) до 0,42 (максимальное удаление). Наибольший показатель характерен для кислицы – 1,55 при сильном загрязнении и до 0,41–0,50 на удалении более 100 м. Значение соотношения Pb/Mn в растительности превышает фоновое от 10 до 120 раз. Существенное изменение показателей Fe/Mn и Pb/Mn в растительности зоны загрязнения свидетельствует о нарушении сбалансированности в микроэлементном обеспечении процессов метаболизма в растениях.

### Заклучение

Таким образом, уровни накопления ТМ в тканях растений определяются удаленностью от источника эмиссий, содержанием элементов в соответствующих почвах и фактором видоспецифичности.

Так, усредненное содержание свинца в сухой массе растений на удалении 10 м достигает 27,41 мг/кг, снижаясь более чем в 4 раза (до 6,35 мг/кг) в 35-метровой полосе. Среди исследованных растений максимальное концентрирование свинца отмечено в фитомассе кислицы обыкновенной – от 68,64 мг/кг до 6,86 мг/кг и костяники – от 40,39 мг/кг до 10,99 мг/кг по градиенту загрязненности.

Ранжированный ряд накопления элементов в зоне наиболее сильного загрязнения имеет следующий вид (мг/кг): Fe 280,49 > Mn 213,62 > Zn 30,34 > Pb 27,41 > Cu 5,89 > Cr 0,86 > Cd 0,64 > Ni 0,46; т. е. техногенные потоки наиболее токсичных элементов в локации существенно превышают их естественные уровни. Кардинальное изменение соотношений Fe/Mn и Pb/Mn в растительности зоны загрязнения свидетельствует о серьезном нарушении сбалансированности микроэлементного обеспечения процессов метаболизма в растениях.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Накопление и распределение тяжелых металлов в растениях зоны техногенеза / Т. М. Минкина [и др.] // *Агрохимия*. – 2013. – № 9. – С. 65–75.
2. Ильин, В. Б. К оценке потока тяжелых металлов в системе «почва – сельскохозяйственная культура» / В. Б. Ильин // *Агрохимия*. – 2006. – № 3. – С. 52–59.
3. *Металлургическая переработка вторичного свинцового сырья* / А. В. Тарасов [и др.]. – М. : Гинцветмет, 2003. – 224 с.
4. Ровин, С. Л. Исследование отходов, образующихся при производстве свинца / С. Л. Ровин, С. В. Григорьев // *Литье и металлургия*. – 2018. – № 2 (91). – С. 43–49.
5. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе «почва – растение» / В. Б. Ильин. – Новосибирск : Наука, 1991. – 151 с.
6. Натаров, В. М. Комплексный геохимический фоновый мониторинг в Березинском биосферном заповеднике / В. М. Натаров, О. В. Лукашев, В. В. Савченко. – Минск : Беларус. дом печати, 2013. – 214 с.
7. Елпатьевский, П. В. Геохимия ландшафта и техногенез / П. В. Елпатьевский, В. С. Аршанова. – М. : Наука, 1990. – 196 с.

### REFERENCES

1. Nakoplieniye i raspriedielieniye tiazhelykh mietallov v rastienijakh zony tiekhnogieneza / T. M. Minkina [i dr.] // *Agrokhimija*. – 2013. – № 9. – S. 65–75.
2. Il'in, V. B. K ocenkie potoka tiazhelykh mietallov v sistiemie «pochva – sel'sko-khoziajstviennaja kul'tura» / V. B. Il'in // *Agrokhimija*. – 2006. – № 3. S. 52–59.
3. Mietallurgichieskaja pierierabotka vtorichnogo svincovogo syr'ja / A. V. Tarasov [i dr.]. – M. : Gincvetmet, 2003. – 224 s.
4. Rovin, S. L. Issliedovaniye otkhodov, obrazujushchikhsia pri proizvodstvie svinca / S. L. Rovin, S. V. Grigor'jev // *Lit'jo i mietallurgija*. – 2018. – № 2 (91). – S. 43–49.
5. Il'in, V. B. Tiazhelyje mietally v sistiemie «pochva – rastienije» / V. B. Il'in. M. : Nauka, 1991. – 151 s.

6. Natarov, V. M. Kompleksnyj geochimicheskiy fonovyj monitoring v Bieriezinskom biosfiernom zapovednikie / V. M. Natarov, O. V. Lukashev, V. V. Savchenko. – Minsk : Bieloruss. Dom Piechati, 2013. – 214 s.

7. Yelpatievskij P. V. Geochimija landshafta i tiekhnogenez / P. V. Yelpatievskij, V. S. Arshanov. – M. : Nauka, 1990. – 196 s.

*Рукапіс наступіў у рэдакцыю 18.02.2021*

УДК 638.124(476)

**Олег Васильевич Прищепчик<sup>1</sup>, Николай Георгиевич Козулько<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>канд. биол. наук, доц., зав. лабораторией наземных беспозвоночных животных  
Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам

<sup>2</sup>мл. науч. сотрудник лаборатории наземных беспозвоночных животных  
Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам

**Oleg Prischepchik<sup>1</sup>, Mikalai Kazulka<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Terrestrial Invertebrates  
of the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Bioresources

<sup>2</sup>Junior Researcher of the Laboratory of Terrestrial Invertebrates  
of the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Bioresources

e-mail: [prischepchik@mail.ru](mailto:prischepchik@mail.ru)

### **МЕТИСАЦИЯ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ НА ЮГО-ЗАПАДЕ БЕЛАРУСИ (НА ПРИМЕРЕ ЧАСТНОЙ ПАСЕКИ)**

Представлены результаты определения пороодоопределяющего морфометрического признака (кубитального индекса) у медоносных пчел с частной пасеки, которая находится в зоне интенсивного земледелия. За 50 лет существования пасеки восполнение пчелиных семей происходило только роями, отловленными из природы. Исследовано пять семей из Жабинковского района Брестской области. Установлено, что все они являются гибридными семьями южных подвидов медоносных пчел.

**Ключевые слова:** медоносная пчела, кубитальный индекс, метисация, Беларусь.

#### **Metisation of Bee Families in Southwest Belarus (on the Example of a Private Apiary)**

Results on morphometric character (cubital index values) in honey bees from a private apiary located in the zone of intensive farming are presented in the article. For 50 years of the existence of the apiary, the superseding of bee colonies took place only with captured swarms from nature. Five families from apiary located in the Zhabinka district of the Brest region were investigated. It was found that all of them are hybrid families of the southern subspecies of honey bees.

**Key words:** honey bee, cubital, crossbreeding, Belarus.

#### **Введение**

Подвид медоносной пчелы *Apis mellifera mellifera* L. (далее *A. m. mellifera*), исторически сформировавшийся и приспособленный к жизни в холодном континентальном климате с продолжительными периодами отрицательной температуры, необходим жителям Северной Европы для экономически выгодного пчеловодства. Это единственный подвид медоносной пчелы, который способен к существованию в подобных климатических условиях без помощи человека [1] благодаря своим качествам – высокой адаптированности к холодной продолжительной зиме и болезням, биологически связанными с бурным летним взятком. Естественный ареал данного подвида в Европе доходит примерно до 60° северной широты (вплоть до северной границы произрастания лещины) и на восток – до Урала [1]. Севернее, где ледостав на реках превышает 180 дней в году, пчелы не выживают (рисунок 1).

В разных местах обитания пчела *A. m. mellifera* имеет свое название: в европейских странах ее часто называют темной лесной, или европейской пчелой; в России – среднерусской пчелой; в республике Башкортостан – башкирской. В пределах своего ареала *A. m. mellifera* характеризуется широким полиморфизмом признаков и сложной генетической структурой популяций [1–4]. Так, на территории Беларуси исследовалось две популяции среднерусских пчел: березинская и полеская, адаптированные к местным климатическим и медосборным условиям [5]. В различных публикациях широко используются термины относительно медоносных пчел (*раса, порода и подвид*), что зачастую приводит к путанице. В нашем случае они рассматриваются как синонимы.



**Рисунок 1. – Карта-схема распространения подвидов медоносных пчел на территории бывшего Советского Союза (по Алпатову, 1948 г., с дополнениями)**

В результате длительного естественного отбора на разных территориях сформировались местные, или географические расы пчел. В процессе эволюции были обособлены и наследственно закреплены характерные для каждой расы не только морфологические (в основном экстерьерные) признаки особей, но и биологические особенности пчелиных семей: плодовитость, темп развития, продуктивность, зимостойкость, отношение к определенным видам медоносных растений и др. [5]. Эволюция подвидов шла так далеко, что их скрещивание между собой ведет к нарушению функционирования исторически сформировавшихся комплексов генов, ответственных за устойчивость пчелы к окружающей среде, регуляцию внутрисемейных связей, сбор нектара, зимовку [6]. Семьи часто погибают от падевого меда и болезней, не способны правильно сформировать клуб для зимовки. Еще в 1878 г. было выявлено, что гибриды первого поколения существенно превосходят по продуктивности семьи родительских подвидов. Однако позднее было установлено существование постгетерозисной депрессии у гибридов начиная со второго-третьего поколений [7].

Содержание пчел – традиционное занятие жителей Беларуси с древних времен. Мед и воск играли большую роль в экономике народа и являлись важнейшими продуктами внешней и внутренней торговли. До появления сахара мед служил единственным сладким продуктом для человека. Пчелиные семьи отлавливались и содержались в различных искусственных гнездовьях. Выход меда от одной семьи составлял в среднем 5–6 кг [8]. Только современная система пчеловодства позволяет получить значительно больше продукции.

За последнее столетие под воздействием антропогенного фактора повсеместно осуществлялась интродукция и последующая гибридизация *A. m. mellifera* с расами медоносной пчелы, распространенными в более южных широтах (рисунок 2). В странах Европы – в основном с подвидами *A. m. carnica* и *A. m. ligustica*, в странах бывшего СССР – с подвидами *A. m. carnica*, *A. m. ligustica* и *A. m. caucasica*. В конце 1940-х гг. в СССР навязывалась идея преобразования генофонда медоносной пчелы в пределах всего ареала для выведения «лучшей» породы [6]. К сожалению, в настоящее время не удалось сохранить популяции *A. m. mellifera* в границах естественного ареала – в большинстве мест разводят пчелу гибридного происхождения.





Рисунок 2. – Первоначальные границы распространения южных подвидов медоносной пчелы в Европе (по Руттнеру, 2006 г.)

По заявкам МСХ БССР в республику в 1967 г. было завезено из Австрии 300, а в 1968 г. – 900 плодных маток породы карника (*Apis mellifera carnica* Pollm). В 1968 г. из Ужгородского пчелопитомника было поставлено около 300 плодных маток указанной породы, которые были направлены на пасеки всех областей. Это стало прологом для повсеместной инвазии южных подвидов медоносных пчел на территорию Беларуси. Отделом пчеловодства БелНИИКПО (на основании исследований 1965–1970 гг.) было рекомендовано повсеместно использовать породу карника (карпатская и крайнская популяции) [5], а местных лесных пчел содержать в хозяйствах с преобладанием верескового типа взятка. По разрешению облисполкома допускалось разведение даже серых горных кавказских (*Apis mellifera caucasica* Gorb.) и итальянских пчел (*Apis mellifera ligustica* Spin.) [1; 5; 9]. Выполнение подобных рекомендаций привело к повсеместному использованию пчел различных подвидов и, как следствие, последующей деградации генофонда темной европейской пчелы [6] на частных пасеках и последующему вырождению (метисации) пчел в естественных биотопах. Хотя мировой опыт показал, что в одной и той же области (регионе) нельзя содержать рядом пчел двух пород, вся область должна переходить на разведение одной пчелы [3].

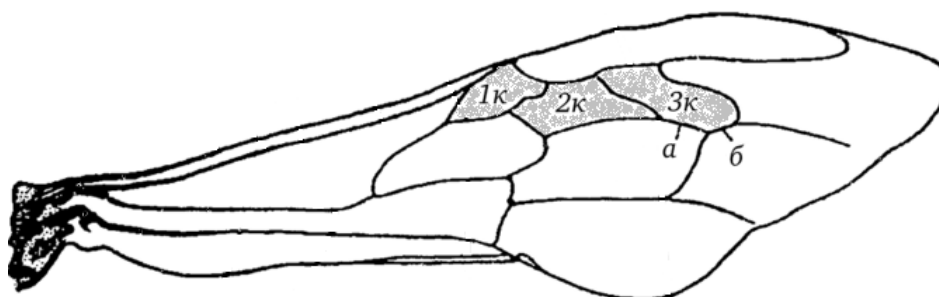
Цель работы – установить породную принадлежность семей на частной пасеке по основному экстерьерному признаку пчел (кубитальный индекс).

### Материал и методы исследования

Классическим методом идентификации подвидов у медоносных пчел является морфометрический метод, и прежде всего исследование жилкования крыла. Первые морфометрические критерии для идентификации европейских подвидов пчел были разработаны в 1930-е гг. В. В. Алпатовым [10].

Широко используется определение размеров жилок третьей кубитальной ячейки правого переднего крыла и вычисление по ним кубитального индекса, который считается основным морфологическим признаком. Часто приводят значения данного индекса в соответствии с немецкой школой [11–13], ставшей к настоящему времени международной. Этот признак практически не подвергается сезонным изменениям и слабо коррелирует с другими экстерьерными признаками [14].

Кубитальный индекс – условная величина, которая является результатом деления длины проксимального (близкого к телу) отрезка основной жилки третьей кубитальной ячейки переднего крыла на длину дистальной жилки (отдаленной от тела) (рисунок 3). Советские ученые использовали обратное отношение, выраженное в процентах [10; 15]. В измерениях точками отсчета являются центры окружностей, вписанных в силуэт слияния жилок [4; 16]. Полученные результаты морфометрического исследования сравнивают со стандартами значений, принятых для рабочих особей различных пород пчел [5].



*а – проксимальный отрезок жилки; б – дистальный отрезок жилки;  
1к, 2к, 3к – номера кубитальных ячеек крыла*

**Рисунок 3. – Переднее крыло медоносной пчелы с указанием промеров жилок третьей кубитальной ячейки**

Материалом для настоящего исследования послужили рабочие пчелы (подмор) с частной пасеки, отобранные в 2019 г. из пяти имеющихся пчелиных семей (по 50 экзemplаров из каждой семьи). Сбор и обработка материала проведены согласно принятым методикам [3; 10; 16].

Данная пасека была сформирована в 1970-х гг. в окрестностях деревни Прусско (52° 15' 10.4" N 24° 09' 41.9" E) и расположена в 10 км северо-восточнее г. Жабинка Брестской области. Изначально использовались ульи Варшавского типа (улей Левицкого) с вертикальной рамкой, со временем произошла полная замена на Дадановский улей. На пасеке постоянно содержится 10–12 семей, пополнение которых осуществляется за счет привлечения роев. Вывод маток или их покупка никогда не практиковались.

В окрестностях пасеки большая часть территории распахана под сельскохозяйственные культуры, поэтому основной взятки приходится на весенний период (во время обильного цветения ивы, плодовых садов и рапса). В начале июля, после цветения липы, медосбор практически прекращается, осуществляется лишь поддерживающий взятки.

Измерение морфологических признаков производилось с помощью бинокулярного микроскопа «Leica MZ 12.5» и окуляр-микрометра. Статистическая обработка данных и построение графиков проводилась в приложениях Microsoft Office Excel 2003 и STATISTICA 8.0 for Windows. Для выявления различий в величинах кубитального индекса использовались *t*-критерий Стьюдента и однофакторный дисперсионный анализ. Также анализировались гистограммы частот значений кубитального индекса, распределенных по логарифмической шкале (классовые промежутки) [3].

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Статистические показатели кубитального индекса пчел с пасеки представлены в таблице 1. Пчелы характеризуются выраженной внутри- и межсемейной изменчивостью индекса ( $P < 0,001$  в однофакторном дисперсионном анализе), средние значения ко-

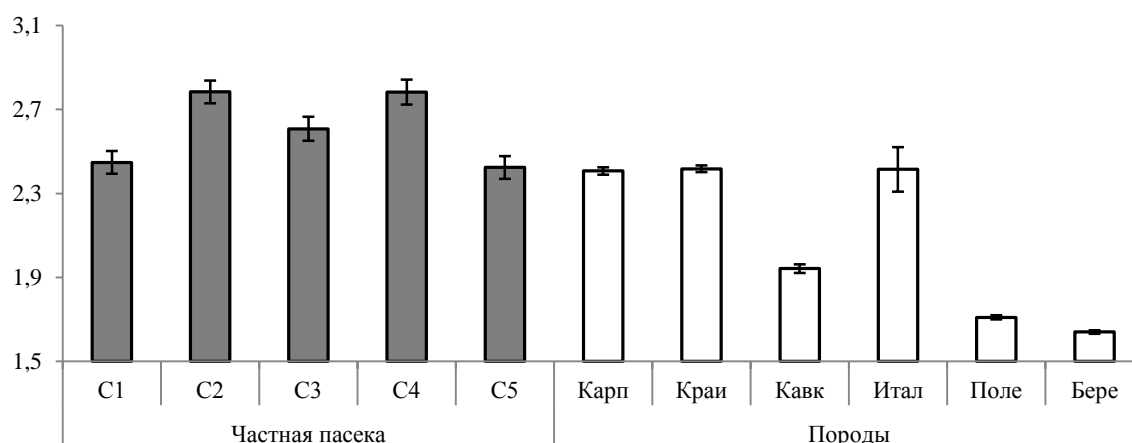
того располагались в диапазоне от 2,42 до 2,78. Средние значения кубитального индекса пчел исследованных семей являются довольно высокими, сопоставимы с таковыми для южных подвидов и существенно ( $P < 0,05$ ,  $t$ -критерий Стьюдента) превышают значения индекса в березинской и полесской популяциях среднерусской породы (рисунок 4).

Таблица 1. – Статистические параметры кубитального индекса рабочих пчел с частной пасеки ( $n = 50$  экз.)

	Семья				
	1	2	3	4	5
Куб. индекс, $\bar{X}$	2,45	2,78	2,61	2,78	2,42
SD	0,38	0,38	0,40	0,42	0,38
CV	0,15	0,14	0,15	0,15	0,16
Min	1,71	1,95	1,75	2,03	1,45
Max	3,50	3,58	3,45	4,40	3,50

Примечание – SD – стандартное отклонение, CV – коэффициент вариации.

Значения кубитального индекса всех семей близки к значению итальянской породы. Кубитальные индексы у трех семей (семьи 1, 3 и 5) также статистически не различаются с карпатской и краинской расами (таблица 2, рисунок 4), что может свидетельствовать об отсутствии явной породной принадлежности пчел в этих семьях.



Примечание – C1–C5 – пчелиные семьи с частной пасеки; расы пчел: карп. – карпатская, краи. – краинская, кавк. – кавказкая, итал. – итальянская, поле. – полесская линия среднерусской, бере. – березинская линия среднерусской породы.

**Рисунок 4. – Значения кубитального индекса (среднее ± SE) пчел с частной пасеки и различных пород [5]**

Анализ гистограмм значений кубитального индекса показывает, что на пасеке отсутствуют семьи темной лесной расы и даже их помеси (подтверждая данные, полученные при анализе средних величин индекса). Значения индекса для данного подвида должны находиться в пределах классовых интервалов от 10 до 16 [3]. Такие значения имели только единичные особи из различных семей (рисунок 5). Практически все значения кубитального индекса находятся в пределах более высоких классовых интервалов (от 15 до 22), что характерно для южных подвидов. Для сравнения на рисунке 5 приводится «эталонная» гистограмма для подвида карника (*A. m. carnica*) из Австрии по Руттнеру [3, с. 147, рис. 51, а]. Из рисунка видно, что ни одна из семей не согласует-

ся со значениями кривой *A. m. carnica*. Наибольшее количество пчел с пасеки либо приходится на другой класс значений КИ, либо на гистограмме отмечается 2 пика, что свидетельствует о гибридизации нескольких подвидов [3].

Таблица 2. – Значения *t*-критерия Стьюдента при сравнении средних значений кубитального индекса пчел с частной пасеки с пчелами различных пород [5]

Семья	Карпатские	Краинские	Кавказские	Итальянские	Полесские	Березинские
1	0,242	0,188	2,651 <sup>b)</sup>	0,043	5,306 <sup>c)</sup>	5,957 <sup>c)</sup>
2	2,221 <sup>a)</sup>	2,227 <sup>a)</sup>	4,412 <sup>c)</sup>	0,486	7,721 <sup>c)</sup>	8,434 <sup>c)</sup>
3	1,152	1,125	3,414 <sup>c)</sup>	0,254	6,199 <sup>c)</sup>	6,839 <sup>c)</sup>
4	2,115 <sup>a)</sup>	2,115 <sup>a)</sup>	4,247 <sup>c)</sup>	0,483	7,213 <sup>c)</sup>	7,855 <sup>c)</sup>
5	0,100	0,042	2,525 <sup>a)</sup>	0,012	5,133 <sup>c)</sup>	5,789 <sup>c)</sup>

Примечание – разница между средними значениями достоверна при а)  $P < 0,05$ ; б)  $P < 0,01$ ; в)  $P < 0,001$ .

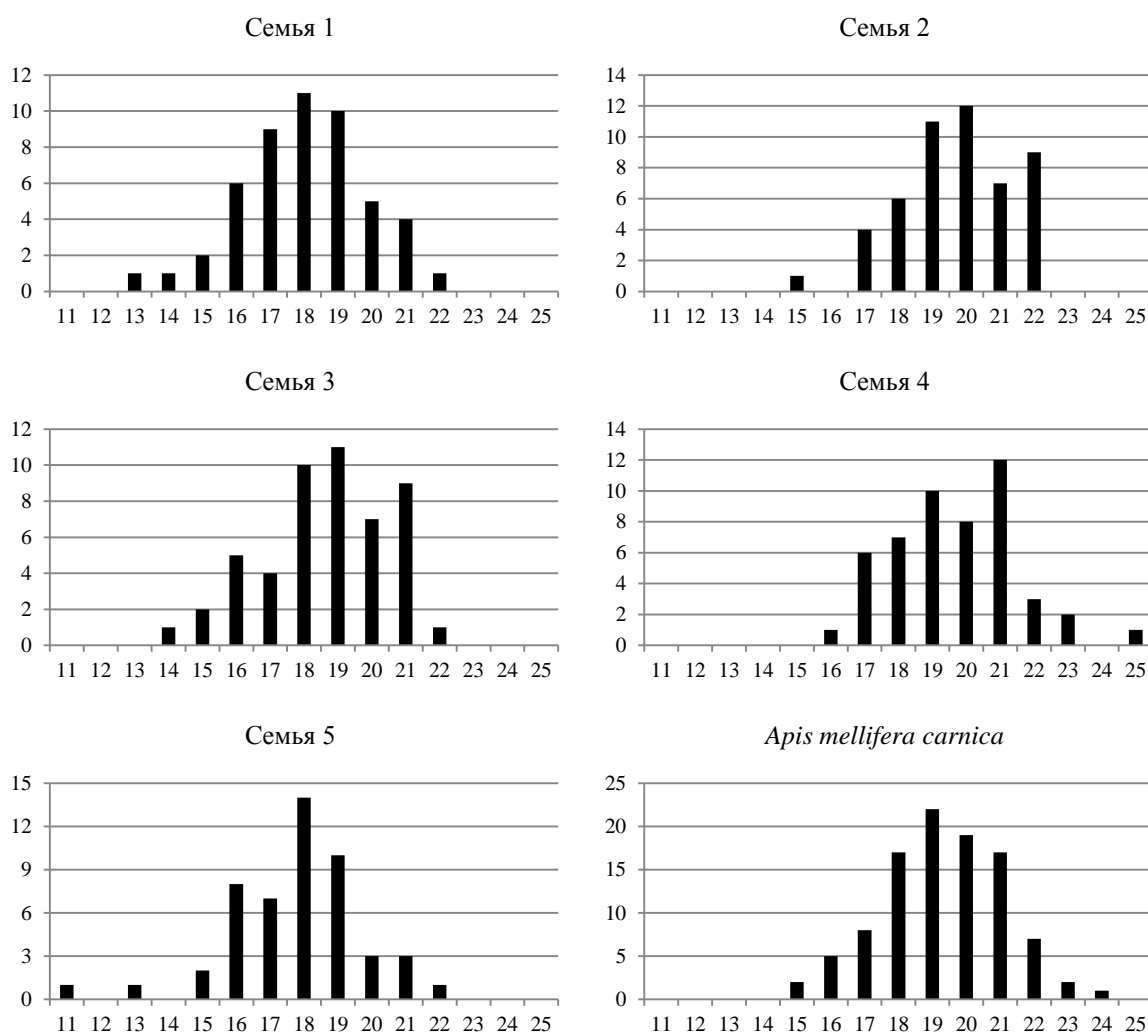


Рисунок 5. – Вариационные кривые значений кубитального индекса пчел с частной пасеки (50 экз.) и подвида *A. m. carnica* (100 экз.)

На основе полученных данных можно утверждать, что все исследуемые семьи являются метисированными семьями южных подвидов. Ни одна из исследуемых семей не относится к темной лесной породе.

### Заключение

Исследование основного экстерьерного признака крыла (кубитального индекса) рабочих пчел с частной пасеки Жабинковского района показало, что культивируемые на ней семьи не имеют явной породной принадлежности. Все семьи являются гибридными и сформированы на основе различных южных рас. Отлов роев в природе для восполнения семей на пасеке постепенно привел к полному замещению подвида темной лесной пчелы, содержащейся с 1970 г., на помесные формы южных подвидов. Данный факт может указывать на полное замещение аборигенной пчелы в зоне интенсивного земледелия различными гибридами южных подвидов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Популяция медоносной пчелы Среднего и Южного Урала / Р. А. Ильясов [и др.] // Энтомологические исследования в Северной Азии (Секция «Общая энтомология»). – Новосибирск, 2010. – С. 91–93.
2. Авдеев, Н. В. Выявление уровня «генетического загрязнения» по характеристикам жилкования крыла / Н. В. Авдеев, Н. Е. Макарова, А. В. Петухов // Пчеловодство. – 2009. – № 7. – С. 21–24.
3. Руттнер, Ф. Техника разведения и селекционный отбор пчел : практ. рук. : пер. с нем. / Ф. Руттнер. – 7-е изд., перераб. – М. : АСТ Астрель, 2006. – 166 с.
4. Симанков, М. К. К исследованию медоносных пчел в Пермском крае / М. К. Симанков, А. В. Петухов // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. – 2014. – Т. 16, № 5 (1). – С. 592–593.
5. Шеметков, М. Ф. Советы пчеловоду / М. Ф. Шеметков, Н. И. Смирнова. – Минск : Ураджай, 1975. – 320 с.
6. Николаенко, А. Г. Генетические процессы в популяциях *Apis mellifera mellifera* L. на Урале / А. Г. Николаенко // Энтомологические исследования в Северной Азии (Секция «Общая энтомология»). – Новосибирск, 2010. – С. 147–148.
7. Дреер, К. В защиту естественных пород пчел / К. Дреер // Пчеловодство. – 1985. – Вып. 4. – С. 6.
8. Основы пчеловодства : учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальностям «Лесное хозяйство», «Зоотехния» / В. М. Каплич [и др.] ; под ред. В. М. Каплича. – Минск : БГТУ, 2009. – 408 с.
9. Шеметков, М. Ф. Советы пчеловоду / М. Ф. Шеметков, В. И. Головнев, М. М. Кочевой. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск : Ураджай, 1991. – 399 с.
10. Алпатов, В. В. Породы медоносной пчелы / В. В. Алпатов. – М. : Моск. о-во испытателей природы, 1948. – 183 с.
11. Goetze, G. Die beste biene; zuchtungs- und rassenkunde der honigbiene nach dem heutigen stand von wissenschaft und praxis / G. Goetze. – Leipzig : Liedloff, Loth&Michaelis, 1940. – 200 s.
12. Ruttner, F. Biometrical-statistical analysis of the geographic variability of *Apis mellifera* / F. Ruttner, L. Tassencourt, J. Louveaux // Apidologie. – 1978. – Vol. 9. – P. 363–381.
13. Kruber, W. Hantelindex und diskoidalverschiebung / W. Kruber // Die Biene. – 1994. – Vol. 130 (2). – S. 62–77.
14. Шарипов, А. Я. К вопросу изучения изменчивости морфологических параметров крыльев медоносной пчелы / А. Я. Шарипов // Пчеловодство – XXI век : материалы междунар. конф. – М., 2008. – С. 388–392.
15. Губин, В. К изучению кубитального индекса / В. Губин // Пчеловодство. – 1970. – № 9. – С. 25–27.

16. Методы проведения научно-исследовательских работ в пчеловодстве / А. В. Бородачев [и др.]. – Рыбное : НИИП, 2002. – 154 с.

#### REFERENCES

1. Populiacija miedonosnoj pchiely Sriedniego i Yuzhnogo Urala / R. A. Il'jasov [i dr.] // Entomologichieskije issliedovanija v Sieviernoj Azii (Siekcija «Obshchaja entomologija»). – Novosibirsk, 2010. – S. 91–93.
2. Avdiejev, N.V. Vyjavlienije urovnia «gienetichieskogo zagriaznienija» po kharakteristikam zhilkovanija kryla / N. V. Avdeiev, N. Ye. Makarova, A. V. Pietukhov // Pchielovodstvo. – 2009. – № 7. – S 21–24.
3. Ruttner, F. Tiekhnika razviedienija i sieliekcionnyj otbor pchiol : prakt. ruk. : pier. s niem. / F. Ruttner. – 7-je izd., pierierab. – M. : AST Astrel', 2006. – 166 s.
4. Simankov, M. K. K issliedovaniju miedonosnykh pchiol v Piermskom kraje / M. K. Simankov, A. V. Pietukhov // Izv. Samar. nauch. centra Ros. akad. nauk. – 2014. – T. 16, № 5 (1). – S. 592–593.
5. Shemietkov, M. F. Soviety pchielovodu / M. F. Shemietkov, N. I. Smirnova. – Minsk : Uradzhdaj, 1975. – 320 s.
6. Nikolajenko, A. G. Gienetichieskije processy v populacijakh *Apis mellifera mellifera* L. na Uralie / A. G. Nikolajenko // Entomologichieskije issliedovanija v Sieviernoj Azii (Siekcija «Obshchaja entomologija»). – Novosibirsk, 2010. – S. 147–148.
7. Drejer, K. V zashchitu jestiestviennykh porod pchiol / K. Drejer // Pchielovodstvo. – 1985. – Vyp. 4. – S. 6.
8. Osnovy pchielovodstva : uchieb. posobije dlja studentov, obuchajushchikhsia po spicial'nostiam «Liesnoje khoz'ajstvo», «Zootiekhnija» / V. M. Kaplich [i dr.] ; pod ried. V. M. Kaplicha. – Minsk : BGTU, 2009. – 408 s.
9. Shemetkov, M. F. Soviety pchielovodu / M. F. Shemetkov, V. I. Golovnioy, M. M. Kochievoj – 3-je izd., pierierab. i dop. – Minsk : Uradzhdaj, 1991. – 399 s.
10. Alpatov, V. V. Porody miedonosnoj pchiely / V. V. Alpatov. – M. : Mosk. o-vo ispytatiel'ej prirody, 1948. – 183 s.
11. Goetze, G. Die beste biene; zuchtungs- und rassen-kunde der honigbiene nach dem heutigen stand von wissenschaft und praxis / G. Goetze. – Leipzig : Liedloff, Loth&Michaelis, 1940. – 200 s.
12. Ruttner, F. Biometrical-statistical analysis of the geographic variability of *Apis mellifera* / F. Ruttner, L. Tassencourt, J. Louveaux // Apidologie. – 1978. – Vol. 9. – P. 363–381.
13. Kruber, W. Hantelindex und diskoidalverschiebung / W. Kruber // Die Biene. – 1994. – Vol. 130 (2). – S. 62–77.
14. Sharipov, A. Ya. K voprosu izuchienija izmienchivosti morfologichieskikh parametrov kryl'jev miedonosnoj pchiely // Pchielovodstvo – XXI vek : matierialy miezhdunar. konf. – M., 2008. – S. 388–392.
15. Gubin, V. K izuchieniju kubital'nogo indeksa / V. Gubin // Pchielovodstvo. – 1970. – № 9. – S. 25–27.
16. Mietody proviedienija nauchno-issliedovatel'skikh rabot v pchielovodstvie / A. V. Borodachiov [i dr.]. – Rybnoje : NIIP, 2002. – 154 s.

УДК 612.176

**Галина Евгеньевна Хомич**

канд. биол. наук, доц., доц. каф. анатомии, физиологии и безопасности человека  
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

**Galina Khomich**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Human Safety  
at the Brest State A. S. Pushkin University

e-mail: [medicine@brsu.brest.by](mailto:medicine@brsu.brest.by)

### **ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА**

С помощью методики А. А. Астахова проведено исследование некоторых гемодинамических характеристик у человека в положениях лежа на спине и на животе, вниз головой под углом 30°. В ходе эксперимента получены данные, свидетельствующие о различиях в регуляторных механизмах реакций мелких и крупных сосудов ног. Кроме того, в данной работе подтверждено изменение систолического артериального давления в разных положениях тела человека.

**Ключевые слова:** гемодинамические показатели, регуляторные механизмы, систолическое артериальное давление.

#### **Hemodynamical Parameters by Changes in Human Body Position**

Using A. A. Astachov method we estimated some hemodynamic parameters in subjects finding themselves in head-down position leaned 30° to the horizon both with face to the top and to the bottom. Obtained results are evidence of different mechanisms regulating minor and major blood vessels response. Except of this, our findings confirm changes in systolic blood pressure by different orientation of human body.

**Key words:** hemodynamic parameters, mechanisms regulating, systolic blood pressure.

#### **Введение**

Различные изменения физиологических реакций организма лежат в основе общих свойств биологических систем и индивидуальных различий функциональных характеристик организма. Изменение различных показателей для осуществления баланса ритма сердечных сокращений, артериального давления, систолического объема крови, периферического сопротивления различных кровеносных сосудов осуществляется на базе колебаний каждого удара сердца. Изменчивость указанных параметров возможна при взаимосвязи системы кровообращения и регуляторных систем. Характеристика колебаний гемодинамических показателей с каждым сокращением сердечной мышцы является эффективным подходом для постановки диагноза и последующего лечения нарушений регуляторной деятельности сердечно-сосудистой системы.

При осуществлении регуляторных функций системы кровообращения возникает перераспределение определенного объема крови между различными регионами сосудистого русла. В человеческом организме содержится довольно небольшой объем крови в сравнении с огромной анатомической емкостью сосудистого русла. Количество находящейся в сосудистом русле крови в каждом физиологическом состоянии организма обусловлено соотношением между объемами крови в микрососудах и в крупных сосудах, а также в сосудах грудной полости.

Если изменить положение тела в пространстве, то произойдет сдвиг ударного объема, пульсации крови в аорте (гемодинамический сдвиг в центре) и периферической пульсации крови в сосудах голени и сосудах пальцев ног. Эти изменения отражают специфичность рефлексов сердечно-сосудистой системы, в основе которых лежит перераспределение пульсации и связанные с ней изменения частоты сердечных сокращений и артериального давления.

Различные величины амплитуд реоволн большого пальца ноги и голени характеризуют сосудистые рефлексy, а также информируют о функциональном состоянии магистральных сосудов и микрососудов. Кроме того, по величине амплитуды реоволны пальца и голени можно судить об особенностях перераспределения кровенаполнения между указанными сосудами.

При изменении положения тела человека из горизонтального в вертикальное общее периферическое сопротивление сосудов становится больше. Давление крови в артериях и количество сердечных сокращений в положении стоя также увеличивается. А вот систолический и минутный объемы крови, наоборот, уменьшаются. Это связано с появлением компенсаторных физиологических механизмов. Наличие компенсации необходимо для венозного возврата при действии силы тяжести на жидкие среды человеческого организма в положении стоя.

Исследования ученых показали, что компенсаторные приспособительные гемодинамические реакции в ортостатической пробе осуществляются путем повышения деятельности симпатoadренальной системы. Если же перевести человека в антиортостатическое положение, т. е. головой вниз, то возрастает возврат крови к сердцу по венам брюшной полости и ног. Повышение давления крови в региональном венозном русле приводит к тому, что включаются компенсаторные механизмы, которые ограничивают приток крови к верхней половине тела, в т. ч. и к головному мозгу, предохраняя его от появления застоя и образования отека.

На основании большого количества исследований, посвященных гемодинамическим показателям сердечно-сосудистой системы человека [2; 5], можно утверждать, что смена положения тела в пространстве вызывает значительные изменения в деятельности кардиоваскулярной системы. Однако человеку в процессе жизнедеятельности необходимо менять положение тела: наклоняться вперед, прогибаться, занимать положение головой вниз. В таких видах спорта, как гимнастика, прыжки в воду, акробатика тело спортсмена занимает непривычные позы: головой вниз под разными углами, повернув голову лицом вперед и назад, вверх и вниз. Следовательно, для сохранения гомеостаза при смене позы требуется включение компенсаторных механизмов для регуляции деятельности сердечно-сосудистой функции.

В процессе изменения угла наклона к горизонту направление силы гравитации смещается по отношению к направлению движения крови по сосудистому руслу. Данные изменения находят отражение в деятельности системы кровообращения. Так, в случае перехода человеческого тела из положения стоя в положение лежа осуществляется депонирование крови в емкостных сосудах малого таза и нижних конечностей. Естественно, что ввиду низкого тонуса стенок венозных сосудов, а также менее энергичной присасывающей силы сердца при переходе в положение лежа венозный возврат уменьшается. Также снижается и наполнение полостей сердца кровью [3; 5]. При этом в зависимости от тонуса сосудов нижней половины тела возможен разный уровень наблюдаемого депонирования.

В результате смены человеком положения тела с вертикального на антиортостатическое происходит увеличение таких показателей, характеризующих деятельность системы кровообращения, как систолический объем крови, минутный объем крови, а также уменьшение частоты сердечных сокращений и уровня кровяного давления. Исходя из данных, полученных в [5], при расположении тела человека вниз головой значения ударного объема крови растут, а количество сердечных сокращений, наоборот, снижается.

Наличие изменений гемодинамических показателей при ортостатической пробе также играет важную роль для спортсменов, специализирующихся в дисциплинах, связанных с частым изменением положения тела в пространстве. В этой связи важны ис-



следования количественных характеристик системы кровообращения, возникающих при смене ориентации тела к горизонту. В экспериментах на людях, положение тела которых изменяли с горизонтального на вертикальное с использованием поворотного стола, показано достоверное уменьшение систолического объема крови при вертикализации. Ударный объем снижался на 32–42 % по отношению к величине данного объема в положении тела лежа на спине. Указанные количественные изменения регистрировались за счет компенсаторных механизмов, возникающих вследствие учащения сердцебиения. Ввиду этого объем кровообращения в течение минуты незначительно уменьшался. Таким образом, высокое качество регуляции системы кровообращения обеспечивает тот факт, что вставание не приводит к неприятным ощущениям у спортсменов. В случае ухудшения деятельности регуляторных механизмов возникают симптомы ишемии головного мозга, приводящие к потере сознания.

На данный момент сведения, имеющиеся в научной литературе относительно гемодинамики человека при ортостазе, являются неполными. Ученые считают, что при прямостоянии изменения движения крови в мышцах зависит от перечня следующих явлений: 1) раскрытия в мышцах артерио-венозных анастомозов; 2) увеличения кровяного давления в сосудах ног, способствующего растяжению этих сосудов; 3) степени рефлекторного изменения просвета мышечных сосудов; 4) наличия рабочей гиперемии в мышцах нижних конечностей в зависимости от их активности; 5) от появления автоматических регуляторных реакций в сосудах при изменении в них трансмурального давления; 6) других факторов, с помощью которых увеличивается снабжение мышц кровью. Анализ доступных литературных источников также не выявил наличия данных о механизмах гемодинамики при положении тела человека головой вниз. Поэтому целью нашей работы явился сравнительный анализ гемодинамических показателей человека при разных положениях тела в пространстве.

#### **Объект и методика исследования**

В качестве испытуемых выступали студенты без патологий сердечно-сосудистой системы. Исследование проводилось по методике А. А. Астахова [1] с использованием многофункционального монитора кровенаполнения «Кентавр». Данная методика позволяет регистрировать одновременно частоту пульса (ЧСС), максимальное артериальное давление (САД), амплитуду револны большого пальца ноги (АРП), амплитуду револны голени (АРГ). По величинам АРП и АРГ можно судить о диаметре и тоне мелкого и крупного кровеносных сосудов нижних конечностей.

Существуют публикации, в которых описана зависимость реакций сосудов у испытуемых в ортостатическом положении от фонового тонуса артерий и исходных значений артериального давления [6; 7]. В связи с этим участники эксперимента были разделены на группы согласно фоновому тону их кровеносных сосудов. Группу, результаты которой анализируются в данной статье, составили студенты с повышенным тоном макро- и микрососудов нижних конечностей в состоянии покоя лежа на спине (АРП = 38,34 мОм и АРГ = 28,49 мОм).

Положение тела испытуемых в пространстве изменяли с помощью поворотного стола. На поворотном столе закреплялось электродное одеяло, на которое укладывали исследуемого. Затем его фиксировали ремнями к поворотному столу со специальными упорами для плеч. Крышка стола могла поворачиваться на разные углы в вертикальной и горизонтальной плоскости. С помощью поворотного стола студента переводили на одну минуту в положение вниз головой. Для связи с прибором испытуемому накладывали ленточные электроды на правое плечо, середину правой голени и большой палец правой ноги, а также электроды размещались на спине, на центральной части груд-

ной клетки в области грудины, плечевых и бедренных отделах конечностей. В качестве функциональной пробы использовали поворот на 1 мин. вниз головой на угол  $30^\circ$  относительно горизонта в положениях лицом вниз и вверх. Интервал между пробами составил 25 мин.

На реографе «Р-4» регистрировался импеданс тканей, по которому с помощью монитора кровенаполнения «Кентавр» рассчитывались показатели амплитуд револны пальца (АРП) и голени (АРГ). Кроме того, с каждым ударом пульса прибор фиксировал величину систолического артериального давления (САД) на правой руке и частоту сердцебиений (ЧСС). Производилась обработка данных, включающая усреднение и оценку достоверности различий.

Статистический анализ различий между выборками проводился с помощью t-критерия Стьюдента или методов непараметрической статистики в случае отклонений распределения от нормальности.

### Результаты и их обсуждение

Выявлено, что достоверной разницы между значениями АРП и АРГ в положениях лежа на спине и на животе без наклона к горизонту не наблюдается. Напротив, после перевода испытуемого в антиортостаз лицом вверх зафиксированы достоверные изменения амплитуд револны как для пальца ноги, так и для голени. Так, значение АРП уменьшилось почти в 2,3 раза, а показатели АРГ увеличились на 38 %. При возвращении испытуемых в горизонтальное положение показатели восстанавливались.

Таблица 1. – Сравнение реакций макро- и микрососудов ног при расположении человека вниз головой лежа на спине и на животе

№ серии	Положение тела человека	АРП, мОм		АРГ, мОм	
		$x \pm Sx$	P	$x \pm Sx$	P
1	Горизонтально лежа на спине (фон)	$38,09 \pm 0,7$		$27,39 \pm 0,6$	
2	Лежа на спине вниз головой под углом $30^\circ$	$16,88 \pm 0,9$	<0,001	$37,81 \pm 1,1$	<0,001
3	3-я минута восстановления лежа на спине	$33,67 \pm 1,21$	<0,01	$29,95 \pm 0,9$	<0,05
4	Лежа на животе головой вниз под углом $30^\circ$	$5,69 \pm 0,6$	<0,001	$41,99 \pm 0,9$	<0,001
5	Горизонтально лежа на животе (фон)	$37,97 \pm 0,7$		$28,53 \pm 0,7$	
6	3-я минута восстановления лежа на животе горизонтально	$36,23 \pm 1,1$	>0,05	$29,63 \pm 1,0$	>0,05

После окончания первой серии эксперимента испытуемые отдыхали 25 мин. Затем им предлагали лечь на живот, адаптироваться к данному положению и регистрировали фоновые показатели АРП и АРГ в новом положении (таблица 1, серия 5). Полученные данные показали, что значения фона АРП и АРГ достоверно не различались при расположении испытуемого лежа на спине и лежа на животе (серия 1, 5).

Когда же испытуемого повернули головой вниз лежа на животе, регистрируемые значения АРП и АРГ значимо изменились. Показатели амплитуды револны большого пальца ноги уменьшились в 6,59 раза, а значения револны голени повысились на 47,4 %. После поворота испытуемого в прежнее фоновое положение произошло быстрое восстановление амплитуд револны большого пальца ноги и голени до фонового уровня.

Кроме того, нами был проведен сравнительный анализ просвета сосудов ног в положениях тела человека лежа на спине вниз головой и лежа на животе вниз головой (таблица 1, серии 2, 4). Между полученными показателями отмечалась достоверная разница.

В целом динамика амплитуд револны пальца и голени дает основание считать, что регуляторные сосудодвигательные механизмы, реализующиеся в нижних конечно-

стях, наиболее выражены у испытуемых, лежащих на животе. Также необходимо отметить, что восстановление первоначального уровня в данном случае происходит быстрее.

Ряд исследований был посвящен характеристике значений частоты сердечных сокращений (ЧСС) и систолического артериального давления (САД) в привычных вертикальном и горизонтальном положениях [3; 5]. Однако изучение указанных показателей сердечно-сосудистой функции в положении человека лежа на спине и на животе в антиортостазе учеными не проводилось.

Таблица 2. – Показатели частоты сердечных сокращений и систолического артериального давления при изменении положения тела человека вниз головой лежа на спине и лежа на животе

№ серии	Положение тела человека	САД, мм рт. ст.		ЧСС, уд/мин	
		$x \pm Sx$	P	$x \pm Sx$	P
1	Фоновая активность лежа на спине	119,98 ± 2,6		72,70 ± 0,9	
2	Лежа на спине головой вниз (угол наклона 30°)	64,85 ± 1,8	<0,001	70,93 ± 1,1	>0,05
3	Период восстановления лежа на спине	117,98 ± 2,9	>0,05	71,33 ± 1,3	>0,05
4	Фоновая активность лежа на животе	120,98 ± 2,3		72,89 ± 1,1	
5	Лежа на животе головой вниз (угол наклона 30°)	75,64 ± 2,1	<0,001	72,89 ± 1,1	>0,05
6	Период восстановления на животе	116,99 ± 3,1	>0,05	73,93 ± 1,1	>0,05

Проведенные нами исследования установили отсутствие достоверных различий среднего систолического давления и среднего количества сердечных сокращений (таблица 2, серии 1 и 4) у студентов, находящихся горизонтально лежа на спине и на животе. После перехода обследуемых в положение вниз головой значения ЧСС, полученные лежа на спине и лежа на животе, достоверно не отклонились от фона (таблица 2, серии 1, 6).

Иное наблюдалось в отношении систолического артериального давления. Повороту испытуемого головой вниз на угол 30° лежа на спине соответствовало достоверное уменьшение САД до 64,85 мм рт. ст., и этот показатель был ниже фонового на 45,99 % (таблица 2, серия 2). Уменьшение САД в верхних конечностях и плечевом поясе, по всей вероятности, компенсирует слишком активный приток крови к голове при повороте человека головой вниз. После окончания пробы и возвращения тела человека в положение лежа на спине систолическое артериальное давление постепенно возрастало и к концу третьей минуты восстанавливалось до 117,98 мм рт. ст., что не отличалось от фона (таблица 2, серия 3).

Следующим этапом эксперимента после перерыва явилась регистрация фоновой активности обследуемого, размещенного горизонтально на животе. После этого положение студента меняли и опускали головой вниз под углом 30° лежа на животе. Зарегистрированное в этом положении систолическое артериальное давление стало ниже уровня фона, снизившись до 75,64 мм рт. ст. (таблица 2, серия 5). Когда же испытуемого вернули в горизонтальное положение, то показатели САД восстановились уже на третьей минуте.

В результате проведенных нами исследований были получены данные, подтверждающие, что фоновые значения максимального артериального давления в положении лежа на животе и на спине были одинаковыми, а переход испытуемого вниз головой вызывал разнонаправленные сдвиги артериального давления. В положении вниз головой лежа на спине САД равнялось 64,85 мм рт. ст., а лежа на животе – 75,64 мм рт. ст. Разность между ними статистически достоверна (таблица 2).

Наличие достоверной разницы наблюдается, возможно, ввиду разной силы раздражения рецепторов сосудистых рефлексогенных зон (вестибулорецепторов) при изменении положения тела в пространстве.

В результате проведенных нами исследований были получены данные, подтверждающие, что фоновые значения максимального артериального давления в положении лежа на животе и на спине были одинаковыми, а переход исследуемого в положение вниз головой вызывал разнонаправленные сдвиги артериального давления. В положении вниз головой лежа на спине САД равнялось 64,85 мм рт. ст., а лежа на животе – 75,64 мм рт. ст. Разность между ними статистически достоверна (таблица 2).

Наличие достоверной разницы наблюдается, возможно, ввиду разной силы раздражения рецепторов сосудистых рефлексогенных зон (вестибулорецепторов) при изменении положения тела в пространстве.

### **Заключение**

Были выявлены гемодинамические реакции при минутном нахождении тела человека в положении головой вниз. Обнаружена четкая зависимость типа сосудистой реакции на изменение положения тела от исходного тонуса магистральных и мелких кровеносных сосудов нижних конечностей.

В таблицах представлена выявленная динамика изменений амплитуды револны голени и амплитуды револны большого пальца ноги таких показателей, как частота сердечных сокращений и систолическое артериальное давление.

В ходе исследования нами осуществлен сравнительный анализ амплитуд револны пальца и голени человека в ортостатическом и антиортостатическом положениях лежа на спине и на животе. Выявлено, что перевод обследуемого в антиортостаз лицом вверх сопровождается достоверными изменениями амплитуд револны как для пальца ноги, так и для голени. При повороте испытуемого головой вниз под углом 30° лежа на спине зафиксировано достоверное уменьшение систолического артериального давления. Полученные данные свидетельствуют о достаточном уровне сердечно-сосудистой регуляции у студентов с фоновым высоким тонусом микро-и макрососудов ног.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о наличии компенсаторных реакций со стороны сердечно-сосудистой системы, направленных на обеспечение оптимальной гемодинамики при нахождении тела вниз головой. При таком отличающемся от обычного положении тела гравитационная сила способствует усиленному притоку крови к верхней части туловища и, что жизненно важно, к сердцу и головному мозгу. Задачей кровеносной системы является предотвращение резких перепадов кровенаполнения сердца и головного мозга, т. к. это чрезвычайно опасно. Литературные данные говорят, что в роли буферов, смягчающих перепады кровотока при переходе тела человека из горизонтального в вертикальное положение, выступают кровеносные сосуды нижних конечностей. Наши результаты показывают, что в регуляции гемодинамики и перераспределении кровенаполнения при нахождении тела человека вниз головой также большая роль принадлежит магистральным сосудам и микрососудам нижних конечностей.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Астахов, А. А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики в анестезиологии (с помощью системы «Кентавр») / А. А. Астахов. – Челябинск, 1996. – 330 с.
2. Баевский, Р. М. Введение в донозологическую диагностику / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М. : Слово, 2008. – 176 с.
3. Софронов, Г. А. Влияние поструральной коррекции гемодинамики на параметры сердечного ритма / Г. А. Софронов // Мед. акад. журн. – 2014. – Т. 14, № 3. – С. 38–51.

4. Осадчий, Л. И. Гемодинамическая структура антиортостатических реакций: соотношение механической активности сердца и артериальное давление / Л. И. Осадчий, Т. В. Балуева, И. В. Сергеев // *Авиакосм. и экол. медицина.* – 1997. – Т. 31, № 3. – С. 19–23.

5. Саваневский, Н. К. Реакции кровеносной системы на изменение положения тела человека в пространстве / Н. К. Саваневский, Г. Е. Хомич // *Вестн. Брѣсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навуки аб зямлі.* – 2011. – № 2. – С. 53–57.

6. Robertson, D. The pathophysiology and diagnosis of ortostatic hypotension / D. Robertson // *Clinical Auton. Res.* – 2008. – Nr 18. – P. 2–7.

7. Balueva, T. V. Effects of the endothelial relaxing factor on the orthostatic reaction of systemic hemodynamics in rats / T. V. Balueva, I. V. Sergeev, L. I. Osadchie // *Aviakosm. Ekolog. Med.* – 2003. – Nr 37. – P. 27–29.

#### REFERENCES

1. Astahov, A. A. Fiziologichieskije osnovy bioimpiedansnogo monitoringa giemodinamiki v anesteziologii (s pomoshchju sistiemy «Kientavr») / A. A. Astahov. – Cheliabinsk, 1996. – 330 s.

2. Bajevskij, R. M. Vviedienije v donozologichieskiju diagnostiku / R. M. Bajevskij, A. P. Biersienieva. – M. : Slovo, 2008. – 176 s.

3. Sofronov, G. A. Vlijaniye postural'noj korriekcii giemodinamiki na parametry sierdiechnogo ritma / G. A. Sofronov // *Med. akad. zhurn.* – 2014. – Т. 14, № 3. – S. 38–51.

4. Osadchij, L. I. Giemodinamicheskaja struktura antiortostatichieskikh rieakcij: sootnosheniye mekhanichieskoj aktivnosti sierdca i arterial'noje davlienije / L. I. Osadchij, T. V. Balujeva, I. V. Siergiejev // *Авиакосм. i ekol. medicina.* – 1997. – Т. 31, № 3. – S. 19–23.

5. Savanievskij, N. K. Reakcii krovienosnoj sistiemy na izmienieniye polozhenija tiela chielovieka v prostranstvie / N. K. Savanievskij, G. E. Homich // *Vesn. Bresc. un-ta. Sier. 5, Himija. Bijalohija. Navuki ab ziamli.* – 2011. – № 2. – S. 53–57.

6. Robertson, D. The pathophysiology and diagnosis of ortostatic hypotension / D. Robertson // *Clinical Auton. Res.* – 2008. – Nr 18. – P. 2–7.

7. Balueva, T. V. Effects of the endothelial relaxing factor on the orthostatic reaction of systemic hemodynamics in rats / T. V. Balueva, I. V. Sergeev, L. I. Osadchie // *Авиакосм. Ekolog. Med.* – 2003. – Nr 37. – P. 27–29.

*Рукапіс наступіў у рэдакцыю 15.02.2021*

УДК 576.895.1:597.6 (476)

**Владимир Васильевич Шималов**

канд. биол. наук, доц., доц. каф. общеобразовательных дисциплин и методик их преподавания  
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина,  
мл. науч. сотрудник лаборатории гидроэкологии и экотехнологий  
Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси

**Vladimir Shimalov**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of General Education Disciplines and Methods of Teaching Them  
at the Brest State A. S. Pushkin University,  
Junior Researcher at the Laboratory of Hydroecology and Ecotechnologies  
Polesky Agrarian and Ecological Institute of the National Academy of Sciences of Belarus  
e-mail: [shimalov@rambler.ru](mailto:shimalov@rambler.ru)

**ГЕЛЬМИНТОФАУНА ОБЫКНОВЕННОЙ КВАКШИ  
(*HYLA ARBOREA* LINNAEUS, 1758) В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ**

Представлены результаты гельминтологического исследования 1986–2018 гг. 49 особей обыкновенной квакши из западной части Белорусского Полесья. Заражено 75,5 % животных. Обнаружено 12 видов гельминтов: по пять видов трематод и нематод, по одному виду цестод и акантоцефалов. По проценту зараженности доминировала нематода *Oswaldocruzia filiformis* (Goeze, 1782), по численности гельминтов – мезоцеркарии трематоды *Alaria alata* (Goeze, 1782). Все виды гельминтов являются характерными паразитами амфибий. Дефинитивные хозяева для двух видов гельминтов – птицы и хищные млекопитающие. Семь видов гельминтов общие для рептилий. Один вид гельминтов (*A. alata*) имеет медико-ветеринарное значение. Приводятся сведения об изучении гельминтофауны обыкновенной квакши в Беларуси.

**Ключевые слова:** гельминты, квакша, Белорусское Полесье.

**The Helminth Fauna of the European Tree Frog (*HYLA ARBOREA* Linnaeus, 1758)  
in Belorussian Polesie**

The result of helminthological investigation of 49 European tree frogs from western part of Belorussian Polesie in 1986–2018 are presented. 75.5 % of animals were infected. Twelve species of helminths were found: five species of trematodes and nematodes, one species of cestodes and acanthocephalans. The nematode *Oswaldocruzia filiformis* (Goeze, 1782) dominated in terms of the percentage of infestation, and the mesocercariae of the trematode *Alaria alata* (Goeze, 1782) dominated in the number of helminths. All species of helminths are typical parasites of amphibians. The definitive hosts for two types of helminths are birds and carnivorous mammals. Seven species of helminths are common to reptiles. One species of helminths (*A. alata*) have medical and veterinary significance. The information about the study of the helminth fauna of the European tree frog in Belarus is given.

**Key words:** helminths, tree frog, Belorussian Polesie.

**Введение**

Обыкновенная квакша (*H. arborea*) – небольшое бесхвостое земноводное животное (*Amphibia*, *Anura*), способное лазать по деревьям, ареал которого охватывает Северо-Западную Африку, Южную и Центральную Европу, Переднюю Азию до Ирана [1]. В Восточной Европе она обитает в западных районах, а северная граница ареала достигает юга Литвы, Орловской и Тульской областей России. Живет также в Крыму и на Кавказе. По территории южной части Беларуси проходит северная граница ареала этого животного. Чаще обыкновенная квакша встречается в Белорусском Полесье в бассейне Припяти, а также в пойменной зоне реки Неман, отдавая предпочтение пойменным дубравам, ольшаникам и лугам, заросшим кустарником [2]. С 2004 г. она включена в Красную книгу Республики Беларусь [3] в список видов, требующих дополнительного изучения и внимания в целях профилактической охраны. Также находится в четвер-

том издании Красной книги Республики Беларусь [4, с. 312] в списке профилактической охраны как вид, требующий внимания.

Гельминтофауна обыкновенной квакши включает 27 видов: моногеней – 1, трематод – 16, цестод – 1, нематод – 7 и акантоцефалов – 2 [5]. Для нее обычными паразитами являются трематода *Pleurogenes claviger* (Rudolphi, 1819), цестода *Nematotaenia dispar* (Goeze, 1782), нематоды *Oswaldocruzia filiformis* (Goeze, 1782) и *Thelandros tba* (Dinnik, 1930). Причем последний вид паразитирует только у головастиков.

Первые сведения о видовом составе гельминтов и зараженности ими обыкновенной квакши в Беларуси содержатся в работах Меркушевой и Сагалович [6], Гущиной и Николаевой [8]. Тогда было известно 4 вида гельминтов, паразитирующих у белорусской популяции обыкновенной квакши [6] (в таблице они обозначены индексом 1), а инвазированность составила 42,8 % [7]. В последующие годы количество гельминтов увеличилось на 6 [8–10], а зараженность доходила до 70,0 % [10] и даже до 100 %, как, например, в заказнике «Бугский» Брестского района [9]. Кроме этого, имеются наши новые неопубликованные сведения о видах гельминтов, паразитирующих у обыкновенной квакши в западной части Белорусского Полесья.

### Материалы и методы исследования

В период 1986–2018 гг. нами методом полного гельминтологического вскрытия, компрессирования тканей и органов было исследовано из западной части Белорусского Полесья с территории Брестского (окрестности д. Томашовка и г. Бреста, заказник «Бугский») и Малоритского (берег открытого канала мелиоративной системы, расположенной у 20-го км автодороги Брест – Ковель) районов Брестской области 49 особей обыкновенной квакши. Среди них оказалось 19 самцов и 30 самок, длина тела которых колебалась в пределах 2,0–4,5 см. Животные были пойманы нами или найдены мертвыми весной (апрель–май) в смешанных лесах с преобладанием березы бородавчатой, у мелких водоемов и на берегу мелиоративного канала. После включения обыкновенной квакши в Красную книгу Беларуси в список видов, требующих дополнительного изучения и внимания в целях профилактической охраны, в нашем распоряжении находилось 11 животных, погибших в весенний период.

Для идентификации обнаруженных у квакш гельминтов использовали монографию «Гельминты амфибий фауны СССР» [5].

При обработке материала применяли общепринятые в паразитологии показатели: экстенсивность инвазии (ЭИ, % зараженных особей), интенсивность инвазии (ИИ, количество экземпляров паразитов в одном зараженном животном), индекс доминирования (ИД, % от количества экземпляров одного вида паразита к общему количеству паразитов), индекс обилия (ИО, среднее количество экземпляров паразитов в обследованных животных).

Цель работы – обобщить собственные данные многолетних исследований гельминтофауны обыкновенной квакши, обитающей в западной части Белорусского Полесья, привести полный видовой состав гельминтов и инвазированность ими этого земноводного животного.

### Результаты исследования и их обсуждение

Согласно нашим исследованиям, зараженность обыкновенной квакши гельминтами составила 75,5 % (в XXI в. отмечена 100 %-ная инвазированность). Самки заражены на 80,0, самцы – на 68,4 %. Чаще животные инвазированы нематодами (63,3 %) и трематодами (59,2 %), чем цестодами (20,4 %) и акантоцефалами (2,0 %).

У обыкновенной квакши в западной части Белорусского Полесья нами обнаружено 12 видов гельминтов: по пять видов трематод и нематод, по одному виду цестод и акантоцефалов (таблица). Все они являются характерными паразитами амфибий и были обнаружены у этих земноводных животных как в Беларуси [10; 11], так и за ее пределами [5].

У 55,1 % популяции обыкновенной квакши выявлено 2–7 видов гельминтов. Доминировала в заражении квакш нематода *O. filiformis*. Инвазировано 44,9 % особей. Чаще всего квакши были заражены этой нематодой (на 66,7 %) в заказнике «Бугский».

Таблица. – Зараженность обыкновенной квакши гельминтами в западной части Белорусского Полесья

Виды гельминтов и их систематическое положение	ЭИ	ИИ	ИД	ИО
Трематоды				
Paramphistomatida Skrjabin et Schulz, 1937				
Diplodiscidae Skrjabin, 1949				
<i>Diplodiscus subclavatus</i> (Pallas, 1760)	2,0	1	0,08	0,02
Plagiorchiida La Rue, 1957				
Plagiorchiidae Lühe, 1901				
<i>Opisthioglyphe ranae</i> (Frölich, 1791)	2,0	1	0,08	0,02
<i>O. ranae</i> , larvae	24,5	1–144	30,4	7,71
Pleurogenidae Looss, 1899				
<i>Pleurogenes claviger</i> (Rudolphi, 1819) <sup>1</sup>	24,5	1–6	2,81	0,71
Strigeidida La Rue, 1926				
Diplostomidae Poirier, 1886				
<i>Alaria alata</i> (Goeze, 1782), larvae <sup>1</sup>	28,6	1–300	44,9	11,4
Strigeidae Railliet, 1919				
<i>Strigea sphaerula</i> (Rudolphi, 1803), larvae	6,1	1–8	0,96	0,25
Цестоды				
Cyclophyllidea Beneden in Braun, 1900				
Nematotaeniidae Lühe, 1910				
<i>Nematotaenia dispar</i> (Goeze, 1782)	20,4	1–28	8,92	2,27
Нематоды				
Ascaridida Skrjabin et Schulz, 1940				
Cosmocercidae Travassos, 1925				
<i>Aplectana praeputialis</i> (Skrjabin, 1916)	2,0	2	0,16	0,04
<i>Cosmocerca ornata</i> (Dujardin, 1845) <sup>1</sup>	24,5	1–14	3,45	0,88
<i>C. ornata</i> , larvae	12,3	1–2	0,80	0,20
<i>Oxysomatium brevicaudatum</i> (Zeder, 1800)	4,1	1–3	0,32	0,08
Spirurida Chitwood, 1933				
Spiruridae Oerley, 1885				
<i>Agatospirura</i> sp., larvae	4,1	3–8	0,88	0,23
Strongylida Diesing, 1851				
Molineidae Durette-Desset et Chabaud, 1977				
<i>Oswaldocruzia filiformis</i> (Goeze, 1782) <sup>1</sup>	44,9	1–18	6,19	1,57
Акантоцефалы				
Echinorhynchida Southwell et Macfie, 1925				
EchiNrthynchidae Cobbold, 1876				
<i>Acanthocephalus ranae</i> (Schrank, 1788)	2,0	1	0,08	0,02

Примечание – Индексом <sup>1</sup> обозначены виды гельминтов, обнаруженные также Меркушевой и Сагалович [6] в 1970-е гг. (в работах других белорусских авторов, опубликованных в XX в., виды гельминтов, найденные у обыкновенной квакши, не указаны), только нематода *O. filiformis* была отнесена к виду *O. bialata* (Molin, 1860), который является синонимом вида *O. filiformis* [5].



Здесь из амфибий наиболее зараженными этим гельминтом оказались серая жаба (100 %), остромордая лягушка (91,3 %) и травяная лягушка (62,6 %), а из рептилий – прыткая ящерица (84,2 %) [9].

По численности гельминтов доминировали в заражении обыкновенной квакши мезоцеркарии трематоды *Alaria alata* (Goeze, 1782) (ИИ 1–300; ИД 44,9; ИО 11,41), хотя по показателю ЭИ (28,6) они находятся на втором месте после нематоды *O. filiformis* (таблица). Высокий процент зараженности (44,4) квакш мезоцеркариями этой трематоды был установлен нами в заказнике «Бугский». Здесь также интенсивно инвазированы остромордая лягушка (34,8 %), прудовая лягушка (34,4 % с самым высоким показателем ИО, составившим 21,9) и травяная лягушка (30,8 %) [9]. Эти же виды лягушек оказались наиболее заражены мезоцеркариями этого гельминта в мелиоративных каналах (на 17,5, 20,8 и 17,1 % соответственно) [12]. Обыкновенная квакша вовлекается в жизненный цикл трематоды *A. alata* и участвует в поддержании очагов аляриоза. Эта трематода является одним из широко распространенных паразитов диких животных в Белорусском Полесье [13; 14]. Она имеет важное медико-ветеринарное значение, способна заражать людей, домашних кошек, собак и свиней, а ее мезоцеркарии обладают уникальными адаптационными способностями, поражая как холоднокровных позвоночных животных (амфибии, рептилии), так и теплокровных позвоночных животных (птицы, нежвачные парнокопытные и хищные млекопитающие), в том числе и человека. Оба указанных вида гельминтов являются одними из распространенных паразитов амфибий в Белорусском Полесье [10].

Все найденные у обыкновенных квакш взрослые особи гельминтов локализовались в кишечнике, а личинки – в различных внутренних органах и тканях. Кроме личинок (мезоцеркарий) трематоды *A. alata*, найденных в мышцах задних конечностей, гонадах, печени и легких, у обыкновенной квакши нами были обнаружены личинки еще четырех видов гельминтов (таблица). Личинки (метацеркарии) трематоды *Strigea sphaerula* (Rudolphi, 1803) локализовались в мышцах задних конечностей, легких, серозных покровах полости тела. облигатные дефинитивные хозяева этого гельминта – врановые птицы. Для трематоды *Opisthioglyphe ranae* (Frölich, 1791) и нематоды *Cosmocerca ornata* (Dujardin, 1845) облигатные дефинитивные хозяева – амфибии. У квакш в кишечнике нами были найдены взрослые особи этих видов гельминтов и личинки нематоды *C. ornata*, а в серозных покровах кишечника, гонадах и печени – личинки (метацеркарии) трематоды *O. ranae*. Для трематоды *O. ranae* амфибии могут быть также и вторыми промежуточными хозяевами (если локализуется личинка), а у нематоды *C. ornata* личинка является мигрирующей стадией [5]. Для личинок нематод группы *Agmatospirura* амфибии выступают в роли резервуарных хозяев [5]. В нашем материале они были свернуты в спираль, заключены в соединительнотканную капсулу и локализовались в стенке желудка и кишечника.

Нематода *Aplectana praeputialis* (Skrjabin, 1916) и акантоцефал *Acanthocephalus ranae* (Schrank, 1788) ранее отсутствовали среди гельминтов обыкновенной квакши в Беларуси [10; 11]. Два экземпляра нематоды были найдены нами в прямой кишке самца, а акантоцефал в количестве одного экземпляра локализовался в кишечнике самки обыкновенной квакши. Оба животных были найдены мертвыми в заказнике «Бугский», самец – 01.05.2011 г., а самка – 28.04.2018 г. Нематодой *A. praeputialis* ((синоним – *Neorailletnema praeputiale* (Skrjabin, 1916)) заражено в этом заказнике 81,8 % серых жаб (с самыми высокими показателями численности гельминтов: ИИ 10–96; ИО 35,8), 9,1 % краснобрюхих жерлянок, 39,1 % остромордых лягушек, 31,3 % прудовых лягушек и 4,4 % травяных лягушек [10]. Акантоцефал *A. ranae* обнаружен здесь у 13,0 % остромордых лягушек, 18,8 % прудовых лягушек и 9,9 % травяных лягушек. Макси-

мальное количество экземпляров гельминтов (6) было зафиксировано у одной зараженной травяной лягушки. У других лягушек, инвазированных этим акантоцефалом, количество гельминтов колебалось от одного до двух экземпляров [10]. Неудивительно, что обыкновенные квакши заразились этими двумя видами гельминтов, т. к. эти паразиты широко распространены у амфибий, обитающих в заказнике «Бугский».

Семь видов гельминтов, обнаруженных у обыкновенных квакш на половозрелой стадии, могут паразитировать у рептилий. Это трематоды *Diplodiscus subclavatus* (Pallas, 1760), *O. ranae* и *Pleurogenes claviger* (Rudolphi, 1819), нематоды *C. ornata*, *Oxysomatium brevicaudatum* (Zeder, 1800) и *O. filiformis* (синонимы: *O. bialata* и *O. goezei* Skrjabin et Schulz, 1952 [5]), акантоцефал *A. ranae*. Из них 2 вида нематод (*O. brevicaudatum* и *O. filiformis*) отнесены Шарпило [15] к обычным и широко распространенным паразитам ящериц, один вид трематод (*O. ranae*) – к факультативным паразитам рептилий, а остальные виды – к случайным паразитам рептилий. Из рептилий в Беларуси хозяевами шести из них (исключение – трематода *P. claviger*) установлены обыкновенная гадюка и обыкновенный уж (для *D. subclavatus*, *O. ranae*, *O. brevicaudatum*, *O. filiformis* и *A. ranae* [11; 16]), прыткая и живородящая ящерицы (для *O. filiformis* [17]), ломкая веретеница (*C. ornata*, *O. brevicaudatum*, *O. filiformis* и *A. ranae* [17]).

### Заключение

Таким образом, зараженность гельминтами обыкновенной квакши, обитающей в западной части Белорусского Полесья, составила 75,5 %. Видовой состав гельминтов этого земноводного животного включает 12 видов: по пять видов трематод и нематод, по одному виду цестод и акантоцефалов. Два вида гельминтов (нематода *A. praeputialis*, акантоцефал *A. ranae*) дополняют список гельминтов обыкновенной квакши, опубликованный в научных работах Беларуси [10; 11]. Доминирует по ЭИ нематода *O. filiformis*, а по показателям численности гельминтов (ИИ, ИД, ИО) – мезоцеркарии трематоды *A. alata*. Наибольшая зараженность обыкновенных квакш этими двумя видами гельминтов отмечена в заказнике «Бугский» (Брестский район). Все гельминты, обнаруженные у обыкновенной квакши, являются характерными паразитами амфибий. Обыкновенная квакша вовлекается в жизненные циклы гельминтов, дефинитивные хозяева которых птицы (трематода *S. sphaerula*) и хищные млекопитающие семейства Canidae (трематода *A. alata*). Из них трематода *A. alata* имеет медико-ветеринарное значение, на личиночной стадии (мезоцеркария) может паразитировать в организме человека, домашних кошек и свиней, на половозрелой стадии – в организме домашних собак. Семь видов гельминтов, обнаруженных у обыкновенных квакш на половозрелой стадии (по три вида трематод и нематод, один вид акантоцефалов) являются общими для рептилий.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земноводные и пресмыкающиеся : описания и цветные изображения всех видов земноводных и пресмыкающихся республик бывшего СССР / Н. Б. Ананьева [и др.]. – М. : АБФ, 1998. – 576 с. – (Энциклопедия природы России).
2. Пикулик, М. М. Земноводные Белоруссии / М. М. Пикулик. – Минск : Наука и техника, 1985. – 191 с.
3. Красная книга Республики Беларусь. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / гл. редкол.: Л. И. Хоружик (пред.) [и др.]. – Минск : БелЭн, 2004. – 320 с.
4. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / гл. редкол.: И. М. Качановский (пред.) [и др.]. – 4-е изд. – Минск : БелЭн, 2015. – 320 с.

5. Рыжиков, К. М. Гельминты амфибий фауны СССР / К. М. Рыжиков, В. П. Шарпил, Н. Н. Шевченко. – М. : Наука, 1980. – 279 с.
6. Меркушева, И. В. Гельминты земноводных на территории Белоруссии / И. В. Меркушева, В. М. Сагалович // Материалы научной конференции Всесоюзного общества гельминтологов. – М., 1974. – Вып. 26. – С. 159–167.
7. Гущина, А. И. Гельминтофауна земноводных БССР / А. И. Гущина, Е. А. Николаева // Биологические основы освоения, реконструкции и охраны животного мира Белоруссии : тез. IV зоол. конф. Белорус. ССР. – Минск, 1976. – С. 225–227.
8. Шималов, В. Т. Гельминты амфибий в Белоруссии / В. Т. Шималов, В. В. Шималов, В. Н. Демчук // Материалы Всесоюзного научно-методического совещания зоологов педвузов : в 2 ч. – Махачкала, 1990. – Ч. 1. – С. 303–304.
9. Шималов, В. В. Гельминтофауна земноводных (Vertebrata, Amphibia) и пресмыкающихся (Vertebrata, Reptilia) в ландшафтном заказнике «Бугский» (Беларусь) / В. В. Шималов // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. прыродазн. навук. – 2008. – № 2. – С. 84–91.
10. Шималов, В. В. Гельминтофауна амфибий (Vertebrata: Amphibia) в Республике Беларусь / В. В. Шималов // Паразитология. – 2009. – Вып. 2. – С. 118–129.
11. Гельминты позвоночных животных и человека на территории Беларуси : каталог / Е. И. Бычкова [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2017. – 316 с.
12. Шималов, В. В. Гельминтофауна земноводных открытых каналов в мелиорированных районах Белорусского Полесья / В. В. Шималов // Паразитология. – 2002. – Вып. 4. – С. 304–309.
13. Шималов, В. В. Мезоцеркарии трематоды *Alaria alata* (Trematoda, Alariidae) – распространенные паразиты диких животных Белорусского Полесья и потенциальные – человека в Беларуси / В. В. Шималов, В. Т. Шималов // Весн. Брэсц. ун-та. – 1999. – № 6. – С. 96–100.
14. Шималов, В. В. *Alaria alata* (Trematoda: Alariidae) – паразит псовых Белорусского Полесья / В. В. Шималов, В. Т. Шималов // Паразитология. – 2001. – Вып. 1. – С. 77–80.
15. Шарпило, В. П. Паразитические черви пресмыкающихся фауны СССР / В. П. Шарпило. – Киев : Наук. думка, 1976. – 287 с.
16. Shimalov, V. V. Helminth fauna of snakes (Reptilia, Serpentes) in Belorussian Polesie / V. V. Shimalov, V. T. Shimalov // Parasitology Research. – 2000. – Nr 4. – P. 340–341.
17. Shimalov, V. V. Helminth fauna of lizards (Reptilia, Sauria) in the southern part of Belarus / V. V. Shimalov, V. T. Shimalov, A. V. Shimalov // Parasitology Research. – 2000. – Nr 4. – P. 343.

## REFERENCES

1. Ziemnovodnyje i priesmykajushchijesia : opisanija i cvietnyje izobrazhenija vsiekh vidov ziemnovodnykh i priesmykajushchikhsia riespublik byvshego SSSR / N. B. Anan'jeva [i dr.]. – М. : ABF, 1998. – 576 s. – (Encyklopedija prirody Rossii)
2. Pikulik, M. M. Ziemnovodnyje Bielorusii / M. M. Pikulik. – Minsk : Nauka i tiehnika, 1985. – 191 s.
3. Krasnaja kniga Riespubliki Bielarus'. Riedkije i nakhodiashchijesia pod ugroznoj ischieznovienija vidy dikikh zhivotnykh / gl. riedkol.: L. I. Khoruzhik (pried.) [i dr.]. – Minsk : BielEn, 2004. – 320 s.
4. Krasnaja kniga Riespubliki Bielarus'. Zhivotnyje: riedkije i nakhodiashchijesia pod ugroznoj ischieznovienija vidy dikikh zhivotnykh / gl. riedkol.: I. M. Kachanovskij (pried.) [i dr.]. – 4-je izd. – Minsk : BielEn, 2015. – 320 s.

5. Ryzhikov, K. M. Gielminy amfibij fauny SSSR / K. M. Ryzhikov, V. P. Sharpil, N. N. Shevchienko. – M. : Nauka, 1980. – 279 s.
6. Mierkusheva, I. V. Gielminy ziemnovodnykh na tierritorii Bielorusii / I. V. Mierkusheva, V. M. Sagalovich // *Materialy nauchnoj konfieriencii Vsiesojuznogo obshchestva gielminologov.* – M., 1974. – Vyp. 26. – S. 159–167.
7. Gushchina, A. I. Gielminofauna ziemnovodnykh BSSR / A. I. Gushchina, Ye. A. Nikolajeva // *Biologichieskije osnovy osvojenija, riekonstrukcii i okhrany zhivotnogo mira Bielorusii : tez. IV zool. konf. Belorus. SSR.* – Minsk, 1976. – S. 225–227.
8. Shimalov, V. T. Gielminy amfibij v Bielorusii / V. T. Shimalov, V. V. Shimalov, V. N. Diemchuk // *Materialy Vsiesojuznogo nauchno-mietodichieskogo sovieshchanija zoologov piedvuzov : v 2 ch.* – Makhachkala, 1990. – Ch. 1. – S. 303–304.
9. Shimalov, V. V. Gielminofauna ziemnovodnykh (Vertebrata, Amphibia) i priesmykajushchikhsia (Vertebrata, Reptilia) v landshaftnom zakaznikie «Bugskij» (Bielarus') / V. V. Shimalov // *Viesn. Bresc. un-ta. Sier. pryrodazn. navuk.* – 2008. – № 2. – S. 84–91.
10. Shimalov, V. V. Gielminofauna amfibij (Vertebrata: Amphibia) v Riespublikie Bielarus' / V. V. Shimalov // *Parazitologija.* – 2009. – Vyp. 2. – S. 118–129.
11. Gielminy pozvonochnykh zhivotnykh i chielovieka naatierritorii Bielarusi : katalog / Ye. I. Bychkova [i dr.]. – Minsk : Bielarus. navuka, 2017. – 316 s.
12. Shimalov, V. V. Gielminofauna ziemnovodnykh otkrytykh kanalov v mieliorirovannykh rajonakh Bieloruskogo Poliesja / V. V. Shimalov // *Parazitologija.* – 2002. – Vyp. 4. – S. 304–309.
13. Shimalov, V. V. Miezocerkarii triematody *Alaria alata* (Trematoda, Alariidae) – rasprostranionnyje parazity dikikh zhivotnykh Bieloruskogo Poliesja i potencial'nyje potencial'nyje – chielovieka v Bielarusi / V. V. Shimalov, V. T. Shimalov // *Viesn. Bresc. un-ta.* – 1999. – № 6. – S. 96–100.
14. Shimalov, V. V. *Alaria alata* (Trematoda: Alariidae) – parazit psovykh Bieloruskogo Poliesja / V. V. Shimalov, V. T. Shimalov // *Parazitologija.* – 2001. – Vyp. 1. – S. 77–80.
15. Sharpilo, V. P. Parazitichieskije chiervi priesmykajushchikhsia fauny SSSR CCCP / V. P. Sharpilo. – Kijev : Nauk. dumka, 1976. – 287 s.
16. Shimalov, V. V. Helminth fauna of snakes (Reptilia, Serpentes) in Belorussian Polesie / V. V. Shimalov, V. T. Shimalov // *Parasitology Research.* – 2000. – nr 4. – P. 340–341.
17. Shimalov, V. V. Helminth fauna of lizards (Reptilia, Sauria) in the southern part of Belarus / V. V. Shimalov, V. T. Shimalov, A. V. Shimalov // *Parasitology Research.* – 2000. – Nr 4. – P. 343.

---

# НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

---

УДК 502.65: 504.05 (476.5)

**Павел Александрович Галкин<sup>1</sup>, Олеся Алексеевна Черкасова<sup>2</sup>,  
Юлия Юрьевна Масалкова<sup>3</sup>, Александр Николаевич Галкин<sup>4</sup>,  
Ирина Анатольевна Красовская<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>ст. преподаватель каф. информационных технологий

Витебского государственного медицинского университета

<sup>2,3</sup>канд. биол. наук, доц., доц. каф. общей гигиены и экологии

Витебского государственного медицинского университета

<sup>4</sup>д-р геол.-минерал. наук, проф., проф. каф. экологии и географии

Витебского государственного университета им. П. М. Машерова

<sup>5</sup>канд. геол.-минерал. наук, доц., доц. каф. экологии и географии

Витебского государственного университета им. П. М. Машерова

**Pavel Galkin<sup>1</sup>, Olesya Cherkasova<sup>2</sup>, Yulia Masalkova<sup>3</sup>,**

**Alexander Galkin<sup>4</sup>, Irina Krasovskaya<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Senior Lecturer of the Department of Information Technologies of Vitebsk State Medical University

<sup>2,3</sup>PhD (Biology), Associate Professor of the Department of General Hygiene and Ecology  
of Vitebsk State Medical University

<sup>4</sup>Doctor of Geological and Mineralogical Sciences,

Professor of the Department of Ecology and Geography

of Vitebsk State University named after P. M. Masherov

<sup>5</sup>PhD (Geological and Mineralogical Sciences),

Associate Professor of the Department of Ecology and Geography

of Vitebsk State University named after P. M. Masherov

e-mail: [galkin-alexandr@yandex.ru](mailto:galkin-alexandr@yandex.ru)

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ ВИТЕБСКА (ЧАСТЬ 1. ФИЗИЧЕСКОЕ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ)**

*В ходе изучения и оценки геоэкологического состояния окружающей природной среды территории Витебска авторами выполнен комплекс полевых, лабораторных и камеральных работ, результаты которых позволяют сделать выводы об источниках, характере и последствиях каждого класса и типа воздействий на компоненты природной среды города и геоэкологическую обстановку в целом.*

**Ключевые слова:** геоэкологическая обстановка города, техногенные физическое и биологическое воздействия, источники воздействия, акустическое загрязнение, тепловое загрязнение, поле блуждающих электрических токов, электрокоррозия, биоорганическое загрязнение.

### **Specific Features of Technogenic Impacts on Geocological Situation of Vitebsk (Part 1. Physical and Biological Impact)**

*In the course of studying and assessing the geocological state of the natural environment of the territory of Vitebsk, the authors carried out a set of field, laboratory and office work, the results of which allow us to draw conclusions about the sources, nature and consequences of each class and type of impact on the components of the natural environment of the city and the geocological situation in general.*

**Key words:** geocological situation of the city, technogenic physical and biological impacts, sources of impact, acoustic pollution, thermal pollution, field of wandering electric currents, electrocorrosion, bioorganic pollution.

### **Введение**

Основной частью пространственной организации Витебска являются промышленная и селитебная зоны. В них прослеживаются наиболее тесные взаимодействия между экономикой, населением, социальными отношениями и природной средой. Объекты, сконцентрированные в этих зонах, обуславливают разнообразные изменения

компонентов природной среды, приводящие к трансформации ее экологических функций, которые часто оказываются неблагоприятными не только для состояния и функционирования самих объектов инфраструктуры, но и для здоровья человека и его жизнедеятельности в целом. Воздействие каждой зоны, преобразуя естественное состояние окружающей природной среды, является причиной возникновения физического, химического и биологического загрязнений ее компонентов. При этом следует отметить, что вносимый ими вклад в геоэкологическое состояние исследуемой территории имеет различный характер.

### **Материалы и методы исследований**

В основу работы положены результаты геоэкологических исследований на территории города, проводимых авторами в период с 2001 по 2018 г. и дополненные анализом исследований различных производственных и научных организаций Республики Беларусь. В ходе выполнения работы использовались сравнительно-географический, экспертный, описательный и геоинформационный методы.

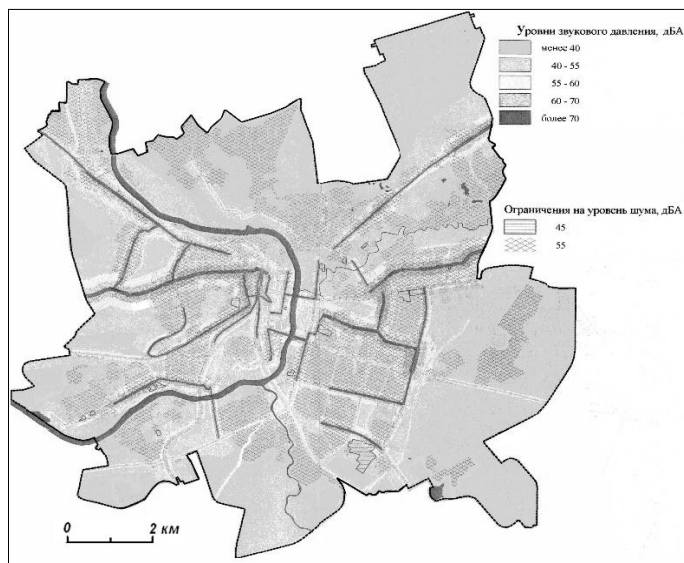
### **Результаты и их обсуждение**

В настоящее время в Витебске сформировался специфический комплекс техногенных воздействий на его геоэкологическую систему. Существенный вклад в формирование геоэкологической обстановки города вносят физическое и биологическое воздействия.

**Физическое воздействие** наряду с другими классами воздействий играет значимую роль в формировании геоэкологических условий исследуемой территории. Его можно определить как суммарный энергетический потенциал искусственно создаваемых физических полей, иногда существенно превосходящий по величине потенциал естественных геофизических полей и оказывающий в силу этого негативное воздействие на окружающую среду, инженерные сооружения и биоту [1]. Анализ многочисленных опубликованных и фондовых материалов свидетельствует о том, что в возникновении физического загрязнения в городе основную роль играют искусственные акустическое (шумовое), температурное и электромагнитное поля.

Особую экологическую опасность на исследуемой территории представляет *акустическое загрязнение*. Известно, что шум с уровнем звукового давления 30–35 дБ (А) – максимальный фоновый уровень шума – является привычным для человека и не беспокоит его. Повышение звукового давления до 40–70 дБ (А) создает значительную нагрузку на нервную систему, вызывающую ухудшение самочувствия, снижение производительности труда, способствует проявлению неврозов, язвенной болезни, а продолжительное шумовое воздействие при уровне звука выше 75 дБ (А) может привести к появлению негативных изменений в слуховом аппарате человека. Так, при 90 дБ (А) органы слуха начинают деградировать, 120 дБ (А) считается болевым порогом, уровень же шума выше 130 дБ (А) – разрушительный для органа слуха предел [2].

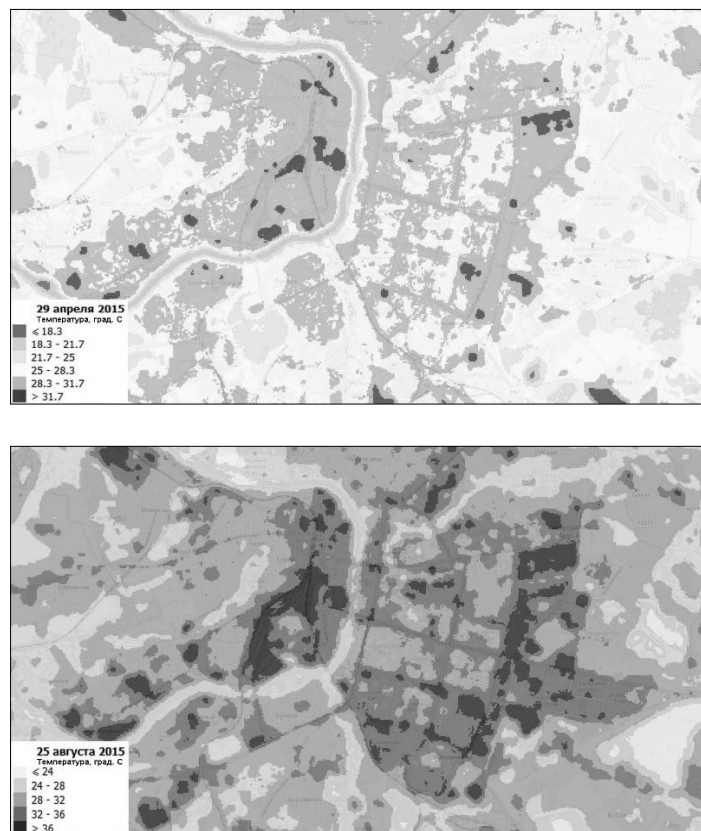
Источники шумового загрязнения по территории города распределены неравномерно, однако все они приурочены главным образом к транспортным магистралям (проспектам, улицам, линиям железной дороги), образуя сложную систему линейных источников шума (рисунок 1). Согласно исследованиям [3; 4], наиболее зашумленными оказались улицы, расположенные на выездах из города, а также улицы, их соединяющие. Это улицы Ленинградская, Гагарина, Воинов-интернационалистов, проспекты Московский, Строителей, Черняховского и др. Здесь уровень шума превышает 70 дБ (А). Значительному акустическому воздействию подвергаются центральные улицы города, особенно расположенные вблизи железнодорожного узла: улицы Комсомольская, Герцена, К. Маркса и др.



**Рисунок 1. – Схематическая карта акустического загрязнения Витебска**

Шумовое воздействие в городе усиливается еще и тем, что большая часть улиц застроена почти сплошным фронтом зданий повышенной этажности (проспекты Строителей, Московский, Фрунзе и др.). На территориях с относительно новой застройкой существует проблема шумового дискомфорта для средней и верхней части фасадов зданий, даже если они размещены с достаточным отступом от красных линий улиц. Это связано с тем, что в приземном слое происходит более интенсивное снижение уровня шума по мере удаления от его источников за счет звукопоглощающих свойств подстилающей поверхности (малые формы архитектуры, элементы микрорельефа, растительность и т. д.). Начиная с некоторого расстояния от источников шума, его уровень на высоте начинает превышать уровень шума у земли. В результате размер зон акустического дискомфорта до определенной высоты может увеличиваться по сравнению с наблюдающимся в приземном слое. По ориентировочным оценкам [3], в зонах шумового дискомфорта от автотранспорта проживают более половины численности населения города. С каждым годом по мере роста автомобильного парка города и увеличения интенсивности транспортных потоков по основным городским автомагистралям эта цифра увеличивается.

Вторым по значимости видом физического воздействия в геоэкологическом отношении на территории Витебска является *тепловое загрязнение*. Высокая степень закрытости городской территории и сосредоточение большого числа источников тепловой энергии в верхних слоях земной коры создают предпосылки для формирования так называемых тепловых «куполов» (рисунок 2). Источниками разогрева природной геологической среды служат кондиционеры промышленного типа, теплонесущие коммуникации, коллекторы, скважины технического водоснабжения и т. д. Кроме того, появлению температурных аномалий во многом способствуют сплошная застройка территории, покрытие асфальтом или бетоном грунтовой поверхности. В результате в пределах города наблюдается устойчивая тенденция к формированию пространной геотермической аномалии с превышением температуры над естественной фоновой на 3–10 °С в зависимости от времени года, как это иллюстрирует рисунок 2.



**Рисунок 2.** – Схематические карты тепловых «зон» Витебска в 2015 г. (по [5]).

Прогрев песчано-глинистых и техногенных грунтов, составляющих в Витебске самый верхний слой городского субстрата, не вызывает структурных их изменений, но способствует изменению свойств глинистых и особенно органоминеральных грунтов, что приводит к некоторым деформациям земной поверхности. Помимо этого умеренное нагревание грунтовой толщи увеличивает агрессивность горных пород по отношению к строительным конструкциям, возрастает степень химической и биохимической коррозии грунтов.

Анализ тепловых полей (рисунок) показал, что область с положительными высоко- и среднеконтрастными тепловыми аномалиями (превышение температуры над фоновой  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  и более), возникновение которых обусловлено функционированием промышленных предприятия, занимает в Витебске около 15 % его территории, а тепловыми утечками из подземных коммуникаций – около четверти территории города.

При таком тепловом влиянии увеличивается агрессивность грунтов и грунтовых вод по отношению к инженерным сооружениям и коммуникациям. Так, скорость почвенной коррозии в различных по составу грунтах увеличивается в среднем в два раза при росте температуры от 0 до  $45\text{--}55\text{ }^{\circ}\text{C}$  [6].

Повышению коррозионной активности грунтов при изменении температурного режима способствует значительное подтопление верхней части грунтовой толщи, развитое на территории Витебска за счет нарушения естественного режима влагообмена и фильтрации, а также утечек из водонесущих коммуникаций.

Значительный вклад в состояние геоэкологической обстановки в Витебске вносит *электромагнитное воздействие*. Данное воздействие на природную среду, преимущественно геологическую, обуславливается присутствием блуждающих электрических токов, для которых геологическая среда в городах является средой-носителем [7].



Электрическое поле блуждающих токов охватывает практически всю верхнюю часть литосферного пространства в пределах территории города, концентрируясь вблизи электрифицированных трамвайных и троллейбусных линий и депо, энергоустановок высокого напряжения, электромеханизмов, станций противокоррозионной защиты и т. п.

Согласно расчетам А. Д. Жигалина [8], в песчано-глинистых грунтах с малым электрическим сопротивлением (до 10 Ом) поле блуждающих токов локализуется в пределах небольшого по площади пространства на расстоянии нескольких метров от источника. В грунтах с низкой электропроводностью (сопротивление 100–500 Ом) поле блуждающих токов может наблюдаться на расстоянии нескольких километров от источника.

Коррозионная активность геологической среды находится в прямой зависимости от плотности электрических токов, проходящих в пределах нескольких метров в верхней части грунтовых толщ, где обычно устраиваются фундаменты зданий и сооружений, тепло-, газо- и водопроводы, другие инженерные коммуникации.

Высокая плотность электрических токов способствует интенсификации электрохимической коррозии, что, в свою очередь, сокращает сроки безаварийной службы вышеуказанных объектов; длительное воздействие поля блуждающих токов, в особенности постоянного и непериодического низкочастотного знакопеременного, стимулируя электрокинетические процессы, могут изменить величину удельного электрического сопротивления пород, представляющих основу геологической среды, и тем самым еще более усугубить общую коррозионную обстановку [8]. Примером тому является ситуация, возникшая в марте 2000 г. в районе дома № 45 на улице М. Горького, когда под трамвайными путями из-за электрокоррозионного разрушения канализационного коллектора произошел его прорыв, спровоцировавший образование на поверхности земли суффозионной воронки глубиной около 1 м и диаметром более 1,5 м. В результате движение трамваев было парализовано на три часа до устранения аварии.

Количественным отображением степени потенциальной коррозионной опасности может служить скорость коррозии металла находящихся в грунте труб, конструкций и т. п. [9]. Низкой степени потенциальной коррозионной опасности отвечает такая коррозионная активность грунта, при которой скорость коррозии металла не превышает 0,2–0,4 мм/год. При скорости коррозии металла 0,4–1,0 мм/год коррозионная активность грунта соответствует среднему уровню коррозионной опасности. При высокой степени коррозионной опасности коррозионная активность грунта «обеспечивает» скорость коррозии металла 1,0–2,0 мм/год и более. Следовательно, скорость коррозии металла в грунте может служить критерием для количественной оценки уровня электрического воздействия на геосреду и изменения коррозионной обстановки какой-либо исследуемой территории.

Оценка степени потенциальной коррозионной опасности для территории Витебска показывает, что основная часть города представляет собой область с преобладанием средней степени опасности (по данным инженерных изысканий Витебского отдела УП «Геосервис»). На долю отдельных разрозненных участков с высокой и низкой степенью коррозионной опасности приходится лишь незначительная часть общей территории.

**Биологическое воздействие** относится к числу особого класса антропогенных воздействий на природную среду городских территорий. Из всех его типов наиболее острые экологические проблемы часто связаны с биологическим загрязнением компонентов окружающей среды, под которым понимают привнесение в экосистемы в результате антропогенного воздействия нехарактерных для них видов живых организмов (бактерий, вирусов и др.), ухудшающих условия существования естественных биотических сообществ или негативно влияющих на здоровье человека.

Бактериологические, паразитологические и энтомологические показатели состояния урболов ландшафтов определяют уровень их эпидемиологической опасности. Эти виды загрязнения подлежат контролю, прежде всего на территориях селитебных и рекреационных зон.

По характеру данного типа воздействия в городе наиболее выражено загрязнение поверхностных вод и почвенного покрова. Как показали исследования санитарно-гигиенического состояния городских пляжей Витебска [10], организованных на Западной Двине, на протяжении ряда лет наблюдалось микробиологическое загрязнение воды в реке по таким показателям, как общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), колифаги, лактозоположительные кишечные палочки (ЛКП).

Согласно полученным результатам, самая опасная в эпидемиологическом отношении ситуация складывается на неорганизованном пляже в нижнем течении реки в районе парка «30 лет ВЛКСМ», где отмечено превышение как по показателю ОКБ, так и по показателю ТКБ и ЛКП. В 2005–2006 гг. здесь в зоне купания показатели ОКБ и ЛКП в воде превышали в 14 раз.

Неблагоприятная обстановка складывается и на неорганизованных пляжах в среднем течении Западной Двины в районе ул. Чехова и в районе учреждения образования «Колледж связи». В 2005 г. здесь было обнаружено превышение содержания ЛКП в воде в 48 раз.

На пляжах, организованных в верхнем течении реки (Мазурино и др.) ситуация относительно безопасная, превышений по микробиологическим показателям до открытия купальных сезонов не отмечалось.

Неоднозначная ситуация складывается и в отношении микробиологического загрязнения почвенного покрова города. По данным Витебского зонального центра гигиены и эпидемиологии, почвы территорий, занятых жилой застройкой, нередко подвержены загрязнению бактериями группы кишечной палочки (БГКП) и энтерококками (ЭК). Причем процент встречаемости участков с разными уровнями загрязнения БГКП и ЭК практически везде одинаков.

Доля участков со слабым, умеренным и сильным загрязнением БГКП достаточно велика, загрязненных энтерококками участков выявлено значительно меньше. В то же время загрязнение почв патогенными бактериями, в частности сальмонеллами, не было зафиксировано.

Проведенное санитарно-паразитологическое обследование почв Витебска [11] позволило выявить в них яйца 11 четко определяемых видов гельминтов домашних плотоядных: *Toxocara canis* (Werner, 1782), *Toxascaris leonina* (Linstow, 1902), *Dipylidium caninum* (L., 1758), *Ancylostoma caninum* (Ercolani, 1859), *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1854), *Strongyloides vulpis* (Petrow, 1941), *Trichocephalus vulpis* (Froelich, 1789), *Mesocestoides lineatus* (Goeze, 1782), *Echinococcus granulosus* (Batsch, 1786), *Alaria alata* (Goeze, 1782), *Capillaria plica* (относящихся к трем классам: *Trematoda* (Rudolphi, 1808), *Cestoda* (Rudolphi, 1808), *Nematoda* (Rudolphi, 1808).

Кроме того, в анализируемых почвенных пробах были обнаружены виды семейства *Taeniidae* (Ludwig, 1886) – *Taenia sp.*, видовое определение которых невозможно на стадии яйца. При этом доминирующее положение, согласно исследованиям, занимает *Toxocara canis* с частотой встречаемости около 54 % инвазированных проб.

Из 234 опробованных образцов почв в 36 из них содержались яйца гельминтов собак (15,4 %). Причем была установлена очевидная неоднородность загрязнения почв в различных районах города (таблица).

Таблица. – Загрязнение почв яйцами гельминтов в функциональных зонах Витебска

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

Исследования позволили оценить влияние отдельных факторов среды города на выживаемость в ней некоторых видов гельминтов. Установлено, что основными факторами, определяющими возможность и скорость развития инвазионного начала *T. canis* в почве, являются влажностный и температурный режимы окружающей среды. В условиях Витебска диапазон температуры среды ( $T_{cp}$ ) для развития яиц гельминта составляет  $+12,5-37\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в интервале  $T_{cp} +24-32\text{ }^{\circ}\text{C}$  развитие яиц завершилось в течение 7–10 сут. при 3–4,5 % погибших. В зоне температур среды  $+24-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ , принятых за оптимальные, минимальные значения влажности почвы и относительной влажности воздуха, при которых наблюдается развитие яиц токсокар, составляют 4 и 55 % соответственно, при этом оптимальные влажности, способствующие ускорению полного развития яиц гельминта и уменьшению количества погибших яиц, устанавливаются на уровне 51–59 % для почв и 82–93 % для воздуха. При отклонении от оптимальных значений влажностей происходит замедление развития яиц и возрастает число погибших.

Установлено влияние концентрации растворенного в воде кислорода на развитие яиц токсокар. В условиях оптимальных температур среды  $+24-26\text{ }^{\circ}\text{C}$  при содержании кислорода в пределах  $8,0-9,0\text{ мгО}_2/\text{дм}^3$  полное развитие яиц токсокар происходит спустя 8 сут. при 88 % инвазионных яиц к этому времени. Понижение содержания растворенного кислорода до  $4,0-5,5\text{ мгО}_2/\text{дм}^3$  сокращает время развития яиц до 10 сут. при снижении количества погибших яиц. Дальнейшее снижение содержания кислорода до  $2,0-3,0\text{ мгО}_2/\text{дм}^3$  замедляет полное развитие яиц *T. canis* до 28 сут. при увеличении количества погибших яиц. Учитывая гибель яиц гельминта, оптимальным следует считать содержание растворенного кислорода в воде в пределах  $4,0-5,5\text{ мгО}_2/\text{дм}^3$  вне зависимости от температуры. Из анализа экологической ситуации в Витебске следует, что основными источниками биологического загрязнения являются утечки из канализационной сети, фекалии частного сектора, сточные воды предприятий пищевой промышленности, кладбища, а также поступление экскрементов от выгуливаемых домашних животных, количество которых на территории жилых микрорайонов, скверов и небольших парков с каждым годом возрастает.

### Заключение

Результаты проведенных исследований позволяют сформулировать следующие основные выводы.

1. В формировании физического загрязнения в Витебске основную роль играют искусственные (акустическое (шумовое), температурное и электромагнитное) поля.

2. Анализ пространственных и частотных характеристик шумового воздействия в городе Витебске и определение размеров формируемых ими зон воздействия свидетельствует о том, что основными источниками шума являются транспорт и транспортные магистрали. Более 60 % городской территории испытывают акустические нагрузки

40–70 дБ (А) и относятся к зоне риска, 10 % территории подвержены шумовой нагрузке с уровнем звукового давления выше 70 дБ (А) и формируют зону кризиса.

3. Источниками теплового загрязнения на территории города непосредственно являются промышленные и коммунальные предприятия, сети теплоснабжения и коммуникаций, другие теплоэнергетические объекты, функционирование которых при относительно равномерном их территориальном распределении приводит к созданию тепловых аномалий в грунтовой толще. Появление таких аномалий во многом происходит из-за сплошной застройки территории, покрытия поверхности земли асфальтом или бетоном. Анализ тепловых полей показал, что участки с положительными высоко- и среднеконтрастными тепловыми аномалиями (превышение температуры над фоновой 10 °С и более), возникновение которых обусловлено функционированием промышленных предприятий, занимают в пределах Витебска около 15 % его территории, а тепловыми утечками из подземных коммуникаций – около четверти территории города.

4. Использование электроэнергии в городском хозяйстве и на транспорте обуславливает электромагнитное воздействие, приводящее к электрокоррозионному загрязнению природной, главным образом геологической, среды. Оценка степени потенциальной коррозионной опасности для Витебска позволила установить, что основная часть территории города представляет собой область с преобладанием средней степени опасности, на долю отдельных разрозненных участков с высокой и низкой степенью коррозионной опасности приходится лишь незначительная часть общей территории.

5. По характеру биологического воздействия на территории города наиболее выражены биоорганические загрязнения поверхностных вод и почвенного покрова. Основными их источниками являются утечки из канализационной сети, фекалии частного сектора, сточные воды предприятий пищевой промышленности, свалка ТКБО, кладбища, а также экскременты выгуливаемых домашних животных.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимов, В. Т. Экологическая геология / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М. : МГУ, 2002. – 414 с.
2. Колесников, С. И. Экология / С. И. Колесников. – М. : Дашков и К° ; Ростов н/Д : Наука Пресс, 2006. – 383 с.
3. Галкин, П. А. Источники и особенности физического воздействия на геоэкологическую систему Первомайского района Витебска / П. А. Галкин // Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств : материалы науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 16 мар. 2016 г. / Гомел. гос. ун-т ; редкол.: И. А. Павловский (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2016. – С. 181–184.
4. Информационный бюллетень «О превышениях нормативов выбросов/сбросов загрязняющих веществ предприятиями Республики Беларусь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecoinfo.by/content/800.html>. – Дата доступа: 31.07.2020.
5. Using the USGS Landsat 8 Product [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>. – Дата доступа: 10.08.2020.
6. Москва. Геология и город / под ред. В. И. Осипова, О. П. Медведева. – М. : Моск. учебники и картолитография, 1997. – 399 с.
7. Красовская, И. А. Оценка состояния эколого-геологических условий урбанизированных территорий / И. А. Красовская, А. Н. Галкин. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2007. – 165 с.

8. Жигалин, А. Д. Техногенные физические поля и их роль в изменении геологической среды городов / А. Д. Жигалин // Гидрогеологические и инженерно-геологические условия территории городов. – М. : Наука, 1989. – С. 31–38.

9. Жигалин, А. Д. Опыт количественной оценки техногенного физического воздействия на геологическую среду / А. Д. Жигалин, Г. П. Локшин, Н. С. Просунцова // Инженер. геология. – 1990. – № 1. – С. 79–86.

10. Черкасова, О. А. Рекреационное использование реки Западная Двина в черте г. Витебска / О. А. Черкасова, И. И. Бурак // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2007. – № 4. – С. 149–156.

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

## REFERENCES

1. Trofimov, V. T. Ekologichieskaja geologija / V. T. Trofimov, D. G. Ziling. – М. : MGU, 2002. – 414 s.

2. Koliesnikov, S. I. Ekologija / S. I. Koliesnikov. – М. : Dashkov i K<sup>o</sup> ; Rostov n/D : Nauka Press, 2006. – 383 s.

3. Galkin, P. A. Istochniki i osobennosti fizichieskogo vozdiejstvija na gieoekologichieskuju sistiemu Piervomajskogo rajona Vitiebska / P. A. Galkin // Aktual'nyje voprosy nauk o Ziernie v koncepcii ustojchivogo razvitija Bielarusi i sopriediel'nykh gosudarstv : materialy nauch.-prakt. konf. studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchionykh, Gomiell', 16 mar. 2016 / Gomiell. gos. un-t ; riedkol.: I. A. Pavlovskij (otv. ried.) [i dr.]. – Gomiell', 2016. – S. 181–184.

4. Informacionnyj biullietien' «O prievyshenijakh normativov vybrosov/sbrosov zagriazniajushchikh vieshchiestv priedprijatijami Riespubliki Bielarus'» [Elietronnyj riesurs]. – Riezhim dostupa: <http://www.ecoinfo.by/content/800.html>. – Data dostupa: 31.07.2020.

5. Using the USGS Landsat 8 Product // USGS [Elietronnyj riesurs]. – 2020. – Rezhim dostupa: <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>. – Data dostupa: 10.08.2020.

6. Moskva. Geologija i gorod / pod ried. V. I. Osipova, O. P. Miedviedieva. – М. : Mosk. uchiebniki i kartolitografija, 1997. – 399 s.

7. Krasovskaja, I. A. Ocenka sostojanija ekologo-geologichieskikh uslovij urbanizirovannykh tierritorij / I. A. Krasovskaja, A. N. Galkin. – Vitiebsk : VGU im. P. M. Masherova, 2007. – 165 s.

8. Zhigalin, A. D. Tiekhnogiennyje fizichieskije polia i ikh rol' v izmienienii geologichieskoj sriedy gorodov / A. D. Zhigalin // Gidrogeologichieskije i inzhienierno-geologichieskije uslovija tierritorii gorodov. – М. : Nauka, 1989. – S. 31–38.

9. Zhigalin, A. D. Opyt kolichiestvennoj ocenki tiekhnogiennogo fizichieskogo vozdiejstvija na gieologichieskuju sriedu / A. D. Zhigalin, G. P. Lokshin, N. S. Prosuncova // Inzhieniernaja geologija. – 1990. – № 1. – S. 79–86.

10. Chierkasova, O. A. Riekriecionnoje ispol'zovanie rieki Zapadnaja Dvina v chiertie g. Vitiebska / O. A. Chierkasova, I. I. Burak // Vesn. Vicieb. dzyiarzh. un-ta. – 2007. – № 4. – S. 149–156.

11. Masalkova, Yu. Yu. Giel'mintologichieskaja ocenka vnieshnej sriedy Vitiebskogo riegiiona / Yu. Yu. Masalkova // Vesn. Vicieb. dzyiarzh. un-ta. – 2012. – № 5. – S. 50–54.

УДК 911.2:556.51(476.2)

**Нина Владимировна Годунова***ст. преподаватель каф. геологии и географии**Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины***Nina Godunova***Senior Lecturer of the Department of Geology and Geography**of the Fransick Skorina Gomel State University**e-mail: godunina@yandex.ru***ПРИРОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА БАСЕЙНОВЫХ СИСТЕМ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ**

*Приводится анализ таких физико-географических условий, как климат, рельеф и биологическое разнообразие территорий, которые влияют на формирование рекреационных ресурсов в пределах крупнейших бассейновых систем юго-востока Беларуси. В качестве объектов исследования выбраны территории бассейнов крупнейших рек юго-востока Беларуси: Днепра, Березины, Сожа, Припяти. В процессе работы исследовались многолетние климатические показатели, изучались геоморфологические данные, анализировались статистические материалы. На основании полученных показателей установлены промежуточные результаты, которые указывают на основные тенденции в развитии некоторых конкретных видов туризма на исследуемых территориях.*

*Ключевые слова:* речной бассейн, природные условия, климат, ландшафт, рельеф, рекреационный потенциал, туризм.

**Natural Prerequisites for the Formation of the Recreational Potential of Basin Systems in the Southeast of Belarus**

*The study analyzes such physical and geographical conditions as climate, topography and biological diversity of the territory that affect the formation of recreational resources within the largest basin systems in the Southeast of Belarus. The territories of the basins of the largest rivers in the South-East of Belarus: the Dnieper, the Berezina, the Sozh, and the Pripyat were selected as research objects. In the course of the work, long-term climate indicators were studied, geomorphological data were studied, and statistical materials were analyzed. Based on the obtained indicators, intermediate results are established that indicate trends in the development of certain specific types of tourism in the study area.*

*Key words:* river basin, vegetation, climate, landscape, relief, recreational potential, tourism.

**Введение**

Рекреация и туризм требуют особых свойств ресурсов, которые позволили бы удовлетворить разнообразные туристско-рекреационные потребности людей. Во многих странах мира рекреация и туризм стали одним из важных факторов и источников благосостояния народов, сохранения и развития природных, культурных, духовных ценностей, сферы услуг, системы расселения, а также устойчивого развития регионов и отдельных территорий. Рекреационная деятельность и туризм стали необходимым и обязательным (и одним из самых эффективных) инструментом, с одной стороны, сохранения здоровья человека, его развития, совершенствования его образовательного, культурного уровней, а с другой – профессиональной его подготовки. Специфика современной рекреационной деятельности имеет системный и комплексный характер. При этом прослеживаются различные отношения между рекреантами – отдыхающими и природными комплексами со своим рекреационным набором природных составляющих.

Привлекательность территорий для туристической и рекреационной деятельности в нашем регионе обусловлена прежде всего комфортными природными условиями. Чаще всего излюбленными местами для отдыха становятся берега рек. В юго-восточной части Беларуси речные бассейны являются важными объектами формирования рекреационного потенциала.

Цель исследования состоит в изучении физико-географических условий, которые влияют или могут оказать влияние на формирование рекреационного потенциала в бассейновых системах рек, дренирующих юго-восточную часть Беларуси. Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи: провести анализ фактических климатических, геоморфологических и биогеографических данных из статистических и других источников; обосновать условия формирования природно-рекреационного потенциала на исследуемой территории.

В настоящее время в бассейнах большинства рек в значительной мере изменены природные составляющие, такие как рельеф, геология и гидрогеология, гидрологические условия и климат. Поскольку бассейн реки представляет собой целостную природно-антропогенную систему, где взаимодействуют природные, природно-техногенные и техногенные компоненты, то необходимо учитывать все условия, под воздействием которых формируется новый природно-рекреационный комплекс, функционирование которого труднопредсказуемо и к настоящему времени мало изучено.

### **Материалы и методы исследования**

Теоретико-методологической основой исследований послужили работы специалистов в области туризма и рекреации (М. Г. Ясовеева, И. И. Пирожника, Е. Н. Карчевской и др.), а также работы специалистов в области физической географии (А. В. Матвеева, А. И. Павловского, В. Ф. Логинова и др.).

Грамотная организация сети рекреационных территорий должна иметь в своей основе научно обоснованную методологическую базу. В частности, в современных научных исследованиях и практике природопользования все большее внимание уделяется бассейновой концепции, согласно которой бассейн реки, как особая пространственная единица биосферы наиболее перспективен для многоаспектного изучения природы и управления окружающей средой.

Речной бассейн представляет собой природную, высокой степени целостности, саморегулирующуюся, парадинамическую и парагенетическую геосистему с четко выделенными на местности границами [1, с. 8]. Эти признаки позволяют считать бассейновые геосистемы объективной основой для решения комплекса задач в сфере территориальной организации рекреационной деятельности в пределах речных систем. Основным условием бассейнового подхода является переход от административно-территориального деления территории к рассмотрению ее как совокупности природных комплексов – речных бассейнов с хорошо выраженными естественными рубежами – водоразделами рек. Это обеспечивает природную обусловленность рекреационных объектов, располагающихся на различных элементах водосбора. Таким образом, бассейновый подход позволяет прогнозировать особенности антропогенного воздействия на рекреационные объекты в пределах речных систем, что в конечном итоге позволяет найти оптимальный вариант взаимодействия природы и человека на таких объектах. В процессе исследования условий формирования рекреационных ресурсов использовались статистический, описательный, сравнительно-географический методы.

### **Результаты и их обсуждение**

В современных условиях рекреация и туризм стали рассматриваться как необходимая система постоянных (регулярных и осознанных) занятий для активной и плодотворной жизни современного человека. Рост потребностей человека в восстановлении сил и отдыхе приводит к увеличению предложений по реализации этих потребностей. На территории юго-востока Беларуси рекреационная деятельность возникла и развивается относительно стихийно. Поэтому методически грамотно сформированная система

рекреационных объектов сегодня является важным условием для развития не только туристической деятельности, но и всего социально-экономического комплекса региона.

Специалистами в области туристско-рекреационной деятельности определен набор природных факторов, обуславливающих развитие рекреационной деятельности в нашей стране: климат, рельеф, поверхностные воды, естественная растительность. Степень пригодности каждого фактора для отдыха определена с помощью количественных показателей, преобразованных в условные баллы, в границах ландшафтных районов [2–5].

В данном исследовании объектами изучения являются бассейновые системы рек территории юго-восточной части Беларуси как база для формирования рекреационной деятельности. Водные объекты сами по себе являются важнейшим рекреационным ресурсом. Используя потенциал физико-географических условий (климат, растительность, рельеф) в пределах бассейнов крупных рек данной территории, будет возможно развивать туристско-рекреационную деятельность.

Физико-географические условия бассейновых систем определены географическим положением. Рассматриваемая территория охватывает западную часть Восточно-Европейской равнины и располагается в пределах Полесской и Приднепровской низменностей. Территория бассейнов рек юго-востока Беларуси удалена от Атлантического океана на 1 500–1 800 км, открыта теплым и влажным воздушным массам, поступающим с Атлантики, что оказывает большое влияние на специфику формирования и развития местных природных комплексов [3, с. 5].

Крупнейшие речные бассейны изучаемой территории – бассейны Днепра, Припяти, Сожа и Березины – относятся к бассейну Черного моря. Согласно гидрологическому районированию, территория принадлежит Припятскому, Днепровскому (Верхнеднепровскому) и Центральноберезинскому гидрологическим районам. По гидрологическому режиму реки относятся к Восточно-Европейскому типу.

Для них свойственно четко выраженное весеннее половодье и сравнительно устойчивые летне-осенняя и зимняя межени, которые иногда нарушаются паводками от дождей летом и оттепелей зимой. Во время половодья уровень воды может подняться в Днепре на 4 м, Березине – на 3,5, Припяти – 4,5, а в районе Мозыря до – 7 м, в Соже – на 5 м. По средним значениям водности за год в период весеннего половодья проходит около 55–65 % годового стока, 20–28 % приходится на летне-осеннюю межень и 13–16 % – на зимний период [3; 4].

Реки юго-востока Беларуси используются в качестве судоходных путей сообщения, для промысла рыбы, орошения, являются источниками питьевого и хозяйственного водоснабжения, на их берегах создаются рекреационные зоны. Последние в настоящее время являются перспективными объектами для развития туристического комплекса рассматриваемого региона и страны в целом.

Ключевыми компонентами туристско-рекреационного потенциала являются природные рекреационные ресурсы, под которыми понимаются территориальные сочетания природных компонентов с их функциональной, временной и территориальной комфортностью для туристско-рекреационной деятельности [2; 4; 5].

Важнейшим физико-географическим условием формирования рекреационного продукта на любой территории является климат. Такие его показатели, как тепловой и температурный режимы, особенности увлажнения, продолжительность и высота снежного покрова определяют привлекательность территории для сезонного отдыха.

Наиболее комфортным временем для рекреационной деятельности летом считается период со среднесуточными температурами воздуха от +15 °С и выше. С учетом этого показателя продолжительность комфортного периода в бассейнах рек юго-востока Беларуси составляет примерно 3 месяца и длится с середины – конца мая до середины августа, в некоторые годы комфортен отдых на реках и в середине сентября. Важным



параметром благоприятности климатических условий для отдыха является продолжительность солнечного сияния за комфортный период. Она изменяется с широтой, достигая 950 часов. Необходимо учитывать и такой показатель, как относительная влажность воздуха. В полдень за период со среднесуточными температурами от  $+15^{\circ}\text{C}$  и выше относительная влажность воздуха изменяется от 55 до 60 %, достигая минимальных значений в Гомельском Полесье [2; 3].

Отдых в зимнее время также предъявляет определенные требования к климатическим условиям и в первую очередь к температуре воздуха. Комфортными считаются дни со среднесуточными температурами воздуха от  $-5$  до  $-15^{\circ}\text{C}$ . При этом учитывается длительность солнечного сияния за зимний период, а также высота снежного покрова.

Климатические условия в бассейновой системе Днепра на территории Беларуси определены географическим положением, равнинным рельефом и другими факторами. Циркуляция атмосферы в бассейне реки Днепр вызывает постоянную смену воздушных масс. Западный перенос воздушных масс способствует формированию в нижних слоях атмосферы ветров западного, северо-западного и юго-западного направлений, которые приносят с собой пасмурную погоду и дожди летом, снег и оттепель зимой. С востока на территорию поступают сухие континентальные воздушные массы, которые приносят зимой ясную погоду с сильными морозами, летом – сухую и жаркую погоду. С северо-востока приходят арктические континентальные воздушные массы, приносящие похолодание с порывистым ветром и переменной облачностью. Тропический воздух с юга наблюдается редко и сопровождается значительным повышением температуры приземного слоя воздуха. Для территории бассейна реки Днепр в пределах Беларуси характерно увеличение с юга на север количества атмосферных осадков: от 500 до 600 мм в год. Среднее число дней с осадками варьирует от 145 до 195. Максимальное число дней с осадками отмечается в декабре – январе, минимальное – в мае и сентябре [2; 3; 6].

Средняя температура воды летом  $19-22^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность купального сезона 80–90 дней [6]. Продолжительность дней с температурой воздуха выше  $15^{\circ}\text{C}$  изменяется от 100 в Рогачеве до 110 в Лоеве [7, с. 14].

Зимой вертикальная мощность снежного покрова составляет от 15 до 25 см. Снежный покров устойчиво залегает в начале декабря на севере бассейна, на юге – в конце декабря. Разрушение снежного покрова приходится на начало апреля – конец марта. Почти такие же показатели характерны для территории бассейна Сожа и Березины в пределах исследуемой территории.

Климат бассейна Припяти характеризуется как умеренно-континентальный с теплым и влажным летом и относительно мягкой зимой. Континентальность климата возрастает в юго-восточном направлении. Среднегодовая температура воздуха в бассейне изменяется от  $+6,3$  до  $+7,2^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность безморозного периода колеблется от 170 дней на юго-западе до 150 дней на востоке бассейна [4; 8].

Основной закономерностью пространственного распределения осадков в пределах бассейна Припяти, обусловленной общими циркуляционными факторами, является их уменьшение с северо-запада и юго-запада в направлении на запад и восток. Некоторое увеличение количества осадков прослеживается с переходом к более высоким абсолютным отметкам поверхности. Максимальное количество осадков выпадает на склонах Мозырской гряды. Месячные суммы осадков имеют четко выраженный годовой ход с минимумом в феврале–марте и максимумом в июне–июле. Преобладают осадки небольшой интенсивности, хотя за отдельные ливневые дожди может выпасть несколько десятков миллиметров осадков. Наибольшее суточное количество осадков по данным разных метеостанций бассейна составляет от 114 до 177 мм [7; 8].

Снежный покров в пределах бассейна характеризуется значительной неустойчивостью. Средние даты образования устойчивого снежного покрова изменяются от 20 декабря на северо-востоке бассейна до 30 декабря на юго-западе.

Аналогичная картина и с разрушением снежного покрова. Средние даты разрушения устойчивого снежного покрова изменяются в противоположном направлении: от 5 марта на юго-западе до 15 марта на северо-востоке бассейна р. Припять. Средняя максимальная высота снежного покрова колеблется от 10–15 см на западе до 20–25 см на востоке бассейна [7; 8]. Ветровой режим бассейна Припяти обусловливается макроциркуляционными процессами в атмосфере и положением барических центров над континентом Евразия и Атлантическим океаном.

Зима на данной территории мягкая, пасмурная, с оттепелями. Характерная особенность зимы – частые вторжения теплого воздуха, сопровождаемые оттепелями. Это приводит иногда к полному исчезновению снежного покрова, который через несколько дней устанавливается снова. В отдельные зимы наблюдаются сильные морозы.

Лето в пределах бассейна Припяти теплое, с дождями. За летние месяцы выпадает более 200 мм осадков. Значительная часть осадков выпадает в виде ливней, которые связаны с прохождением циклонов с юго-запада. Средняя температура летних месяцев (июнь–август) удерживается около +16–20 °С. При вторжении тропического воздуха температуры могут достигать абсолютных максимумов (+38 °С). Иногда в июле бывают похолодания, и температура ночью опускается ниже 0 °С [3; 8]. За последние десятилетия отмечаются некоторые изменения в характеристиках климата, средняя годовая температура воздуха в данном регионе (как и во всем Северном полушарии) имеет тенденцию к возрастанию. На территории бассейна Припяти это увеличение составило +0,7–0,9 °С за последние 100 лет. Особенно это касается холодного периода года, где темпы повышения температуры в 2–3 раза выше [4; 8]. В то же время выявлена тенденция к уменьшению атмосферных осадков и снижению средней вертикальной мощности снежного покрова.

Таким образом, на территории бассейна реки Припять продолжительность комфортного для отдыха периода летом (с температурой выше +15 °С) составляет 105–110 дней.

По совокупности перечисленных климатических факторов видно, что территория бассейнов рек юго-востока Беларуси обладает наиболее комфортными климатическими условиями для летнего отдыха. Наиболее распространенными в это время являются такие виды туризма, как экологический, водный и пляжный. В зимний период комфортный отдых будет менее продолжительным. В эту пору года на данной территории складываются комфортные условия для развития охотничьего, медицинского, лыжного, горнолыжного и санного видов отдыха.

В течение всего года туристы посещают юго-восток Беларуси с разнообразными туристическими целями: от реабилитации в санаторно-курортных комплексах до уединения с природой в нетронутых уголках речных бассейнов региона.

В меньшей степени, чем климат, на формирование рекреационных ресурсов влияет такой фактор, как рельеф. Современный рельеф речных бассейнов юго-востока Беларуси сформирован в результате длительного геологического развития под влиянием эндогенных и экзогенных факторов, а также хозяйственной деятельности человека.

Рельеф водораздельных поверхностей территории речных бассейнов рек юго-востока Беларуси преимущественно равнинный, слабохолмистый. На водоразделах сохранились формы ледникового и водно-ледникового рельефа, представленные небольшими изолированными холмами с пологими склонами и плоскими вершинами. Фрагментарно встречаются участки пологоволнистой моренной равнины с термокарстовыми западинами. Абсолютные высоты изменяются в пределах от 160 до 221 м. Относи-

тельные превышения составляют 5–25 м. Долины рек хорошо разработаны: широкие, террасированные, асимметричные. На бортах речных долин развиваются многочисленные овраги и балки. В пределах Мозырской гряды наблюдается падение абсолютных высот с севера и северо-востока на юг и юго-запад. На рассматриваемой территории выделяется краевой ледниковый рельеф, состоящий из серии гряд и холмисто-увалистых комплексов. В зимнее время года (с декабря до начала марта) на территории Мозырской гряды осуществляется горнолыжный туризм.

Таким образом, территория бассейновых систем в пределах юго-востока Беларуси обладает невысокой степенью разнообразия рельефа. Однако при оценке рельефа с позиций его пригодности для осуществления рекреационной деятельности обычно принимают во внимание его живописность, мозаичность и степень расчлененности, крутизну склонов, наличие фокусных обзорных точек. Очевидно, что в условиях бассейнов рек изучаемой территории равнинный рельеф, определяющий эстетичность ландшафта, может выступать в этом регионе как великолепный фон для осуществления рекреационной деятельности. Предпочтительными в этих условиях могут являться медицинские, охотничий, пляжный, экологический виды туризма.

Очень важным природным фактором, обуславливающим развитие рекреации, является естественная растительность и животный мир территории. Отдых тесно связан с наличием лесных массивов. Наиболее благоприятными лесами для всех видов отдыха в Беларуси считаются сосновые, дубовые и широколиственно-сосновые леса при оптимальной лесистости около 35 % [2–5]. Бассейновые системы юго-востока Беларуси имеют небольшие отличия по этим критериям. Бассейны рек Днепр, Сож и Березина расположены в зоне с лесистостью 25–35 %, в то время как бассейн реки Припять имеет лесистость от 35 до 55 % и выше [7, с. 21].

Биоразнообразие территории бассейнов рек изучаемой территории характеризуется наличием более 90 видов рыб (60 из которых обитают непосредственно в реке Днепр), около 182 видов птиц и более 2 500 видов растений. В бассейне реки Днепр обитает 4 редких вида рыб, находящихся под угрозой исчезновения и занесенных в Красную книгу Республики Беларусь: стерлядь, ручьевая форель, рыбец, обыкновенный усач [3; 6].

Исходя из фактора природного биоразнообразия, на территории бассейнов рек юго-востока Беларуси наиболее приемлемыми будут охотничий, медицинский, экологический виды туризма.

Бассейны рек юго-востока Беларуси составляют совокупность различных взаимосвязанных экосистем, которые играют огромную роль в сохранении биологического разнообразия не только на региональном и национальном, но и на общеевропейском уровне. Примером такой экосистемы является бассейн реки Припять, а также пойменно-речные ландшафты бассейна реки Днепр. Ценность поймы реки Припять состоит в том, что здесь сосредоточены наиболее сохранившиеся в Полесье пойменно-речные комплексы. Здесь также находятся единственные оставшиеся в бассейне пойменные лесные массивы, которые являются уникальными по своему географическому положению, структуре древесного и подлесочного ярусов, а также по флористическому составу.

Таким образом, бассейновые системы юго-востока Беларуси являются уникальными экосистемами восточно-европейского региона, которые характеризуются значительным биологическим разнообразием и представляют собой экологическую сеть с устоявшимися природными процессами. Эта местность считается одним из крупнейших участков заболоченных территорий в Европе, являясь средой обитания птиц и диких животных и играя ключевую роль в предотвращении паводков и фильтрации воды. Кроме того, она является крупнейшим поглотителем углерода. Сохранение этого статуса является значимым критерием в оценке рекреационного потенциала территории.

### **Заключение**

Специфика современной рекреационной деятельности имеет системный и комплексный характер. При этом прослеживаются различные отношения между рекреантами – отдыхающими и природными комплексами со своим рекреационным набором природных составляющих.

В современных условиях рекреация и туризм рассматриваются как необходимая система постоянных регулярных и осознанных занятий для активной и плодотворной жизни современного человека. Рост потребностей человека в восстановлении сил и отдыхе приводит к увеличению предложений по реализации этих потребностей. Сформированная система рекреационных объектов является важным условием для развития не только туристической деятельности, но и всего социально-экономического комплекса региона в пределах бассейновых систем юго-востока Беларуси.

Бассейновые системы юго-востока Беларуси являются уникальными экосистемами восточно-европейского региона, которые характеризуются значительным природным потенциалом – комфортным климатом, рельефом, привлекательными ландшафтами. Все это является природными предпосылками формирования рекреационного потенциала территории.

Климат, рельеф и биологическое разнообразие – это важные факторы, определяющие рекреационную ценность территории речных бассейнов на юго-востоке Беларуси. При этом также необходимо учитывать геоэкологические, социально-демографические и другие факторы, которые в сочетании с природными дадут возможность методически грамотно и рационально организовать рекреационную деятельность с применением богатого рекреационного потенциала бассейновых систем.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Козин, В. В. Парагенетический ландшафтный анализ речных долин / В. В. Козин. – Тюмень : Тюмен. гос. ун-т, 1979. – 88 с.
2. Счастливая, И. О. Рекреационный потенциал ландшафтов Беларуси и особенности его использования [Электронный ресурс] / И. О. Счастливая, С. П. Сахарова // Туризм и региональное развитие : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/47796>. – Дата доступа: 26.10.2020.
3. Гомельская область / Г. Н. Каропа [и др.] ; под ред. Г. Н. Каропы. – 2-е изд., доп. и перераб. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2011. – 168 с.
4. Ясовеев, М. Г. Водные ресурсы Республики Беларусь (распространение, формирование, проблемы использования и охраны) / М. Г. Ясовеев, О. В. Шершнева, И. И. Кирвель. – Минск : БГПУ, 2005. – 296 с.
5. Гайдаш, Е. А. Оценка рекреационного потенциала Гомельской области [Электронный ресурс] / Е. А. Гайдаш, Т. В. Мосько, М. Г. Ясовеев // Географические аспекты устойчивого развития регионов. – Режим доступа: <http://elib.bspu.by/handle/doc/4029/>. – Дата доступа: 06.11.2020.
6. План управления бассейном реки Днепр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.cricuwr.by/plan\\_dnepr/](http://www.cricuwr.by/plan_dnepr/). – Дата доступа: 20.06.2020.
7. География Беларуси. Атлас : учеб. пособие / П. С. Лопух [и др.]. – Минск : Белкартография, 2016. – 72 с.
8. План управления бассейном реки Припять [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.cricuwr.by/static/files/ads/project\\_prypiat.pdf](http://www.cricuwr.by/static/files/ads/project_prypiat.pdf). – Дата доступа: 20.06.2020.

## REFERENCES

1. Kozin, V. V. Paragienietichieskij landshaftnyj analiz riechnyh dolin / V. V. Kozin. – Tiumien' : Tiumien. gos. un-t, 1979. – 88 s.
2. Schastnaja, I. O. Riekrieacionnyj potencial landshaftov Bielarusi i osobiennosti jeho ispol'zovanija [Elektronnyj riesurs] / I. O. Schastnaja, S. P. Saharova // Turizm i riegiional'noje razvitije : materialy III Mieżhdunar. nauch.-prakt. konf. – Riezhim dostupa: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/47796/>. – Data dostupa: 26.10.2020.
3. Gomielskaja oblast' /G. N. Karopa [i dr.] ; pod ried. G. N. Karopy. – 2-e izd., dop. i pierierab. – Gomiel': GGU im. F. Skoriny, 2011. – 168 s.
4. Yasoviejev, M. G. Vodnyje riesursy Riespubliki Bielarus' (rasprostranienije, formirovanije, problemi ispol'zovanija i okhrany) / M. G. Yasoviejev, O. V. Shershniev, I. I. Kirviel'. – Minsk : BGPU, 2005. – 296 s.
5. Gajdash, Ye. A. Ocenka riekrieacionnogo potenciala Gomielskoj oblasti [Elektronnyj riesurs] / Ye. A. Gajdash, T. V. Mos'ko, M. G. Yasoviejev // Geografichieskije aspiekty ustojchivogo razvitija riegiionov. – Rezhim dostupa: <http://elib.bspu.by/handle/-doc/4029/>. – Data dostupa: 06.11.2020.
6. Plan upravlienija bassiejnom rieki Dniepr [Elektronnyj riesurs]. – Rezhim dostupa: [http://www.cricuwr.by/plan\\_dnepr/](http://www.cricuwr.by/plan_dnepr/). – Data dostupa: 20.06.2020.
7. Geografija Bielarusi. Atlas : uchieb. posobie / P. S. Lopuh [i dr.]. – Minsk : Bielkartografija, 2016. – 72 s.
8. Plan upravlienija bassiejnom rieki Pripjat' [Elektronnyj riesurs]. – Riezhim dostupa: [http://www.cricuwr.by/static/files/ads/project\\_prypiat.pdf/](http://www.cricuwr.by/static/files/ads/project_prypiat.pdf/). – Data dostupa: 20.06.2020.

*Рукапіс наступіў у рэдакцыю 22.02.2021*

УДК 911.3:61

**Оксана Олеговна Дорожко<sup>1</sup>, Оксана Ивановна Грядунова<sup>2</sup>,  
Сергей Владимирович Панько<sup>3</sup>, Максим Альбертович Богдасаров<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>магистр геогр. наук, аспирант каф. географии и природопользования  
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

<sup>2</sup>канд. геогр. наук, доц., зав. каф. географии и природопользования  
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

<sup>3</sup>д-р мед. наук, проф., зав. каф. анатомии, физиологии и безопасности человека  
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

<sup>4</sup>д-р геол.-минерал. наук, проф., член-кор. Национальной академии наук Беларуси  
проф. каф. географии и природопользования

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

**Oksana Dorozhko<sup>1</sup>, Oksana Gryadunova<sup>2</sup>, Sergej Panko<sup>3</sup>, Maksim Bogdasarov<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Master of Geographical Sciences,

Post-Graduate Student of the Department of Geography and Nature Management  
of the Brest State A. S. Pushkin University

<sup>2</sup>Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,

Head of the Department of Geography and Nature Management  
of the Brest State A. S. Pushkin University

<sup>3</sup>Doctor of Medical Sciences, Professor,

Head of the Department of Anatomy, Physiology and Human Safety  
of the Brest State A. S. Pushkin University

<sup>4</sup>Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor,

Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus

Professor of the Department of Geography and Nature Management  
of the Brest State A. S. Pushkin University

e-mail: <sup>1</sup>dorozhko070996@mail.ru, <sup>2</sup>gryadunova@mail.ru,

<sup>3</sup>pan@brsu.brest.by, <sup>4</sup>bogdasarov73@mail.ru

## **ВЛИЯНИЕ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПЕРВИЧНУЮ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ВЗРОСЛОГО НАСЛЕНИЯ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Представлены результаты изучения первичной заболеваемости взрослого населения Брестской области за период с 2001 по 2018 г. Выявлены динамика, коэффициенты роста, частота, темпы роста и особенности ее показателей по всем заболеваниям и по отдельным классам патологий как в целом по области, так и в разрезе административных районов. С помощью корреляционного анализа выявлены особенности влияния биоклиматических показателей (индекса патогенности температуры воздуха, индекса патогенности межсуточного изменения температуры воздуха, индекса патогенности влажности воздуха, индекса патогенности скорости ветра, индекса патогенности межсуточного изменения атмосферного давления и индекса патогенности облачности) на первичную заболеваемость взрослого населения.*

**Ключевые слова:** *первичная заболеваемость, взрослое население, Брестская область, количество заболевших, биоклиматические показатели.*

### **Influence of Bioclimatic Conditions on Primary Morbidity of the Adult Population of the Brest Region**

*The article presents the results of studying the primary morbidity of the adult population of the Brest region for the period from 2001 to 2018. The dynamics, growth coefficients, frequency, growth rates and features of its indicators for all diseases and for certain classes of pathologies are revealed both in the whole region and in the context of administrative districts. The correlation analysis revealed the peculiarities of the influence of bioclimatic indicators (air temperature pathogenicity index, air temperature pathogenicity index, air humidity pathogenicity index, wind speed pathogenicity index, atmospheric pressure pathogenicity index, and cloud cover pathogenicity index) on the primary morbidity of the adult population.*

**Key words:** *primary morbidity, adult population, Brest region, number of cases, bioclimatic indicators.*

### **Введение**

Состояние здоровья населения – один из важнейших показателей общественного развития. Оно составляет экономический, трудовой и культурный потенциал общества, отражает социально-экономическое и гигиеническое состояние страны. Следовательно, особое внимание необходимо уделять изучению закономерностей его формирования. В настоящее время установлена и четко просматривается зависимость здоровья населения от воздействия неблагоприятных факторов среды обитания (особенности климатических условий, геохимическая обстановка, особенности геологической среды [1] и т. д.), что выражается в изменении показателей заболеваемости и смертности населения, отражающих уровень общественного развития [2].

Влияние изменения климата на здоровье человека разнообразно. Происходит как прямое влияние за счет увеличения числа дней с аномально высокими и/или низкими температурами, сильным ветром, так и косвенное, опосредованное влиянием экологических или социально-экономических факторов. В связи с этим широкое распространение в изучении влияния климатических условий на состояние организма получило применение биоклиматических индексов, которые представляют собой сочетания действия нескольких метеопараметров: индекс патогенности температуры воздуха (ИПТВ), индекс патогенности межсуточного изменения температуры воздуха (ИПМИТВ), индекс патогенности влажности воздуха (ИПВВ), индекс патогенности скорости ветра (ИПСВ), индекс патогенности межсуточного изменения атмосферного давления (ИПМИАД), индекс патогенности облачности (ИПО) [3, с. 4].

### **Материалы и методы исследования**

Основным фактическим материалом явились статистические данные по первичной заболеваемости взрослого населения Брестской области, полученные в отделе медицинской статистики учреждения здравоохранения «Брестская областная клиническая больница» за период с 2001 по 2018 г. по следующим классам патологий:

- ✓ некоторые инфекционные и паразитарные болезни;
- ✓ новообразования, злокачественные и доброкачественные новообразования;
- ✓ болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм;
- ✓ психические расстройства и расстройства поведения;
- ✓ болезни нервной системы;
- ✓ болезни системы кровообращения;
- ✓ болезни органов дыхания;
- ✓ болезни органов пищеварения;
- ✓ болезни мочеполовой системы;
- ✓ врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения;
- ✓ травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин.

Первичная заболеваемость – совокупность новых, нигде ранее не учтенных и впервые в данном календарном году выявленных и зарегистрированных среди населения заболеваний, рассчитанных на 100 тыс. населения [4, с. 18]. Заболеваемость является одним из важнейших параметров, характеризующих здоровье населения. Величина этого показателя зависит как от частоты распространения патологии среди населения, так и от многих других факторов – системы организации сбора данных, доступности медицинской помощи, наличия специалистов и т. д. Данные об уровнях и динамике показателей заболеваемости среди населения позволяют определить приоритетные проблемы здравоохранения, спланировать потребность в различных видах меди-

цинской помощи, оценить эффективность лечебных и профилактических мероприятий. Показатели, характеризующие уровень здоровья населения, служат важными индикаторами состояния системы здравоохранения. Традиционно оценка состояния здоровья населения предусматривает анализ основных показателей – коэффициент роста заболеваемости, частоту и темпы прироста [5]. По аналогичной методике были рассчитаны показатели общей заболеваемости.

Коэффициент роста заболеваемости (К) за исследуемый период был рассчитан по следующей формуле:

$$K = \frac{P_{1(2018)}}{P_{0(2001)}} * 100 \% . \quad (1)$$

Частота всех заболеваний, зарегистрированных в данном году, рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{Частота} = \frac{\text{число впервые зарегистрированных заболеваний в данном году}}{\text{среднегодовая численность населения}} \quad (2)$$

Темпы прироста характеризуют относительную разницу заболеваемости изучаемого года к заболеваемости предшествующего года:

$$\text{Темпы прироста} = \left( \frac{P_1 - P_0}{P_0} * 100\% \right) - 100 \% , \quad (3)$$

где  $P_1$  – показатель заболеваемости изучаемого года,  $P_0$  – показатель заболеваемости предшествующего года.

В качестве меры зависимости между заболеваемостью и биоклиматическими показателями применен коэффициент корреляции ( $r$ ), который изменяется в пределах от  $-1$  до  $+1$ . Принято считать, что при:  $r < \pm 0,19$  – связь очень слабая,  $\pm 0,20 \leq r \leq \pm 0,29$  – слабая связь,  $\pm 0,30 \leq r \leq \pm 0,49$  – умеренная связь,  $\pm 0,50 \leq r \leq \pm 0,69$  – средняя связь,  $r \geq \pm 0,70$  – сильная связь. При  $r = 0$  – корреляция незначимая, т. е. нет взаимосвязи двух показателей [6].

### **Результаты и их обсуждение**

Структура первичной заболеваемости на 100 тыс. взрослого населения Брестской области за период с 2001 по 2018 г. фактически не менялась (рисунок 1). Наибольший удельный вес составляют болезни органов дыхания (33 %), травмы, отравления и некоторые другие воздействия внешних причин (13 %), болезни системы кровообращения и болезни мочеполовой системы, и на их долю в структуре первичной заболеваемости приходится не более 7 %. Самые низкие уровни заболеваемости занимают врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения, болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм, где показатель за исследуемый период не превысил 1 %. Несколько большая доля приходится на заболевания органов пищеварения (3 %), нервной системы (2 %), доброкачественные и злокачественные новообразования (1 %).

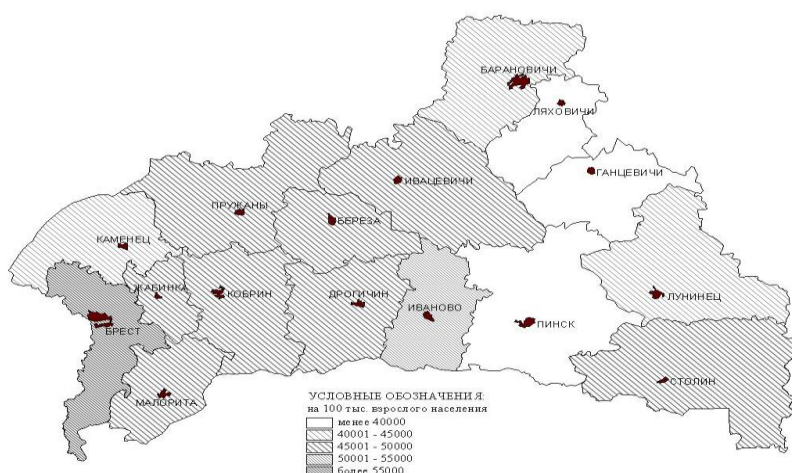




**Рисунк 1. – Структура первичной заболеваемости взрослого населения Брестской области за период с 2001 по 2018 г.**

Анализ рисунка 2 показывает, что самые высокие показатели фиксируются в Брестском районе. Высокие значения первичной заболеваемости отмечаются в Ивановском районе. Незначительными величинами первичной заболеваемости характеризуются Каменецкий, Лунинецкий и Барановичский районы. Наименьшие показатели отмечаются в Ляховичском, Ганцевичском и Пинском районах, где средний показатель за период с 2001 по 2018 г. не превысил 40 тыс. на 100 тыс. взрослого населения.

Анализ таблицы 1 показывает, что самыми высокими темпами роста первичной заболеваемости характеризуются Кобринский и Жабинковский районы, где рассчитанный показатель составил 110 % за период с 2001 по 2018 г. Значительно количество заболевших увеличилось в Пинском и Ганцевичском районах. Незначительное увеличение заболеваемости характерно для Столинского и Барановичского районов, где за исследуемый период значения темпов роста не превышают 7 %. В Ивановском, Лунинецком, Ляховичском и Малоритском районах рассчитанный коэффициент роста заболеваемости отрицательный, что свидетельствует о снижении заболеваемости среди взрослого населения.



**Рисунк 2. – Первичная заболеваемость взрослого населения Брестской области**

Таблица 1. – Показатели первичной заболеваемости

Район	Численность населения	Количество заболевших	Коэффициент роста заболеваемости	Частота
Брестский	355 123	61 779	+14	0,18
Барановичский	222 140	44 374	<b>+7</b>	0,20
Пинский	195 900	39 809	+83	0,20
Березовский	67 670	49 919	+37	0,73
Ганцевичский	31 410	39 337	+91	1,22
Дрогичинский	43 139	45 496	+33	1,03
Жабинковский	24 986	47 452	<b>+118</b>	1,89
Ивановский	44 054	53 432	<b>-9</b>	1,18
Ивацевичский	60 497	48 463	+56	0,79
Каменецкий	39 202	42 505	+15	1,06
Кобринский	88 140	48 066	<b>+155</b>	0,54
Лунинецкий	73 091	41 655	<b>-1</b>	0,56
Ляховичский	30 561	37 885	<b>-4</b>	1,20
Малоритский	26 168	47 756	<b>-11</b>	1,80
Пружанский	53 947	48 129	+26	0,87
Столинский	80 626	47 562	<b>+2</b>	0,58

Средний показатель частоты первичной заболеваемости по территории Брестской области составляет 0,88. Самое высокое значение частоты заболеваемости характерно для территории Жабинковского района (1,89). Значительные величины этого показателя также фиксируются в Малоритском, Ганцевичском, Ивановском и Ляховичском районах. Самый низкий показатель распространенности заболевания характерен для Брестского района и составляет 0,18. Немного выше этот показатель в Пинском (0,20) и Барановичском (0,20) районах.

Абсолютные темпы прироста первичной заболеваемости менялись как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Самыми высокими темпами прироста характеризовались 2005 и 2009 гг., где среднегодовой прирост составил +11 %, а самые низкие значения прироста характерны для 2010 и 2014 гг., где среднегодовые показатели уменьшились на 10–11 %. В то же время темпы первичной заболеваемости незначительно уменьшились в 2001, 2006, 2012 и 2018 гг. Однако по сравнению с предыдущим годом в 2004 г. не фиксировалось ни увеличение, ни уменьшение первичной заболеваемости. Средний абсолютный прирост за исследуемый период по территории Брестской области имеет положительный знак и составляет 1 %.

За период с 2001 по 2018 гг. на территории Брестской области самый низкий уровень заболеваемости фиксировался в 2003 г. в Жабинковском районе, а самый высокий уровень – в 2018 г. в Кобринском районе и составил более 81 тыс. заболевших на 100 тыс. человек взрослого населения.

Первичная заболеваемость имеет умеренную взаимосвязь с ИПМИТВ, слабую связь с ИПСВ, очень слабую с ИПВВ, ИПТВ, ИПМИАД и ИПО. Наибольший показатель корреляции отмечается на территории Барановичского района, где значительное влияние на первичную заболеваемость оказывает ИПСВ ((-0,64) – средняя связь) и ИПМИТВ, ИПМИАД ((-0,33) – (-0,35) – умеренная связь). На территории остальных административных районов в целом отмечается незначительная связь. Следует отметить, что значительное влияние на первичную заболеваемость Ивацевичского района оказывает ИПМИТВ (-0,73), в Барановичском районе – ИПСВ (-0,67), в Пинском районе – ИПМИТВ (-0,60) и в Пружанском – ИПСВ (-0,65), (таблица 2).

Таблица 2. – Взаимосвязь частных индексов патогенности с первичной заболеваемостью взрослого населения Брестской области за период с 2001 по 2018 г.

Район	ИПТВ	ИПМИТВ	ИПВВ	ИПВВ	ИПМИАД	ИПО
Брестский	0,04	0,05	0,18	0,15	0,10	-0,19
Барановичский	0,07	-0,35	0,07	-0,67	-0,33	0,01
Ивацевичский	-0,12	-0,73	0,12	-0,17	-0,34	0,48
Ганцевичский	-0,29	-0,40	-0,19	0,13	-0,17	0,30
Пинский	-0,27	-0,60	0,37	-0,06	-0,44	0,46
Пружанский	-0,11	-0,37	0,20	-0,65	-0,07	0,02
Каменецкий	0,12	-0,26	0,35	-0,48	0,22	-0,13
Лунинецкий	-0,29	-0,20	0,13	-0,23	-0,11	0,20

**Болезни системы кровообращения.** По территории Брестской области за период с 2001 по 2018 г. наибольшая взаимосвязь первичной заболеваемости отмечается и ИПМИТВ. В разрезе административных районов наблюдается следующая тенденция: в Ганцевичском районе средняя взаимосвязь с ИПТВ, ИПМИТВ и ИПО, где рассчитанные коэффициенты находятся в диапазоне от -0,55 до -0,59, в Пинском районе существенное влияние на первичную заболеваемость взрослого населения оказывает ИПМИТВ (-0,50, что свидетельствует о средней связи), а также умеренная взаимосвязь отмечается с ИПТВ (-0,43). В Брестском и Каменецком районах незначительное воздействие оказывают ИПМИТВ, ИПМИАД, ИПВВ и ИПО.

**Болезни органов дыхания.** На первичную заболеваемость органов дыхания на территории Брестской области оказывают воздействие ИПВВ и ИПСВ. Существенное влияние на первичную заболеваемость частных индексов патогенности фиксируется в Пружанском (ИПМИТВ – умеренная связь, и ИПСВ – средняя связь), Каменецком (ИПВВ, ИПМИАД, ИПО – умеренная связь) и Ивацевичском районах (умеренная связь с ИПМИТВ, ИПМИАД и ИПО). В Лунинецком и Пинском районах вовсе не установлено взаимосвязи. На территориях Барановичского и Пружанского районов фиксируется средняя связь с ИПВВ, а рассчитанный коэффициент изменяется от -0,56 до -0,68.

**Болезни органов пищеварения.** За период с 2001 по 2018 г. по территории Брестской области отмечается умеренная взаимосвязь первичной заболеваемости с болезнями органов пищеварения. Наибольшее воздействие на первичную заболеваемость органов пищеварения отмечается на территории Ивацевичского района, где значительное влияние оказывают ИПВВ (средняя связь – 0,65), ИПТВ (умеренная связь – от 0,37 до -0,39). На территории Каменецкого района отмечается умеренная связь с такими ЧИП, как ИПТВ (-0,47), ИПВВ (-0,32), ИПО (-0,34) и средняя связь с ИПМИАД (0,55). На территории Пинского района доминирует умеренная связь с ИПТВ (-0,46), ИПМИТВ (-0,47), ИПВВ (0,41), а также на территориях Лунинецкого и Барановичского районов, где значительное воздействие оказывают ИПВВ, ИПСВ (умеренная связь, а значения корреляции изменяются от -0,32 до 0,46).

**Психические расстройства и расстройства поведения.** Существенное влияние на первичную заболеваемость отмечается на территории Барановичского района, где среднее влияние оказывают ИПВВ (0,50) и сильное – ИПСВ (-0,73), Пинского района (средняя связь с ИПВВ (0,50) и ИПО (0,51)) и на территории Ганцевичского района, где умеренное влияние оказывают ИПМИТВ (-0,58) и ИПСВ (0,50). В Пружанском районе сильная связь фиксируется с ИПО (-0,72), средняя связь с ИПВВ (0,50), умеренная связь с ИПТВ (0,41) и ИПМИАД (0,31). В Каменецком районе доминирует средняя связь с ИПТВ (0,30), ИПВВ (-0,30), ИПМИАД (0,49) и ИПО (-0,31). На территории Лунинецкого района за исследуемый период взаимосвязь между исследуемыми

показателями фиксируется очень слабая. Также не установлено взаимосвязи с ИПСВ на территории Пинского района.

**Болезни мочеполовой системы.** Наибольшее влияние на первичную заболеваемость частных индексов патогенности фиксируется в Барановичском (ИПМИТВ (-0,74), ИПО (0,74) – сильная связь, ИПТВ (-0,57), ИПСВ (-0,65) и ИПМИАД (-0,52) – средняя связь), Пинском (ИПМИТВ, ИПМИАД – сильная связь, ИПО – средняя связь, ИПТВ, ИПВВ – умеренная связь), Каменецком (сильная связь с ИПО, средняя с ИПМИАД, умеренная связь с ИПТВ, ИПВВ и ИПСВ) и Лунинецком районах (сильная связь с ИПО, средняя связь с ИПМИТВ, умеренная связь с ИПТВ, ИПВВ и ИПМИАД). В Ганцевичском районе со всеми ЧИП, кроме ИПСВ (очень слабая связь), фиксируется умеренная связь. В Брестском районе доминирует умеренная связь с ИПМИТВ, ИПВВ, ИПМИАД и ИПО.

**Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин.** Наибольшее влияние на первичное обращение по поводу травм и отравлений отмечается на территории Барановичского района, где значительное влияние оказывают ИПСВ (средняя связь – (-0,64), ИПМИТВ (умеренная связь – (-0,38), ИПМИАД (умеренная связь – (-0,33)). На территории Ганцевичского и Пружанского районов значительное влияние оказывает ИПМИТВ (умеренная связь – от -0,30 до -0,32). В Пинском районе средняя связь отмечается с ИПВВ (0,57). На территории Каменецкого района воздействие оказывают ИПСВ, ИПМИТВ, ИПВВ (умеренная связь, а значения корреляции изменяются от 0,33 до -0,36).

**Некоторые инфекционные и паразитарные болезни.** На первичную заболеваемость за исследуемый период оказывает влияние изменение ИПМИТВ, коэффициент корреляции достигает -0,33, что свидетельствует об умеренной зависимости. Существенное влияние на первичную заболеваемость отмечается на территориях Каменецкого, Пинского и Лунинецкого районов. В Ганцевичском районе доминирует умеренная связь с ИПТВ (-0,38), ИПВВ (-0,45), ИПСВ (-0,41) и ИПМИАД (-0,44), средняя связь с ИПМИТВ (-0,58) и сильная с ИПО (0,76). В Пинском районе наибольшая взаимосвязь фиксируется с ИПМИТВ (0,40), ИПМИАД (0,31), ИПВВ (0,36), в Лунинецком – с ИПТВ (-0,33), ИПСВ (-0,39) и ИПМИАД (-0,30), в Пружанском – с ИПТВ (-0,48), ИПСВ (-0,35) и ИПО (-0,33).

**Новообразования.** За период с 2001 по 2018 г. на первичную заболеваемость новообразованиями на территории Брестской области оказывают влияние все ЧИП, с которыми наблюдается умеренная связь (ИПТВ, ИПВВ, ИПСВ, ИПМИАД), средняя связь (ИПМИТВ и ИПО). Наибольшее воздействие на первичную заболеваемость частных индексов патогенности фиксируется в Пинском районе (ИПО (0,71), ИПМИТВ (-0,78), ИПМИАД (-0,76) – сильная связь и ИПТВ (-0,58) – средняя связь, ИПСВ (0,45) – умеренная связь) и Ганцевичском районе (умеренная связь с ИПМИАД (-0,41), ИПВВ (-0,48), ИПТВ (-0,36), средняя связь с ИПМИТВ (-0,55), сильная связь с ИПО (0,74)), Барановичском районе (сильная связь с ИПСВ (-0,77), средняя связь с ИПМИТВ (-0,68) и ИПО (0,66), умеренная связь с ИПТВ (-0,47) и ИПМИАД (-0,40)). В Каменецком районе отмечается средняя связь с ИПСВ (-0,54), ИПО (0,55), умеренная связь с ИПТВ (-0,43) и ИПМИАД (-0,42), в Лунинецком районе – средняя связь с ИПМИТВ, ИПВВ и ИПО, где коэффициент корреляции изменяется от 0,53 до -0,67.

**Злокачественные новообразования.** В целом по Брестской области за рассматриваемый период наблюдается значительная взаимосвязь с ИПО, ИПМИТВ и ИПМИАД. Существенное влияние на первичную заболеваемость злокачественными новообразованиями отмечается на территории Барановичского района, где воздействие оказывают ИПТВ (умеренная связь – (-0,47), ИПМИТВ (сильная связь – (-0,80)), ИПСВ (сильная связь – (-0,83)), ИПМИАД (-0,34 – умеренная связь), а также на территории Пинского

района, где значительное влияние оказывают ИПТВ (средняя связь –  $(-0,53)$ ), ИПМИТВ (сильная связь –  $(-0,82)$ ), ИПСВ (умеренная связь –  $0,40$ ), ИПМИАД ( $-0,74$  – сильная связь), ИПО ( $0,65$  – средняя связь). Значительное воздействие ЧИП отмечается в Ивацевичском и Каменецком районах, где основной вклад вносят ИПМИТВ и ИПО (сильная взаимосвязь). На территориях Брестского и Каменецкого районов отмечается следующая тенденция: умеренная связь с ИПТВ, ИПО и ИПМИАД, средняя связь с ИМПИТВ и ИПВВ.

**Доброкачественные новообразования.** По территории Брестской области отмечается достаточно умеренная взаимосвязь ИПО, ИПМИТВ, ИПТВ и первичной заболеваемости доброкачественными новообразованиями. Наибольшее воздействие на первичную заболеваемость доброкачественными новообразованиями наблюдается на территории Пинского района, где значительное влияние оказывают ИПМИТВ и ИМПИАД (сильная связь –  $(-0,70)$ – $(-0,80)$ ), ИПТВ и ИПО (умеренная связь –  $(-0,53)$ – $0,63$ ), ИПСВ (слабая связь –  $0,29$ ), а также на территории Ивацевичского района, где значительно влияют ИПТВ, ИПМИАД (умеренная связь, значения корреляции изменяются от  $-0,33$  до  $-0,34$ ), ИПМИТВ и ИПО (сильная связь – от  $-0,71$  до  $-0,79$ ). В Ганцевичском районе отмечается средняя связь с ИПМИТВ ( $-0,52$ ), ИПМИТВ ( $-0,59$ ), ИПО ( $0,63$ ), умеренная связь с ИПВВ ( $-0,33$ ) и ИПМИАД ( $-0,42$ ). В Барановичском районе доминирует умеренная связь с ИПТВ, ИПМИТВ, ИПСВ и ИПО, где рассчитанные коэффициенты варьируют от  $-0,49$  до  $0,48$ . В Пинском районе не установлено взаимосвязи с ИПВВ.

**Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм.** Значительное воздействие на первичную заболеваемость частных индексов патогенности фиксируется в Пинском (ИПМИТВ  $(-0,78)$ , ИПМИАД  $(-0,74)$ , ИПО ( $0,76$ ) – сильная связь, ИПТВ  $(-0,51)$  – средняя связь), Брестском (ИПМИТВ  $(-0,75)$  – сильная связь, ИПО ( $0,69$ ), ИПТВ  $(-0,55)$  – средняя связь, ИПСВ  $(-0,43)$ , ИПМИАД  $(-0,48)$  – умеренная связь), Ивацевичском (ИПО ( $0,86$ ) – сильная связь, ИПТВ  $(-0,55)$ , ИПВВ  $(-0,59)$  – средняя связь, ИПМИТВ  $(-0,40)$  – умеренная связь) и Пружанском районах (ИПО ( $0,70$ ) – сильная связь, ИПТВ  $(-0,56)$ , ИПВВ  $(-0,53)$  – средняя связь, ИПМИТВ  $(-0,43)$ , ИПСВ  $(-0,47)$  – умеренная связь). В Ганцевичском районе средняя взаимосвязь с ИПТВ  $(-0,50)$ , ИПМИТВ  $(-0,55)$ , ИПВВ  $(-0,56)$ , ИПО ( $0,68$ ), умеренная связь с ИПВВ  $(-0,39)$ . В Пружанском и Барановичском районах средняя связь с ИПТВ и ИПВВ, умеренная связь с ИПМИТВ и ИПСВ.

**Болезни нервной системы.** Существенное воздействие на первичную заболеваемость наблюдается на территориях Брестского и Ганцевичского районов. В Брестском районе фиксируется сильная связь с ИПСВ  $(-0,76)$ , умеренная связь с ИПМИТВ  $(-0,35)$  и ИПО ( $0,49$ ), в Ганцевичском – умеренная связь с ИПМИАД  $(-0,32)$ , средняя связь с ИПВВ  $(-0,64)$ , сильная связь с ИПО ( $0,74$ ). В Пинском районе умеренная взаимосвязь отмечается с ИПМИТВ  $(-0,34)$ , ИПВВ ( $0,40$ ), ИПСВ  $(-0,31)$ , ИПМИАД  $(-0,34)$ , ИПО ( $0,48$ ). За период с 2001 по 2018 г. в Ивацевичском районе не установлено взаимосвязи с ИПО. В Барановичском районе умеренная связь отмечается с ИПМИТВ ( $0,35$ ) и ИПСВ ( $0,45$ ).

### Заключение

1. Анализ структуры первичной заболеваемости взрослого населения Брестской области показал, что самые высокие уровни общей заболеваемости формируют болезни органов дыхания, травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин, болезни системы кровообращения и мочеполовой системы. Самые низкие уровни в структуре первичной заболеваемости занимают следующие классы патологий: злокачественные и доброкачественные новообразования, а также болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм.

2. Значительным снижением первичных обращений отличаются такие группы патологий, как психические расстройства и расстройства поведения, болезни органов пищеварения и болезни системы кровообращения.

3. Существенным увеличением количества заболевших первичной заболеваемости характеризуются такие группы болезней, как новообразования (злокачественные и доброкачественные), болезни мочеполовой системы и травмы, отравления и некоторые другие последствия внешних причин.

4. Корреляционный анализ между основными классами первичных заболеваний и биоклиматическими характеристиками позволил выявить следующее: на болезни мочеполовой системы существенное влияние оказывают облачность, изменение атмосферного давления и температуры воздуха; на новообразования (злокачественные и доброкачественные) – межсуточное изменение температуры воздуха и облачность; на болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм, – температура воздуха и ее межсуточное изменение, а также облачность; на болезни органов дыхания – влажность воздуха; на травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин – межсуточное изменение температуры воздуха и влажность воздуха.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Medical geology in Russia and the NIS / Iosif F. Volfson [et al.] // Medical geology. A Regional Synthesis / O. Selinus, R. B. Finkelman, J. A. Centeno (eds.). – Dordrecht ; Heidelberg ; London ; New York : Springer, 2010. – P. 221–258.

2. Порада, Н. Е. Общественное здоровье и здравоохранение : курс лекций / Н. Е. Порада. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 126 с.

3. Кулагина, Е. Ю. Оценка биоклиматической комфортности территории Центрального федерального округа : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Е. Ю. Кулагина. – Владимир, 2013. – Л. 4.

4. Глушанко, В. С. Методика изучения уровня, частоты, структуры и динамики заболеваемости и инвалидности. Медико-реабилитационные мероприятия и их составляющие : учеб.-метод. пособие / В. С. Глушанко, А. П. Тимофеева, А. А. Герберг ; под ред. д-ра мед. наук, проф. В. С. Глушанко. – Витебск : Изд-во ВГМУ, 2016. – 177 с.

5. Ряды динамики и их применение в анализе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook096/01/part-009.htm>. – Дата доступа: 31.05.2020.

6. Методы теории планирования и применение современных информационных технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/818-5928/page:2/>. – Дата доступа: 31.05.2020.

#### REFERENCES

1. Medical geology in Russia and the NIS / Iosif F. Volfson [et al.] // Medical geology. A Regional Synthesis / O. Selinus, R. B. Finkelman, J. A. Centeno (eds.). – Dordrecht ; Heidelberg ; London ; New York : Springer, 2010. – P. 221–258.

2. Porada, N. Ye. Obshchestvennoye zdorov'ye i zdravokhraneniye : kurs liekciy / N. Ye. Porada. – Minsk : IVC Minfina, 2017. – 126 s.

3. Kulagina, Ye. Yu. Ocenka bioklimatichieskoj komfortnosti tierritorii Central'no go fiedieral'nogo okruga : dis. ... kand. biol. nauk : 03.02.08 / Ye. Yu. Kulagina. – Vladimir, 2013. – L. 4.

4. Glushanko, V. S. Mietetodika izuchienija urovnja, chactoty, struktury i dinamiki zabolievajemosti i invalidnosti. Miediko-rieabilitacionnyje mieroprijatija i ikh sostavljajushchije :

---

uchieb.-mietod. posobije / V. S. Glushanko, A. P. Timofiejeva, A. A. Gerberg ; pod ried. d-ra mied. nauk, prof. V. S. Glushanko. – Vitebsk : Izd-vo VGMU, 2016. – 177 s.

5. Riady dinamiki i ikh primienienije v analizie [Elektronnyj riesurs]. – Riezhim dostupa: <http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook096/01/part-009.htm>. – Data dostupa: 31.05.2020.

6. Mietody teorii planirovanija i primienienije sovremiennykh informacionnykh tiekhnologij [Elektronnyj riesurs]. – Riezhim dostupa: <https://studfile.net/preview/818-5928/page:2/>. – Data dostupa: 31.05.2020.

*Рукапіс наступіў у рэдакцыю 11.07.2020*

УДК 811.161:004

**Александр Сергеевич Семенюк***магистр геогр. наук, ст. преподаватель каф. почвоведения и геоинформационных систем  
Белорусского государственного университета***Aliaksandr Semianiuk***Master of Geographical Sciences,**Senior Lecturer of the Department of Soil Science and Geoinformation Systems  
of the Belarusian State University**e-mail: [geo-semenuk@yandex.ru](mailto:geo-semenuk@yandex.ru)*

## **ГЕОГРАФИЯ ФАМИЛИЙ УНИАТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРВОЙ ТРЕТИ XIX В.**

*Рассматриваются особенности распространения фамилий грекокатолического (униатского) населения западной части современной Брестской области по данным исповедальных ведомостей церквей 1823, 1826 и 1829 гг. Согласно проведенным в 1980-х гг. исследованиям, данная территория расположена в ареале распространения фамилий на -ук/-юк, -чук. Цель исследования – выяснить, насколько отличалась антропонимия Брестчины 200 лет назад от современной. С помощью геоинформационных систем были созданы карты распространения фамилий с различными формантами в Брестской области в XIX в. Карты показывают практически полное доминирование фамилий на -ук/-юк, -чук. Исключения составляют города и местечки, где среди мещан намного чаще по сравнению с окружающей сельской местностью встречаются фамилии на -ич (-ович/-евич) и -ский/-цкий.*

**Ключевые слова:** антропонимика, география фамилий, форманты, Брестская область, историческая география, исповедальные ведомости.

### **Geography of Surnames of Uniate Population of the Western Part of Brest Region in the First Third of the XIX Century**

*In the article the characteristics of distribution of surnames of Greek Catholic (Uniate) population of the western part of today's Brest Region according to communion lists of churches (1823, 1826, 1829) are considered. According to research of 1980s, this territory is located in the area of distribution of surnames with -uk/-juk, -čuk. The purpose of this research is to find out, how anthroponymy of Brest Region 200 years ago has differed from the present. Maps of distribution of surnames with different formants in Brest Region in XIX century were created with help of GIS. Maps show almost complete predominance of surnames with -uk/-juk, -čuk. The exceptions were towns and miasteczkos, where surnames with -ič (-ovič/-evič) and -ski/-cki were much more frequent among burghers compared with the surrounding countryside.*

**Key words:** anthroponymy, geography of surnames, formants, Brest Region, historical geography, communion lists.

### **Введение**

Фамилии являются незаменимым атрибутом человеческой жизни, с которым мы сталкиваемся каждый день. Согласно «Словарю русской ономастической терминологии», фамилия – это «наследуемое официальное именование, указывающее на принадлежность человека к определенной семье» [1, с. 155]. Появление фамилий было связано с необходимостью точной идентификации конкретного человека, данный процесс был растянут на нескольких веков и по-разному протекал на разных территориях и у разных слоев населения [2]. Фамилии являются не только лингвистическим, историческим, культурным, но и географическим феноменом, поскольку их происхождение зачастую привязано к определенной местности [3]. Изучение географического распространения тех или иных типов фамилий в прошлом позволяет выявить коренные для данной местности фамилии и особенности расселения людей в то время.

Изучением фамилий занимается особый раздел ономастики – антропонимика. Основателем белорусской антропонимической школы по праву считается академик Н. В. Бирилло, заложивший в своих трудах [4–6] мощный фундамент в изучении фами-



лий Беларуси. Его перу принадлежит и наиболее полное на сегодняшний день исследование географии белорусских фамилий [7]. Вместе с тем представленные в данной работе карты продуктивности фамилий с разными суффиксами (формантами) достаточно схематичны и не отражают в полной мере региональных различий в распространении тех или иных фамильных типов.

Данная работа посвящена изучению формантного состава фамилий населения западной части современной Брестской области Беларуси по материалам переписей прихожан униатских церквей 20-х гг. XIX в. Для систематизации фамилий по разным типам формантов и представления статистических данных в картографическом виде были использованы современные геоинформационные технологии.

### Материалы и методы

По морфологическим признакам выделяют первичные и вторичные фамилии [8, с. 29]. Первичные фамилии не имеют специальных фамильных формантов. Вторичные фамилии отличаются определенными формантами, обозначающими принадлежность сына роду отца или происхождение из некоторой местности. Среди наиболее распространенных в белорусских вторичных фамилиях формантов выделяются -ов, -ев, -ин/-ын (Ромашов, Фадеев, Николин); -ский, -цкий (Барановский, Березуцкий); -ович, -евич, -ич (Филипович, Сидоревич, Морозич); -ик, -чик (Максимик, Кухарчик); -ук/-юк, -чук (Шевелюк, Ковальчук); -енко (Савенко); -ец, -овец (Козинец, Дубовец); -ак/-як (Урсуляк); -онок, -ёнок (Бондаронок, Кондратёнок); -еня (Павленя). В соответствии с работой Бирилло [7, с. 55] западная часть Брестской области расположена в ареале распространения фамилий с формантами -ук/-юк, -чук.

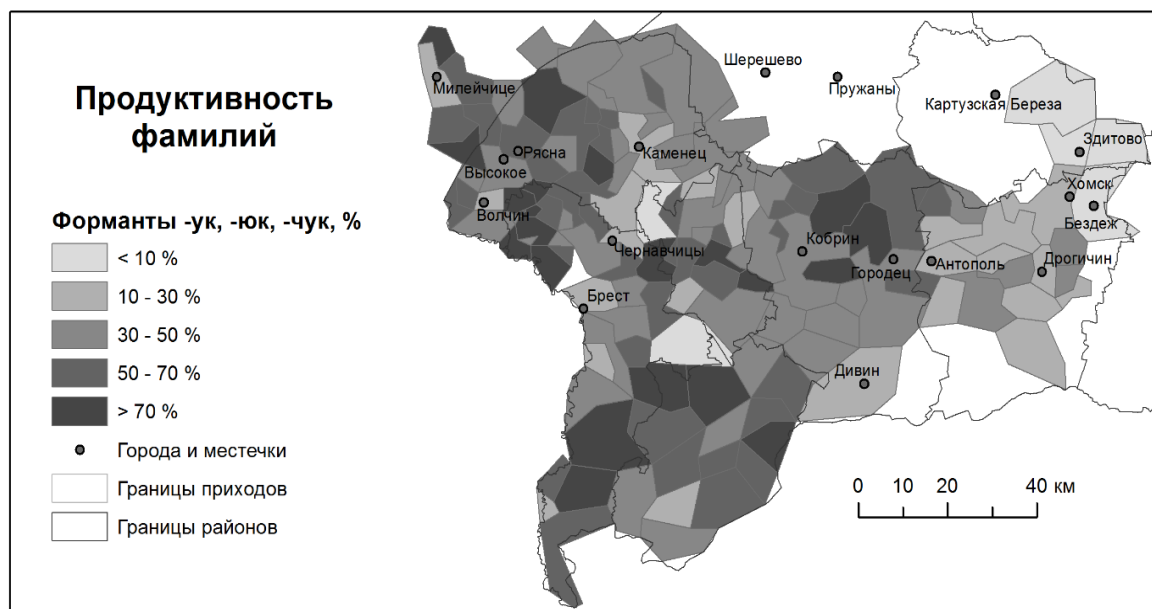
В качестве источника данных были использованы переписи прихожан (исповедальные ведомости) грекокатолических (униатских) церквей Полесского [9], Дрогичинского [10], Брестского [11], Кобринского [12] и Каменецкого [13] деканатов Литовской греко-униатской консистории 1820-х гг. Эти документы представляют собой подворные перечни жителей мужского и женского пола на польском языке с указанием их возраста.

Отметим, что подавляющее большинство населения Брестчины в первой трети XIX в. исповедовало христианство грекокатолического обряда, о чем свидетельствует частое совпадение количества дворов в деревнях в переписях с числом дворов, указанным напротив сельских населенных пунктов на топографических картах середины XIX в. Представители других конфессий, прежде всего католики и иудеи, проживали преимущественно в городах и местечках. Исключение составляют окрестности Бреста и Чернавчиц, где среди крестьян нескольких деревень преобладали католики.

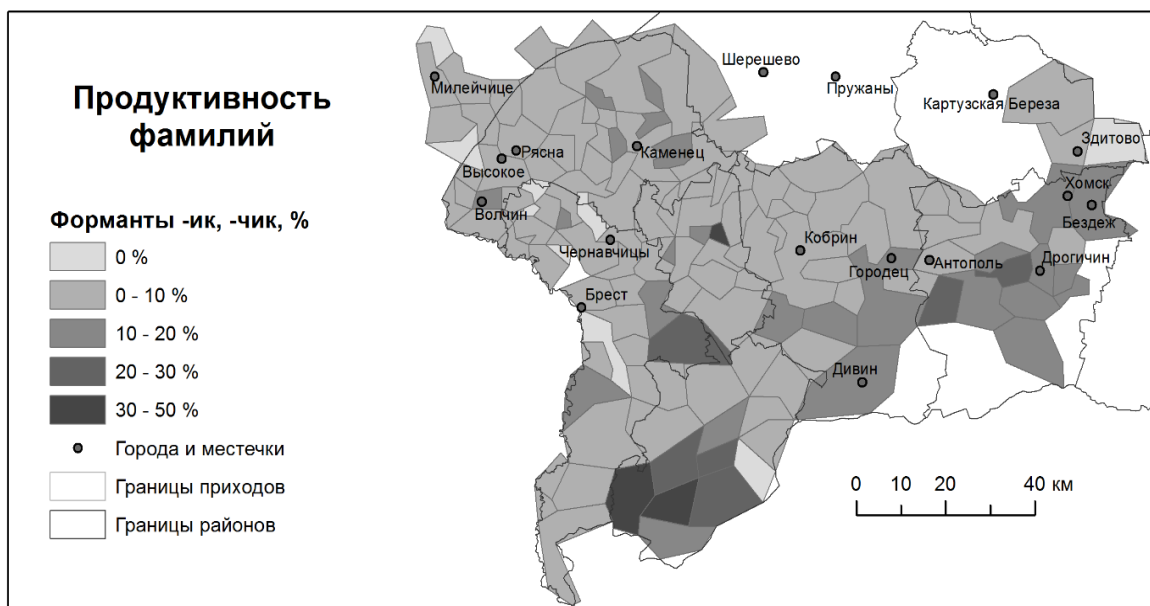
Область исследования общей площадью 9 744 км<sup>2</sup> включает в себя в основном территорию Брестского и Кобринского уездов, а также часть Пружанского и Слонимского уездов Гродненской губернии, что в настоящее время соответствует территории Брестского, Каменецкого, Жабинковского, Малоритского, Кобринского, Дрогичинского, части Березовского и Пружанского районов Брестской области Беларуси, а также части Семятыченского, Хайнувского и Бельского поватов Подляского воеводства Польши. Физическая география области исследования имеет ряд особенностей. Северо-запад области принадлежит пологоволнистой, местами всхолмленной Прибугской равнине; южная и центральная ее часть со сравнительно плодородными супесчаными почвами сильно распахана и относительно плотно заселена, северную часть занимает один из крупнейших в Европе реликтовых лесных массивов – Беловежская пуша. Центральную часть области занимает Брестское Полесье – плоская, пологоволнистая равнина, примыкающая к реке Западный Буг и ее правому притоку Мухавцу; здесь система расселения характеризуется небольшими деревнями в центральной и северной части

и крупными, редко расположенными сельскими населенными пунктами в южной заболоченной части. На востоке области находится приподнятая, всхолмленная равнина Загородье, характеризующаяся большей плотностью населения. Юг области принадлежит пологоволнистой Малоритской равнине с высокой лесистостью и редкой сетью крупных сельских населенных пунктов. Природные особенности области отразились и на развитии сети городов и местечек. Не считая уездных городов Бреста и Кобрин, они в основном тяготеют к более освоенной Прибугской равнине (Каменец, Высокое, Волчин, Рясна, Чернавчицы, Милейчице) и равнине Загородье (Дрогичин, Бездеж, Хомск).

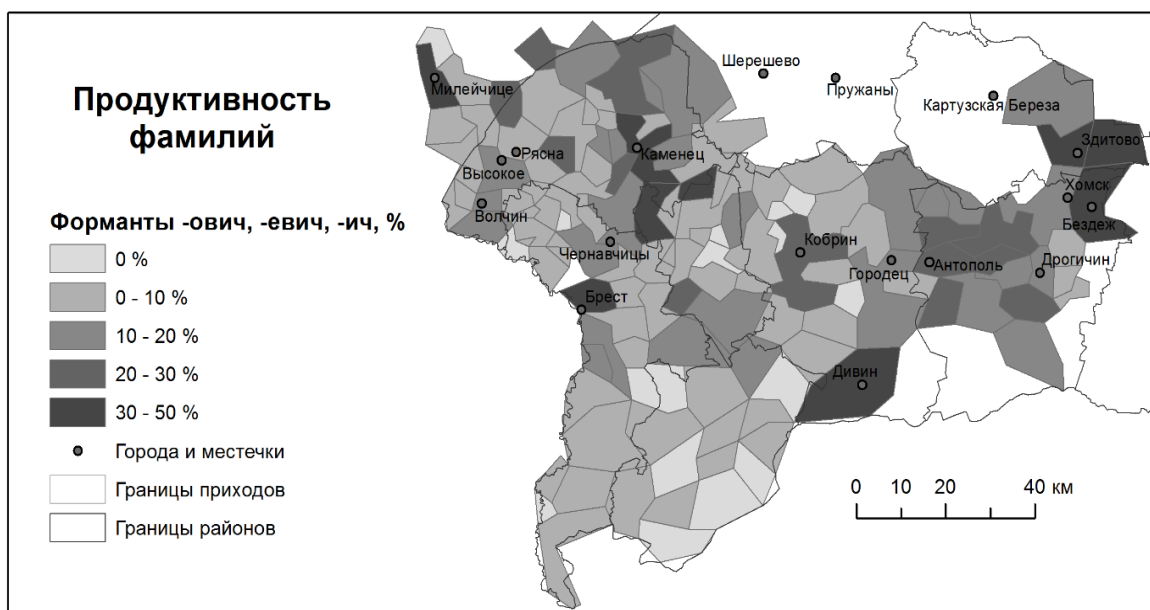
Для проведения исследования в программном комплексе ArcGIS 10.3 была создана база геоданных с полигональными (районы и приходы) и точечными (города и местечки, деревни, дворы) классами пространственных объектов. Поскольку жители одного двора в деревне (одного дома в городе или местечке) обычно имели одну фамилию, в качестве минимальной единицы антропонимического исследования был выбран один двор (дом), т. е. семья. Каждый точечный объект двора или дома (фамилии) привязывался к конкретному населенному пункту, определенному по трехверстовой топографической карте Шуберта масштаба 1 : 126 000 середины XIX в. Всего было оцифровано 140 приходов с 15 городами и местечками и 776 деревнями, в которых находились свыше 20 000 дворов. Затем в классы городов и местечек, деревень, приходов была добавлена информация об общем количестве дворов (домов) и числе вторичных фамилий с наиболее распространенными на данной территории формантами (-ук/-юк, -чук; -ик, -чик; -ович, -евич, -ич; -ский, -цкий). Все первичные фамилии были определены в категорию «других». С помощью символизации приходов градуированной цветовой шкалой были созданы карты распространения фамилий с наиболее часто встречающимися формантами на территории западной части современной Брестской области в первой трети XIX в. (рисунки 1–4).



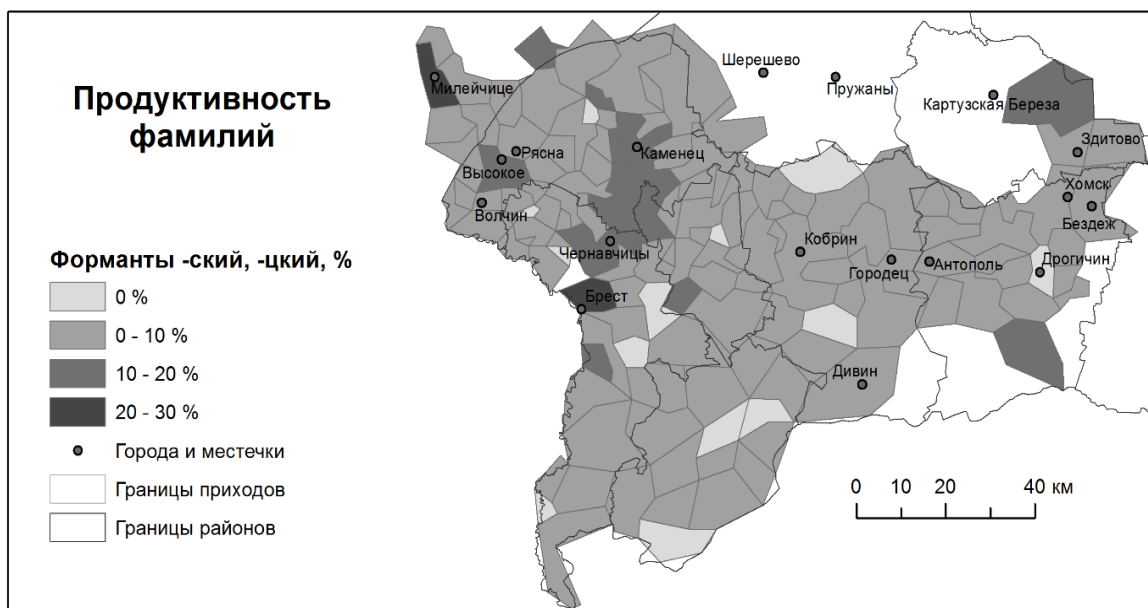
**Рисунок 1. – Продуктивность фамилий с формантами -ук/-юк, -чук в западной части Брестской области в первой трети XIX в.**



**Рисунок 2. – Продуктивность фамилий с формантами -ик, -чик в западной части Брестской области в первой трети XIX в.**



**Рисунок 3. – Продуктивность фамилий с формантами -ович, -евич, -ич в западной части Брестской области в первой трети XIX в.**



**Рисунок 4. – Продуктивность фамилий с формантами -ский, -цкий в западной части Брестской области в первой трети XIX в.**

#### Результаты и их обсуждение

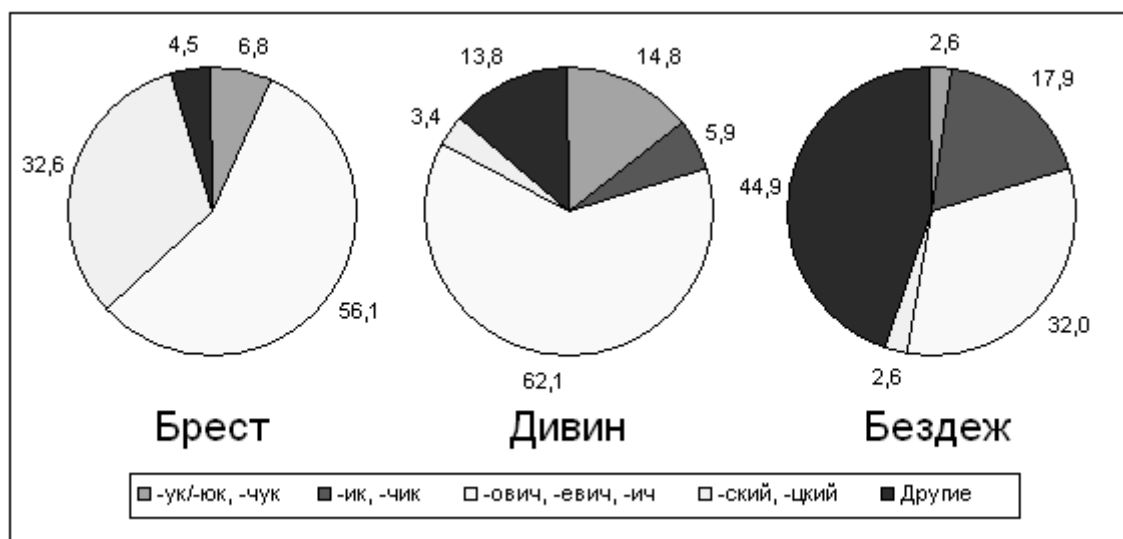
Анализ рисунка 1 показывает, что фамилии с формантами -ук/-юк, -чук в целом преобладают на территории области исследования, особенно в западной и центральной части, где их продуктивность стабильно превышает 50 %, а местами даже 80 %. К северу от Каменца и к югу от Кобрина продуктивность фамилий с данными формантами снижается до 35–40 %, в Дрогичинском районе она практически повсеместно не превышает 30 %, а в Березовском районе и вовсе падает почти до нуля. Данное обстоятельство позволяет сделать вывод, что восточная граница ареала преобладания фамилий с формантами -ук/-юк, -чук проходит приблизительно по границе Кобринского и Дрогичинского районов.

Форманты -ик, -чик считаются общеславянскими [8, с. 37], и рисунок 2 свидетельствует о достаточно равномерной встречаемости фамилий с данными формантами в области исследования (продуктивность около 10 % на большей части территории). Вместе с тем в южной части Малоритского района продуктивность фамилий с формантами -ик, -чик достигает почти 50 %, в Дрогичинском и южной части Кобринского районов она колеблется в пределах 15–20 %, что говорит о наличии локального ареала более частой встречаемости таких фамилий, протянувшегося вдоль южной и восточной границы области исследования по территории Малоритского, Кобринского и Дрогичинского районов.

Фамилии с формантами -ович, -евич, -ич встречаются в области исследования достаточно регулярно (рисунок 3). Чаше они фиксируются в городах и местечках – в данных приходах их продуктивность превышает 30 %, а местами достигает почти 50. В основном продуктивность фамилий с данными формантами в области исследования колеблется в пределах 10 %, на севере Каменецкого и северо-западе Дрогичинского районов она повышается до 25 %, а на юге Малоритского района понижается до нуля.

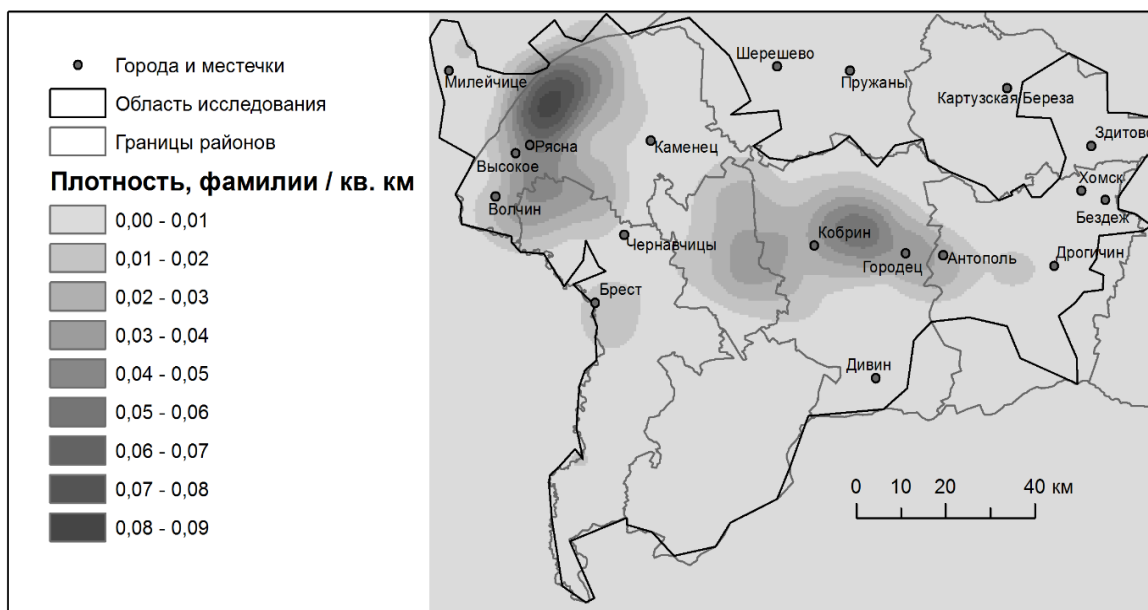
Продуктивность фамилий с формантами -ский, -цкий на большей части области исследования не превышает 10 % (рисунок 4). Вместе с тем в приходах, в состав которых входят города и местечки, доля таких фамилий существенно выше: в Брестском и Милейчицком приходах она достигает почти 30 %.

На данном феномене следует остановиться подробнее. На рисунке 5 представлены диаграммы, отражающие структуру фамилий униатского населения городов и местечек, расположенных в разных частях области исследования, по основным формантам. Во всех трех населенных пунктах наблюдается высокая доля фамилий с формантами -ович, -евич, -ич (от 32 % в Бездеже до 62,1 в Дивине). Кроме того, в Бресте зафиксирована также высокая доля фамилий с формантами -ский, -цкий (56,1 %). Одновременно с этим доля наиболее распространенных для фамилий области исследования формантов -ук/-юк, -чук среди униатского населения городов и местечек аномально низка (14,8 % в Дивине, 2,6 в Бездеже). По-видимому, различие структуры фамилий по формантам между городскими и сельскими поселениями объясняется особенностями сословного и этнического состава населения. Среди униатского населения городов и местечек встречаются представители мелкой шляхты, крещеные евреи, поляки (отсюда, в частности, высокая доля фамилий с формантами -ский, -цкий на западе области исследования). Таким образом, фамилии с формантами -ский, -цкий, в целом нетипичные для области исследования, с высокой вероятностью означают принадлежность их носителей к шляхте или польскому этносу.



**Рисунок 5. – Структура фамилий униатского населения городов и местечек по основным формантам в первой трети XIX в.**

Наличие базы геоданных и инструментария геоинформационных систем позволяет проводить анализ пространственного распределения отдельных фамилий, что представляет интерес для генеалогических исследований. На рисунке 6 представлена карта плотности фамилии автора, созданная в программном комплексе ArcGIS 10.3 из выделенного точечного слоя ее местоположений с помощью инструмента «Плотность ядер». Поскольку фамилия Семенюк является типичным представителем фамилий с формантами -ук/-юк, -чук, она чаще всего встречается в соответствующем ареале (рисунок 1). На карте отмечается два района с повышенной плотностью фамилии Семенюк – на северо-западе Каменецкого района и северо-восточнее Кобрин.



**Рисунок 6. – Плотность фамилии автора в западной части Брестской области в первой трети XIX в.**

### Заключение

Таким образом, результаты антропонимического исследования, проведенного по материалам переписей прихожан униатских церквей западной части Брестской области 1820-х гг., показали в целом сходную картину с трудом Бирилло: на рассмотренной территории преобладают фамилии с формантами -ук/-юк, -чук, что позволяет рассматривать данный формант в качестве коренного для западной Брестчины. Вместе с тем исследование показало некоторые локальные особенности в пространственном распределении фамилий с другими формантами в рассматриваемый период, в частности преобладание среди униатского населения городов и местечек запада Брестской области фамилий с формантами -ович, -евич, -ич и -ский, -цкий, что свидетельствует об отличном от окружающей сельской местности сословном и этническом составе городского населения. Определенный интерес также представляет повышенная доля фамилий с формантами -ик, -чик в прилегающих к белорусско-украинской границе районах. Использование в качестве инструментов антропонимического исследования возможностей современных геоинформационных технологий позволяет значительно упростить обработку данных и эффективно решить задачу наглядной картографической визуализации лингвистической и исторической информации.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подольская, Н. В. Словарь русской ономастической терминологии / Н. В. Подольская. – М. : Наука, 1978. – 200 с.
2. Никонов, В. А. Имя и общество / В. А. Никонов. – М. : Наука, 1974. – 280 с.
3. Никонов, В. А. География фамилий / В. А. Никонов. – М. : Наука, 1988. – 192 с.
4. Бірыла, М. В. Беларускія антрапанімічныя назвы ў іх адносінах да антрапанімічных назваў іншых славянскіх моў (рускай, украінскай, польскай) / М. В. Бірыла. – Мінск : Выд-ва Акад. навук БССР, 1963. – 58 с.
5. Бірыла, М. В. Беларуская антрапанімія. Уласныя імёны, імёны-мянушкі, імёны па бацьку, прозвішчы / М. В. Бірыла. – Мінск : Навука і тэхніка, 1966. – 328 с.

6. Бірыла, М. В. Беларуская антрапанімія. 2. Прозвішчы, утвораныя ад апеялятыўнай лексікі / М. В. Бірыла. – Мінск : Навука і тэхніка, 1969. – 506 с.
7. Бірыла, М. В. Тыпалогія і геаграфія славянскіх прозвішчаў / М. В. Бірыла. – Мінск : Навука і тэхніка, 1988. – 67 с.
8. Лемтюгова, В. П. Корні нашых фамилий = Карані нашых прозвішчаў / В. П. Лемтюгова, И. О. Гапоненко. – Минск : Звязда, 2018. – 672 с.
9. Литовский государственный исторический архив (ЛГИА). – Ф. 634. Оп. 1. Д. 20.
10. ЛГИА. – Ф. 634. Оп. 1. Д. 21.
11. ЛГИА. – Ф. 634. Оп. 1. Д. 22.
12. ЛГИА. – Ф. 634. Оп. 1. Д. 27.
13. ЛГИА. – Ф. 634. Оп. 1. Д. 30.

## REFERENCES

1. Podol'skaja, N. V. Slovar' russkoj onomastichieskoj terminologii / N. V. Podol'skaja. – M. : Nauka, 1978. – 200 s.
2. Nikonov, V. A. Imia i obshchestvo / V. A. Nikonov. – M. : Nauka, 1974. – 280 s.
3. Nikonov, V. A. Geografija familij / V. A. Nikonov. – M. : Nauka, 1988. – 192 s.
4. Biryła, M. V. Bielaruskija antrapanimichnyja nazvy u ikh adnosinakh da antrapanimichnykh nazvau inshykh slavianskikh mou (ruskaj, ukrainskaj, pol'skaj) / M. V. Biryła. – Minsk : Vyd-va Akad. navuk BSSR, 1963. – 58 s.
5. Biryła, M. V. Bielaruskaja antrapanimija. Ulasnyja imiony, imiony-mianushki, imiony pa bac'ku, prozvischchy / M. V. Biryła. – Minsk : Navuka i tekhnika, 1966. – 328 s.
6. Biryła, M. V. Bielaruskaja antrapanimija. 2. Prozvischchy, utvoranyja ad apieliatyunaj lieksiki / M. V. Biryła. – Minsk : Navuka i tekhnika, 1969. – 506 s.
7. Biryła, M. V. Typalohija i heahrafija slavianskikh prozvischchau / M. V. Biryła. – Minsk : Navuka i tekhnika, 1988. – 67 s.
8. Lemtiugova, V. P. Kornj nashikh familij = Karani nashykh prozvischchau / V. P. Lemtiugova, I. O. Gaponenko. – Minsk : Zviazda, 2018. – 672 s.
9. Litovskij gosudarstviennyj istorichieskij archiv (LGIA). – F. 634. Op. 1. D. 20.
10. LGIA. – F. 634. Op. 1. D. 21.
11. LGIA. – F. 634. Op. 1. D. 22.
12. LGIA. – F. 634. Op. 1. D. 27.
13. LGIA. – F. 634. Op. 1. D. 30.

*Рукапіс наступіў у рэдакцыю 13.01.2021*

УДК 911.3+331.5(476)

**Александр Александрович Сидорович***канд. геогр. наук, доц., зав. каф. туризма и страноведения  
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина***Aleksandr Sidorovich***Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,  
Head of the Department of Tourism and Country Studies  
at the Brest State A. S. Pushkin University**e-mail: brestsid@yahoo.com***ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПЕНСИОННОГО РЕФОРМИРОВАНИЯ  
В БЕЛАРУСИ: ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ**

*Составлен прогноз численности населения трудоспособного возраста на 2025 и 2035 гг. по административно-территориальным районам и областям Беларуси. Представлена оценка эффекта от проведения пенсионной реформы посредством увеличения общеустановленного пенсионного возраста в соответствии с принятыми нормами, а также с вероятными вариантами дальнейшего повышения верхней границы трудоспособного возраста. Определено, что, несмотря на увеличение общеустановленного пенсионного возраста, в целом в Беларуси прогнозируется снижение численности трудоспособного населения на 99,2 тыс. человек (на 1,8 %) в 2019–2024 гг. и на 356,4 тыс. человек (на 6,6 %) в 2019–2034 гг. К 2025 г. за счет собственного демографического потенциала возможен рост численности трудоспособного населения в 10 районах. При этом к 2035 г. в 24 районах за счет смертности и старения численность трудоспособного населения сократится на 15 % и более.*

*Ключевые слова:* демографическое развитие, пенсионное реформирование, население Беларуси.

**Demographic Potential of Pension's Reforming in Belarus: Economic and Geographic Forecast**

*The article provides a forecast of the working-age population by 2025 and 2035 on the level of the administrative-territorial regions of Belarus. An assessment of the effect of the pension reform by increasing retirement age as well as in accordance with likely alternatives for further raising the upper limit of working age is presented. Despite an increase in retirement age a decrease in working-age population by 99.2 thousand is predicted (by 1.8%) for 2019–2024 and by 356.4 thousand people (by 6.6%) for 2019–2034 in Belarus. By 2025, due to its own demographic potential, an increase in working-age population in 10 districts is possible. The working-age population will decrease by 15 % or more in 24 districts by 2035.*

*Key words:* demographic development, pension reforming, population of Belarus.

**Введение**

Усиление деформации половозрастной структуры населения в условиях депопуляции и старения населения негативно сказывается на формировании трудовых ресурсов, приводит к снижению численности экономически активного населения и трансформации структуры предложения на рынке труда. Демографические процессы имеют экономико-географическую специфику, которая проявляется в разной степени выраженности тех или иных тенденций на региональном уровне. Кроме того, каждый регион вне зависимости от иерархического уровня характеризуется специфическими чертами структуры экономики и занятости населения, что в совокупности с особенностями демографической ситуации предопределяет состояние локальных и региональных рынков труда, а через них и национального рынка труда. Таким образом, экономико-географические исследования региональных различий в обеспеченности трудовым потенциалом выступают в качестве научно-методической базы для совершенствования государственной политики в сфере демографической безопасности и в конечном итоге – обеспечения устойчивого социально-экономического развития Беларуси. Из-за интенсивного демографического старения доля лиц в возрасте старше трудоспособного возрас-

---

*Исследование выполнено при финансовой поддержке БРФФИ (грант № Г20М-030).*



ста превысила в конце XX в. долю лиц в возрасте до 16 лет, в результате чего существенно увеличилась нагрузка на трудоспособное население. В итоге стали проявляться негативные тенденции в формировании доходной части Фонда социальной защиты населения, в котором аккумулируются средства для осуществления пенсионных выплат. В контексте проводимой пенсионной реформы, связанной с увеличением общеустановленного пенсионного возраста, особую актуальность приобретает экономико-географическая оценка перспективных изменений предложения услуг труда и прогнозирование численности населения трудоспособного возраста, составляющего основу занятого в экономике населения.

Цель работы – выполнить региональные прогнозы и оценить демографический эффект от проведения пенсионной реформы по изменению общеустановленного пенсионного возраста для обеспечения демографической безопасности и совершенствования государственной политики в сфере занятости населения.

### Материалы и методика исследования

В качестве ответа на старение населения и, соответственно, сокращение трудоспособного контингента правительствами различных государств принимаются решения об увеличении пенсионного возраста (Германия, Испания, Италия, Литва, Португалия). Соответствующее решение принято и в Беларуси в форме Указа Президента Республики Беларусь от 11 апреля 2016 г. № 137 «О совершенствовании пенсионного обеспечения». Окончательное повышение пенсионного возраста запланировано на 1 января 2022 г., когда общеустановленный пенсионный возраст для мужчин составит 63, а для женщин – 58 лет. Проведение прогнозных расчетов методом передвижки возрастов путем сопоставления численности трудоспособного населения на основе первоначальных и измененных границ трудоспособного возраста позволяет установить эффект институционального фактора на формирование трудоспособного населения. Кроме того, осуществление прогнозирования данным методом позволяет провести расчеты потенциального воздействия институционального фактора с учетом установления альтернативных вариантов пенсионного возраста. В качестве наиболее вероятных вариантов последующего повышения минимального возраста выхода на пенсию для мужчин рассматривается 65 лет, для женщин – 60 и 65 лет. Таким образом, один из вариантов предполагает выравнивание пенсионного возраста для мужчин и женщин (65 лет).

В отличие от методов экстраполяции метод передвижки возрастов учитывает не только общие тенденции динамики всего трудоспособного населения, а отражает половозрастную структуру населения и дифференциацию интенсивности смертности и миграционной подвижности в разрезе отдельных возрастных групп трудоспособного населения. Между тем данный метод отличается наиболее сложным алгоритмом проведения расчетов и вместе с тем предполагает оперирование широким массивом как исходных, так и промежуточных и результативных данных [1–3]. Механизм метода передвижки возрастов заключается в использовании повозрастных показателей дожития населения до соответствующего возраста в течение прогнозируемого периода. Математически принцип данного метода можно представить в следующем виде (формула 1):

$$P_{x+1} = P_x \times (1 - K_x); \quad (1)$$

где  $P_{x+1}$  – численность населения в возрасте  $x$  лет, которое доживет до возраста  $x + 1$ ;  $P_x$  – исходная численность населения в возрасте  $x$  лет;  $K_x$  – коэффициент смертности в возрасте  $x$  лет.

В качестве исходной статистической базы прогнозного расчета принята половозрастная структура населения по состоянию на 1 января 2019 г. в разрезе административно-территориальных районов и областей. В качестве горизонта прогноза был

выбран наиболее приемлемый период расчета методом передвижки возрастов. Согласно этому методу население возрастной группы до 1 года по состоянию на базовый год перейдет в группу трудоспособного населения через 16 лет (нижняя граница трудоспособного возраста) [4]. Следовательно, при заданных параметрах расчета данный возрастной контингент достигнет трудоспособного возраста в 2035 г., что и является основанием для определения данного периода в качестве горизонта прогноза. Увеличение прогнозного периода в значительной степени снижает достоверность расчета, поскольку требует экспертной (по сути, субъективной) оценки перспективного уровня рождаемости, что означает увеличение числа искомых переменных. Расчет перспективной численности населения проведен также по состоянию на 2025 г.

Опыт разработки прогнозов методом передвижки возрастов свидетельствует, что наибольшую ценность его результаты представляют при закладывании в расчеты половозрастных уровней смертности и применении одногодичных возрастных групп без учета миграционной подвижности [5]. Такой подход позволяет спроецировать и оценить воздействие текущей половозрастной структуры населения на перспективное состояние региональных рынков труда, т. е. их демографическую трансформацию на период, равный горизонту прогнозирования. Таким образом, для прогнозирования перспективной численности трудоспособного населения с учетом воздействия структурно-демографического фактора (возрастного движения и смертности) целесообразно использовать метод передвижки возрастов, а для оценки влияния миграционного фактора применять метод экстраполяции с учетом общих среднегодовых темпов динамики численности трудоспособного населения и среднегодовых темпов динамики миграционного сальдо.

Информационную основу проведенного исследования составляют данные текущего учета населения, представленные в статистических изданиях и интерактивной информационно-аналитической системе распространения официальной статистической информации Национального статистического комитета Республики Беларусь, а также половозрастные показатели смертности населения Беларуси, представленные в базе данных «The Human Mortality Database» (HMD) – совместного проекта кафедры демографии Калифорнийского университета и Института Макса Планка [6–8]. Как показали ранее проведенные исследования, применение статистических данных для отдельных административно-территориальных единиц в большинстве случаев является некорректным по причине существенных флуктуаций в хронологическом ряду из-за «недостаточной» статистической выборки [9].

### **Результаты исследования и их обсуждение**

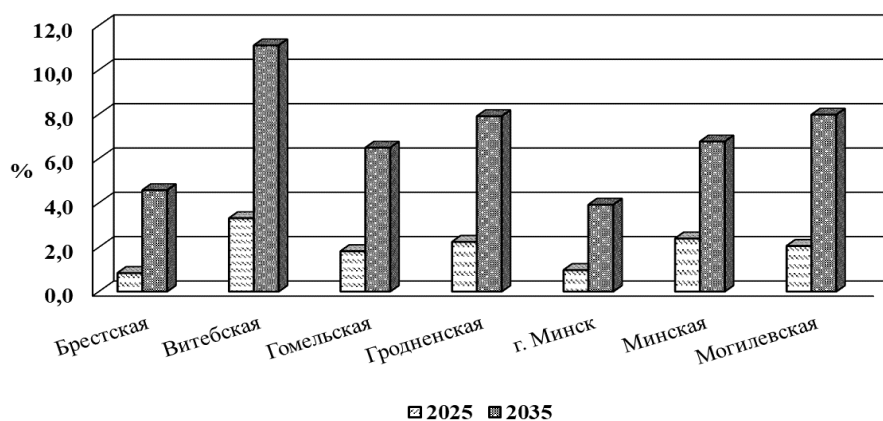
Прогноз методом передвижки возрастов свидетельствует, что за счет структурно-демографического фактора (т. е. потенциала половозрастной структуры населения с учетом смертности) за 2019–2024 гг. численность трудоспособного населения в Беларуси снизится на 99,2 тыс. человек, или на 1,8 %. С учетом сложившегося в начале XXI в. соотношения между числом прибывших и выбывших международных мигрантов по данным официального статистического учета депопуляция трудоспособного населения в результате естественного движения населения будет частично компенсирована положительным сальдо международной миграции.

В то же время необходимо учитывать, что в этот период будет продолжена реализация пенсионной реформы. Как следствие, неблагоприятное соотношение между численностью молодежи, вступающей в трудоспособный возраст, и численностью лиц, достигающих общеустановленного пенсионного возраста, нейтрализуется повышением верхней границы трудоспособного возраста. Однако даже при таких условиях ожидается сокращение трудоспособного контингента, в т. ч. в 2019–2022 гг., в течение которых

будет обеспечиваться дополнительный приток трудоспособного населения благодаря институциональному фактору. Хотя за этот период потери составят около 4,8 тыс. человек, за 2023–2024 гг. потери окажутся многократно выше и составят 94,4 тыс. человек.

По областям наибольшие потери от смертности и старения населения к 2025 г. прогнозируются в Витебской и Минской – 3,3 и 2,4 % соответственно, к 2035 г. – в Витебской, Могилевской и Гродненской – 11,1, 8,0 и 7,9 % соответственно (рисунок 1).

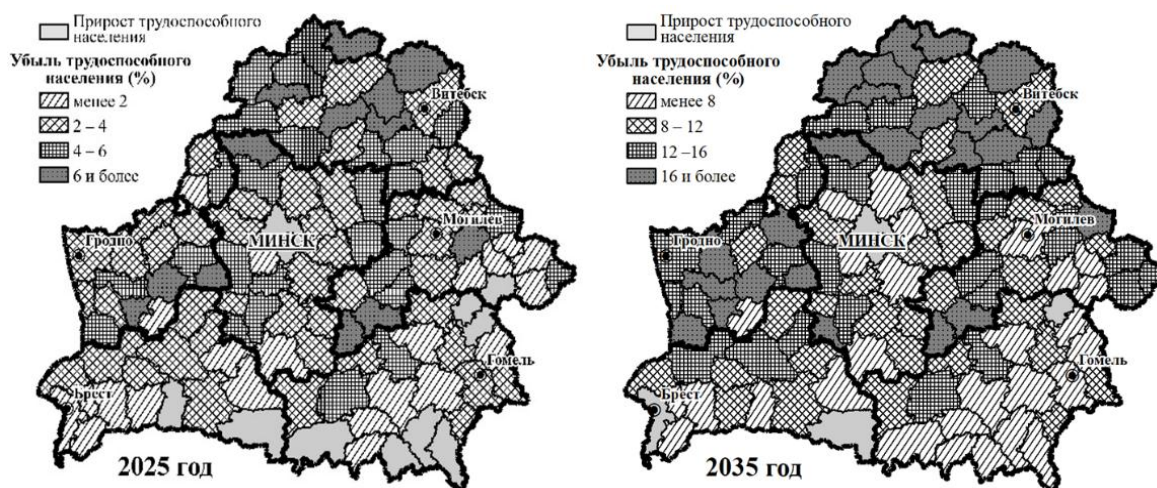
Наименьшая депопуляция прогнозируется в Брестской области и г. Минске – 0,8 и 1,0 % соответственно за 2019–2024 гг., а также 4,6 и 3,9 % соответственно за 2019–2034 гг., что объясняется более высокими уровнями рождаемости в данных регионах. Обращает на себя внимание соотношение показателей динамики за разные периоды для различных регионов. Так, если за первый период наименьшая убыль прогнозируется в Брестской области, то за второй период – в г. Минске. В этом, в частности, и проявляется преимущество метода передвижки возрастов по сравнению с методами экстраполяции, которые базируются на неизменности тренда.



**Рисунок 1. – Прогнозные потери трудоспособного населения Беларуси от структурно-демографического фактора на 2025 и 2035 гг.**

Проведенные расчеты показывают, что к 2025 г. с учетом проводимой пенсионной реформы за счет собственного демографического потенциала возможен рост численности трудоспособного населения только в 10 районах (рисунок 2). В их число входят восемь районов из группы наиболее пострадавших от аварии на ЧАЭС: Столинский (4,6 %), Кормянский (3,0 %), Наровлянский (2,0 %), Краснопольский (2,0 %), Брагинский (2,0 %), Хойникский (1,4 %), Чечерский (1,2 %) и Лельчицкий (0,7 %).

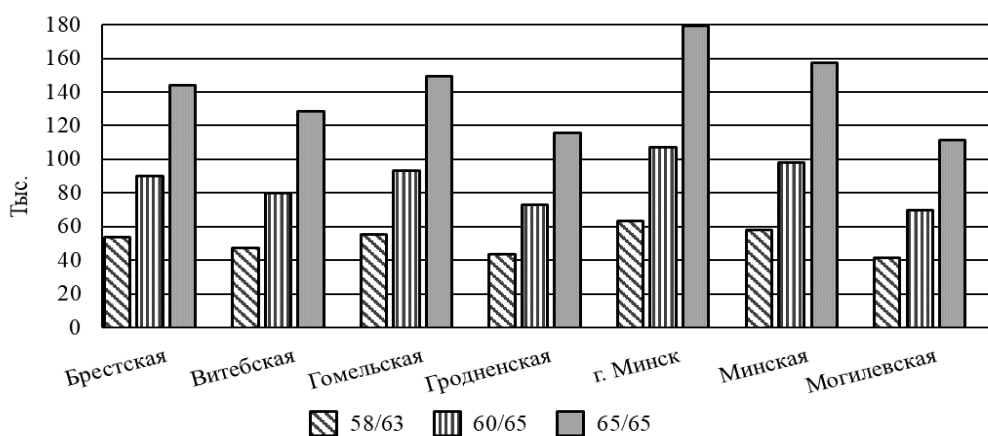
Данная географическая особенность свидетельствует о достаточно эффективных мерах государственной политики по реабилитации социально-экономического развития пострадавших регионов. Рост численности трудоспособного населения также ожидается в Минском (0,8 %) и Ивановском (0,02 %) районах.



**Рисунок 2. – Прогнозная динамика численности трудоспособного населения Беларуси на 2025 и 2035 гг. на основе метода передвижки возрастов**

В целом установлена тенденция увеличения интенсивности убыли трудоспособного населения по направлению «юг – север». Так, минимальное число районов с низкими показателями депопуляции отмечается в Брестской и Гомельской областях [10]. Обратная ситуация характерна для Витебской области, в большей части районов которой прогнозируется сокращение численности трудоспособного контингента на 4 % и более. В частности, в Ушачском, Бешенковичском и Россонском районах ожидается снижение численности трудоспособного населения на 8,1, 7,6 и 7,5 % соответственно. Относительно высокие темпы убыли характерны также для Бобруйского (9,0 %), Глуского (7,0 %) и Чаусского (7,0 %) районов Могилевской области, Зельвенского района (7,0 %) Гродненской области.

По состоянию на 2025 г. в абсолютном выражении дополнительный приток трудоспособного населения в результате реализации пенсионной реформы составит 363,1 тыс. человек (7 %). По областям этот эффект составит 40–64 тыс. человек (рисунок 3), или около 8 % (в г. Минске – 6 %). Вариант 60/65 (60 лет – для женщин, 65 – для мужчин) к 2025 г. может обеспечить дополнительное предложение услуг труда в Беларуси в объеме 612,1 тыс. человек (12 %), вариант 65/65 – 985,7 тыс. человек (20 %).



**Рисунок 3. – Перспективный приток дополнительных трудовых ресурсов при различных вариантах пенсионного возраста по областям и г. Минску по состоянию на 2025 г.**

В соответствии с прогнозными значениями действующее увеличение пенсионного возраста в целом в Беларуси к 2035 г. обеспечит прирост трудоспособного населения на 7 %, установление пенсионного возраста в формате «60/65» – на 12 % и в формате «65/65» – на 18 %. В разрезе областей относительный прирост трудоспособного населения за 2019–2034 гг. также сопоставим с периодом 2019–2024 гг. (таблица 1).

Таблица 1. – Эффект институционального фактора на формирование предложения услуг на рынке труда Беларуси по состоянию на начало 2035 г.

Область/ город	Прирост трудоспособного населения при различных вариантах пенсионного возраста					
	58/63		60/65		65/65	
	тыс. человек	%	тыс. человек	%	тыс. человек	%
Брестская	50,7	7	83,4	12	129,9	19
Витебская	42,5	8	69,7	13	109,5	20
Гомельская	52,3	8	85,4	12	133,1	19
Гродненская	36,6	7	61,1	12	96,6	19
г. Минск	71,4	6	114,2	10	173,5	16
Минская	50,9	7	84,0	12	130,8	19
Могилевская	39,4	8	64,8	13	100,3	20

В абсолютном выражении максимальный дополнительный прирост прогнозируется в г. Минске. Однако относительный прирост для столицы за два анализируемых периода на несколько процентов ниже, чем в других областных регионах.

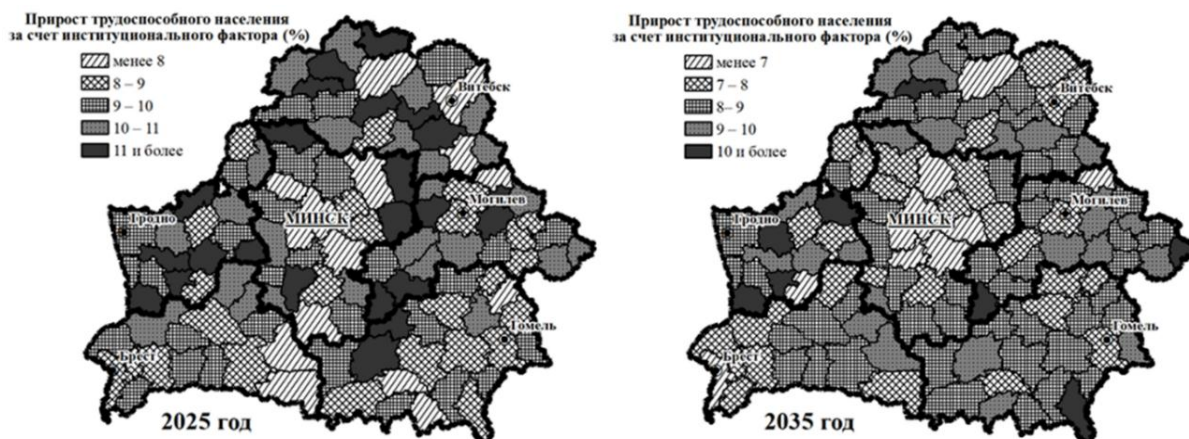
Положительное воздействие институционального фактора в территориальном разрезе представлено в таблице 2. Анализ перспективного воздействия институционального фактора на формирование трудоресурсного потенциала свидетельствует, что лишь в единичных районах и городах областного подчинения по состоянию на 2025 г. будет обеспечен прирост трудоспособного населения при формате «58/63». На районном уровне увеличение пенсионного возраста до 60 лет для женщин и до 65 для мужчин определит рост трудоспособного населения не во всех районах (Бешенковичский, Бобруйский, Мядельский, Ушачский, Шарковщинский). Примечательно, что потенциальное повышение пенсионного возраста даже до 65 лет для мужского и женского населения позволит увеличить численность трудоспособного населения к 2035 г. в подавляющем большинстве районов и городов областного подчинения Брестской и Гомельской областей, почти в половине районов Минской и Могилевской областей и лишь в некоторых районах Витебской и Гродненской областей.

Таблица 2. – Число районов и городов областного подчинения с положительным воздействием институционального фактора за 2019–2024 и 2019–2034 гг.

Область	Число районов и городов областного подчинения						Всего
	2025 г.			2035 г.			
	58/63	60/65	65/65	58/63	60/65	65/65	
Брестская	3	19	19	2	6	16	19
Витебская	–	20	23	–	–	2	23
Гомельская	6	22	22	1	7	20	22
Гродненская	–	18	18	–	1	5	18
Минская	1	22	23	1	3	14	23
Могилевская	1	22	23	–	–	12	23

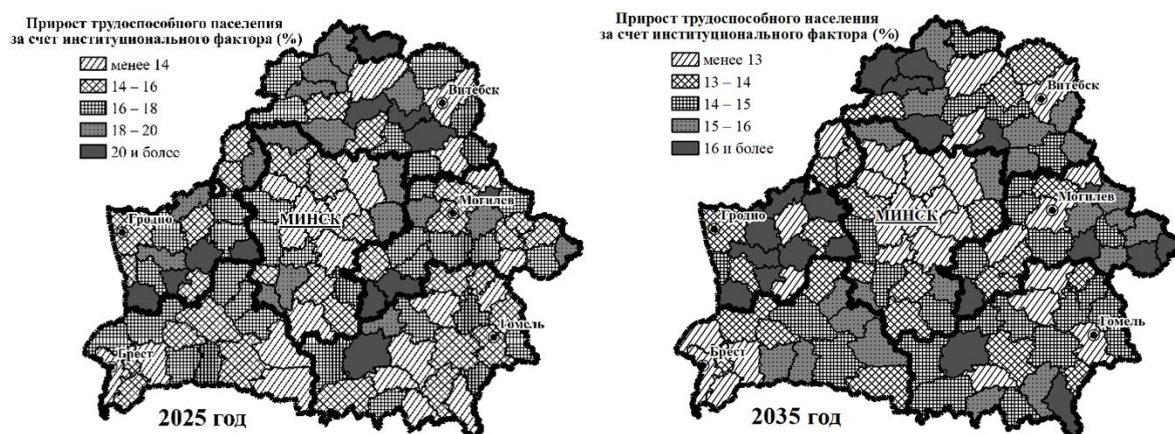
На основе метода передвижки возрастов проведена оценка эффекта институционального фактора на формирование трудоспособного населения в сравнении с ранее уста-

новленными значениями (55/60). Как свидетельствуют расчеты, в 2025 г. повышение пенсионного возраста до 58 лет для женщин и 63 для мужчин обеспечит дополнительный приток трудоспособного населения от 5,8 в Минском до 13,5 % в Ушачском районе, в 2035 г. – от 6,4 в Пуховичском до 12,3 % в Зельвенском районе (рисунок 4). Примечательно, что наибольший эффект от повышения пенсионного возраста наблюдается в районах с наиболее сложной ситуацией в сфере формирования трудоспособного населения.



**Рисунок 4. – Перспективный приток дополнительных трудовых ресурсов при повышении пенсионного возраста (для женщин до 58 лет, для мужчин до 63 лет)**

Повышение пенсионного возраста до 60 лет для женщин и 65 для мужчин может обеспечить за 2019–2024 гг. дополнительный приток трудоспособного населения от 9,7 % в Минском районе до 23,0 в Бобруйском и Глусском районах (рисунок 5). При этом в 30 районах ожидаемый приток составит 18 % и более. К 2035 г. дополнительный приток оценивается в диапазоне от 10,5 % в Пуховичском районе до 21,2 в Зельвенском.



**Рисунок 5. – Перспективный приток дополнительных трудовых ресурсов при повышении пенсионного возраста (для женщин до 60 лет, для мужчин до 65 лет)**

Увеличение пенсионного возраста до 65 лет для мужчин и для женщин может обеспечить дополнительный приток трудоспособного населения к 2025 г. в 20 % и более в 111 административно-территориальных районах (рисунок 6).

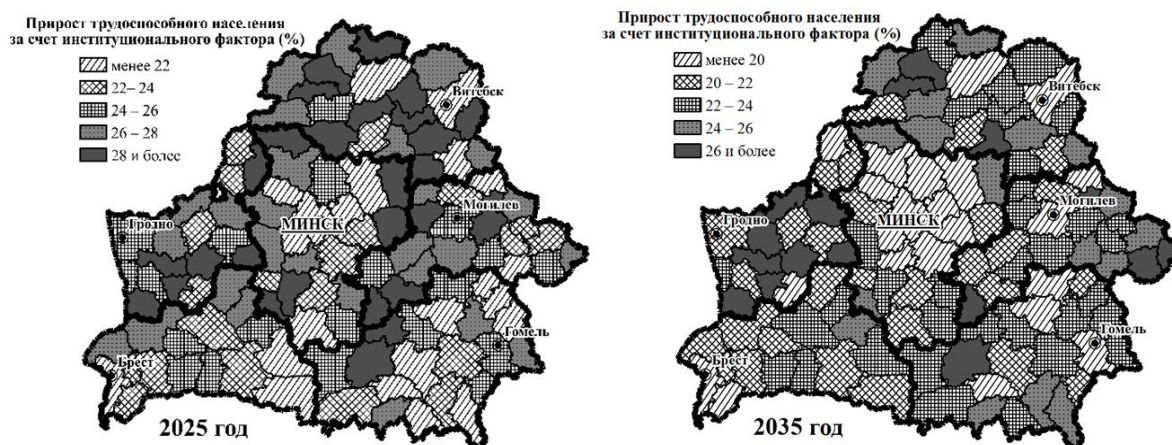


Рисунок 6. – Перспективный приток дополнительных трудовых ресурсов при повышении пенсионного возраста (для женщин до 65 лет, для мужчин до 65 лет)

Однако по мере увеличения горизонта прогноза воздействие институционального фактора несколько снижается. В 2035 г. расширение рамок трудоспособности может обеспечить увеличение предложения услуг труда на 20 % и более в 96 районах. В целом это объясняется тем, что расширенных рамок трудоспособности будут достигать лица, родившиеся в период снижения рождаемости в конце 1960-х – начале 1970-х гг.

### Заключение

Таким образом, несмотря на повышение уровня рождаемости во второй половине 2000-х – 2010-х гг. и проведение пенсионной реформы с увеличением общеустановленного пенсионного возраста, в целом в Беларуси прогнозируется снижение численности трудоспособного контингента населения на 99,2 тыс. человек (на 1,8 %) в 2019–2024 гг. и на 356,4 тыс. человек (на 6,6 %) за 2019–2034 гг. В прогнозируемые периоды удовлетворение потребностей субъектов хозяйствования г. Минска и Минской области в дополнительных трудовых ресурсах будет обеспечиваться за счет демографического потенциала соседних областей посредством миграционных перемещений.

К 2025 г. за счет собственного демографического потенциала возможен рост численности трудоспособного населения в 10 районах, из которых 8 относятся к группе наиболее пострадавших от аварии на ЧАЭС. При этом к 2035 г. в 24 районах за счет смертности и старения численность трудоспособного населения сократится на 15 % и более. Определено, что реализация пенсионной реформы позволит смягчить последствия демографического старения, обеспечив в 2019–2024 гг. привлечение на рынок труда 363,1 тыс. человек (7 %). На уровне районов эффект институционального фактора составит от 5,8 % в Минском до 13,5 в Ушачском районе.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбаковский, Л. Л. Методологические вопросы прогнозирования населения / Л. Л. Рыбаковский. – М. : Статистика, 1978. – 208 с.
2. Социально-экономическая статистика / под общ. ред. Б. И. Башкатова. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 703 с.
3. Чураков, В. Я. Методика и опыт прогноза трудового и демографического потенциала территории административного района / В. Я. Чураков, М. В. Максимов. – М. ; Луховицы, 1993. – 32 с.
4. Сидорович, А. А. Трудовой потенциал Беларуси: территориальная структура и прогноз : дис. ... канд. геогр. наук : 25.03.02 / А. А. Сидорович. – Брест, 2014. – 283 л.

5. Сидорович, А. А. Факторы динамики мужского трудоспособного населения Беларуси / А. А. Сидорович // *Вес. БДПУ. Сер. 3, Фізика. Матэматыка. Інфарматыка. Геаграфія. Біялогія.* – 2018. – № 1. – С. 43–50.
6. Демографический ежегодник Республики Беларусь : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск, 2019. – 429 с.
7. Интерактивная информационно-аналитическая система распространения официальной статистической информации [Электронный ресурс] / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Search>. – Дата доступа : 11.09.2019.
8. The Human Mortality Database [Electronic resource] / The Department of Demography at the University of California, the Max Planck Institute for Demographic Research in Rostock. – Berkeley, 2019. – Mode of access: <http://www.mortality.org>. – Date of access: 14.08.2019.
9. Красовский, К. К. Половая структура населения: мировой обзор / К. К. Красовский, А. А. Сидорович // *Геаграфія.* – 2018. – № 9 (154). – С. 10–16.
10. Сидорович, А. А. Брестская область в территориальной структуре рождаемости населения Беларуси на рубеже XX–XXI вв. / А. А. Сидорович // *Вычислительные методы, модели и образовательные технологии : сб. материалов VII междунар. науч.-практ. конф., Брест, 19 окт. 2018 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. А. А. Козинского.* – Брест : БрГУ, 2018. – С. 228–229.

## REFERENCES

1. Rybakovskij, L. L. *Mietodologichieskije voprosy prognozirovanija nasielienija* / L. L. Rybakovskij. – M. : Statistika, 1978. – 208 s.
2. *Social'no-ekonomichieskaja statistika / pod obshch. ried. B. I. Bashkatova.* – M. : Izd-vo YuNITI-DANA, 2002. – 703 s.
3. Churakov, V. Ya. *Mietodika i opyt prognoza trudovogo i diemografichieskogo potenciala tierritorii administrativnogo rajona* / V. Ya. Churakov, M. V. Maksimov. – M. ; Lukhovicy, 1993. – 32 s.
4. Sidorovich, A. A. *Trudovoj potencial Bielarusi: tierritorial'naja struktura i prognoz : dis. ... kand. gieogr. nauk : 25.03.02* / A. A. Sidorovich. – Brest., 2014. – 283 l.
5. Sidorovich, A. A. *Factory dinamiki muzhskogo trudospobnogo nasielienija Bielarusi* / A. A. Sidorovich // *Ves. BDPU. Ser. 3, Fizika. Matematyka. Infarmatyka. Geahrafija. Bijalohija.* – 2018. – № 1. – S. 43–50.
6. *Diemografichieskij jezhegodnik Riespubliki Bielarus' : stat. sb. / Nac. stat. kom. Riesp. Bielarus' ; riedkol.: I. V. Miedviedieva [i dr.].* – Minsk, 2019. – 429 s.
7. *Interaktivnaja informacionno-analitichieskaja sistemi rasprostranienija oficial'noj statistichieskoj informacii [Eliكتروнный riesurs] / Nac. stat. kom. Riesp. Bielarus'.* – Rezhim dostupa: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Search>. – Data dostupa : 11.09.2019.
8. The Human Mortality Database [Electronic resource] / The Department of Demography at the University of California, the Max Planck Institute for Demographic Research in Rostock. – Berkeley, 2019. – Mode of access: <http://www.mortality.org>. – Date of access: 14.08.2019.
9. Krasovskij, K. K. *Polovaja struktura nasielienija: mirovoj obzor* / K. K. Krasovskij, A. A. Sidorovich // *Hieahrafija.* – 2018. – № 9 (154). – S. 10–16.
10. Sidorovich, A. A. *Briest'skaja oblast' v tierritorial'noj strukturie rozhdajemosti nasielienija Bielarusi na rubiezhe XX–XXI vv.* / A. A. Sidorovich // *Vychislitel'nyje mietody, modeli i obrazovatel'nye tiekhnologii : sb. matierialov VII miezhdunar. nauch.-prakt. konf., Brest, 19 okt. 2018 g. / Brest. gos. un-t im. A. S. Pushkina ; pod obshch. ried. A. A. Kozinskogo.* – Brest : BrGU, 2018. – S. 228–229.



УДК 930.26(5)

**Юрий Юрьевич Трифонов**

аспирант (соискатель) каф. региональной геологии  
Белорусского государственного университета,  
мл. науч. сотрудник лаборатории гидрогеологии и гидроэкологии  
Института природопользования Национальной академии наук Беларуси

**Yurij Trifonov**

Postgraduate Student (Candidate) of the Department of Regional Geology  
at the Belarusian State University,  
Junior Researcher at the Laboratory of Hydrogeology and Hydroecology  
Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus  
e-mail: [yurytrifon@gmail.com](mailto:yurytrifon@gmail.com)

**ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА КОКОРИЦА-4  
В БАССЕЙНЕ ЯСЕЛЬДЫ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

В 2019 г. были начаты комплексные полевые исследования археологического памятника Кокорица-4. Участок расположен на правом берегу р. Ясельды в 1 км выше ее впадения в оз. Споровское. В рамках исследований проведены обработка и анализ материалов дистанционного зондирования: данные мультиспектрального и панхроматического оптико-электронного зондирования искусственными спутниками Земли, а также материалы пилотируемой авиационной и беспилотной аэрофотосъемки. Выполнена аэрофотосъемка беспилотным летательным аппаратом, составлены детальные ортофотопланы, цифровые модели местности и рельефа. Анализ материалов дистанционных съемок помог воссоздать природную обстановку, существовавшую при первичном заселении территории. Наиболее активно процесс культурного освоения протекал в эпоху неолита и бронзовом веке, когда ландшафт приобрел облик, близкий к современному.

**Ключевые слова:** археологический памятник, речная долина, окружающая среда, дистанционное зондирование Земли, аэрофотосъемка.

**The Environment of the Archaeological Monument Kakoryca-4  
in the Yaselda River Basin According to Remote Sensing Data**

Comprehensive field studies of the archaeological monument Kokoritsa-4 were started in 2019. The study site is located on the right-bank of the Yaselda River, 1 km above its confluence with Lake Sporovskoe. A technique based on the remote sensing materials analysis was applied. The data of multispectral and panchromatic optical-electronic sensing by artificial Earth satellites, as well as materials from manned and unmanned aerial photography were processed and analyzed. The aerial photography from an unmanned aerial vehicle was carried out on the territory of the monument. Detailed orthophotomaps, digital terrain and elevation models were compiled. The remote sensing materials analysis helped to recreate the natural environment that had existed during the initial settlement of the territory. The most active settlement process was taking place in the Neolithic and Bronze Age, when the landscape had already gained a modern form.

**Key words:** archaeological monument, river valley, environment, Earth remote sensing, aerial photography.

**Введение**

На ранних этапах развития человек находился в неразрывной связи с его природным окружением. Оно определяло образ его жизни и облик культуры. По этой причине естественнонаучные изыскания играют важную роль в ходе комплексных археологических исследований памятников доисторической эпохи. В рамках этого подхода изучается весь комплекс памятника с учетом топографии и геологии его месторасположения с привлечением этнографических и других данных.

В то же время сегодня сложно представить исследование земной поверхности без применения материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Стереоскопическая обработка снимков, радиолокационная и лазерная съемки позволяют получить детальные цифровые модели местности (ЦММ) и рельефа (ЦМР). Анализ прямых и косвенных дешифровочных признаков элементов природно-территориальных ком-

плексов (ПТК) помогает выделять генетические типы приповерхностных отложений, в ряде случаев определять их литологический состав, относительный возраст, а иногда и мощность. Применение дистанционных методов позволяет изучить характер современной и прошлой хозяйственной активности на территории исследований.

Работа посвящена особенностям применения данных дистанционного зондирования в ходе комплексного исследования нового археологического памятника каменного и бронзового веков Беларуси, получившего название Кокорица-4.

Цели работы – определить роль дистанционных методов в ходе комплексных археологических исследований, произвести палеогеографическую реконструкцию процесса формирования территории памятника и истории ее освоения.

### **Участок исследований**

В административном отношении участок исследований расположен на границе Дрогичинского и Березовского районов Брестской области, на территории Споровского биологического заказника. В геоморфологическом отношении это территория Наревско-Ясельдинской озерно-аллювиальной низины, лежащей в пределах Белорусского Полесья [1]. Участок работ находится в правобережной части долины р. Ясельда между устьем р. Дорогобуж и местом впадения Ясельды в оз. Споровское. Памятник Кокорица-4 (Какорыца-4) находится в 80 м на юг от правого берега реки, на 1,5 км севернее северо-восточной окраины д. Кокорица (бел. Какорыца, Какогуса) Дрогичинского района. Он приурочен к одному из многочисленных песчаных возвышений среди заторфованной равнины (рисунки 1–4).



**Рисунок 1. – Расположение участка исследований**

Памятник открыт в 2018 г. О. В. Иовом. С 2019 г. на памятнике проводят археологические исследования Н. Н. Кривальцевич и О. Ю. Ткачѳв. Согласно первым исследованиям, на памятнике представлены комплексы материалов от финального палеолита до нового века, однако основное количество полученных во время раскопок артефактов относится ко времени неолита и эпохи бронзы (V–II тыс. до н. э.) [2].

Местоположение памятника представляет собой пологий холм с плоской вершиной и овальными плановыми очертаниями, вытянутый параллельно общему направлению долины. Протяженность холма с запада на восток около 170 м и 100 м с севера на юг, относительная высота – 1,5 м (рисунки 3, 4, 7). Северо-восточный склон имеет

слегка вогнутое дугообразное плановое очертание – результат подрезания руслом Ясельды (рисунок 6).

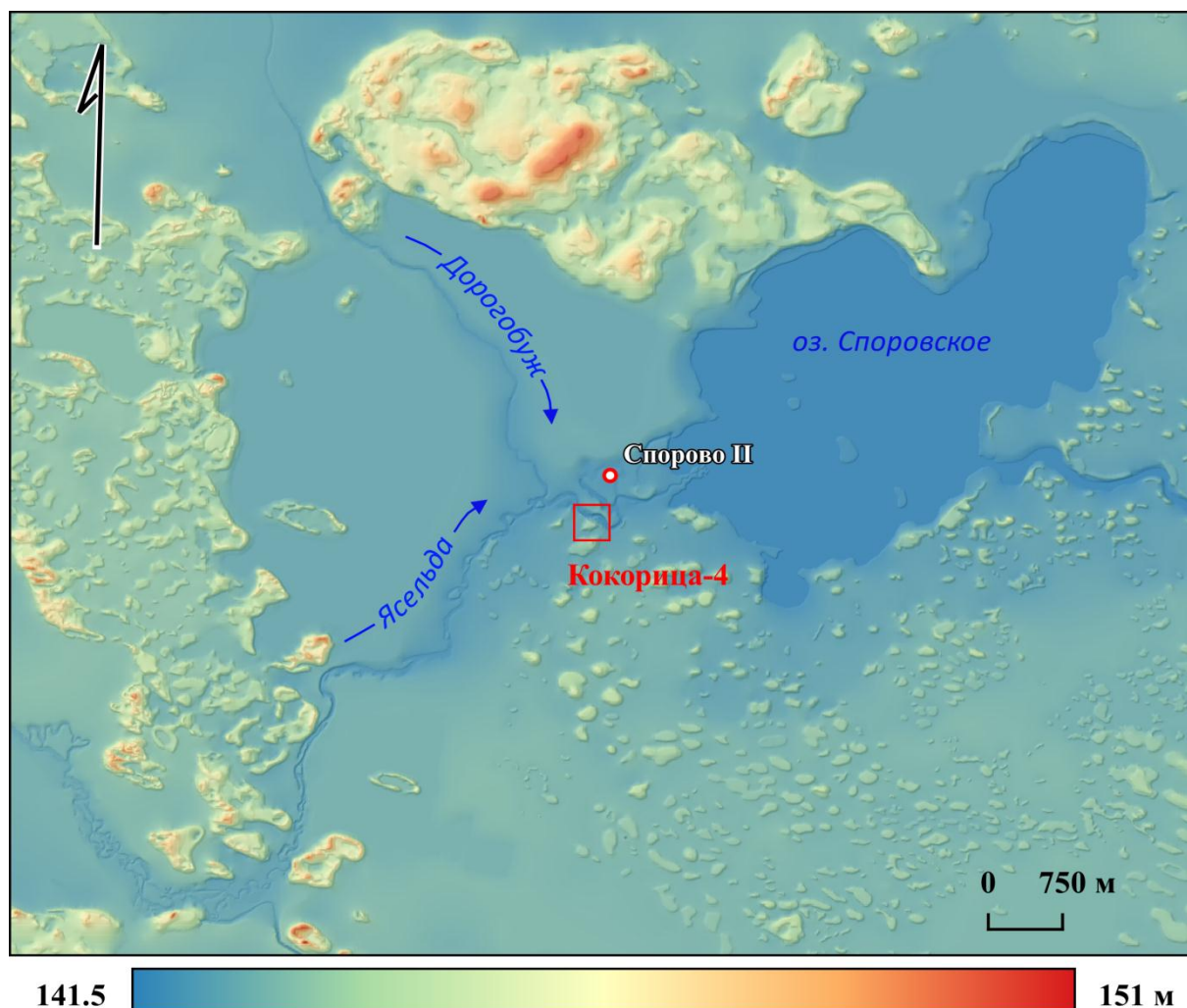


Рисунок 2. – Район исследований на матрице высот, составленной на основе ЦМР по материалам АФС «БелПСХАГИ»

### Материалы и методы исследования

В ходе исследования выполнялся анализ материалов дистанционного зондирования. В качестве исходных данных использовались:

1) результаты мультиспектральной аэрофотосъемки (АФС), выполненной предприятием «БЕЛПСХАГИ» в виде ортофотопланов (рисунок 3.3а) и ЦМР, составленной в результате фотограмсгущения исходной высотно-плановой основы на участках, не перекрытых плотной застройкой либо растительностью выше 1 м (рисунок 2);

2) панхроматические снимки белорусского космического аппарата (БКА) (рисунок 3);

3) материалы АФС беспилотным летательным аппаратом (квадрокоптером «DJI Mavic Pro», выполненной в ходе экспедиции 22.08.2019, в сочетании с геодезической съемкой с поддержкой глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) (рисунок 6). АФС выполнялась по методике, апробированной ранее в долине р. Птичь [3].

В качестве исходного картографического материала использовалась карта [4]. Диагностика форм рельефа проводилась на основе ЦМР. Генезис и литология четвертичных отложений определялись в соответствии с методическими наработками по их

дешифрированию, разработанными лабораторией аэрометодов Министерства геологии СССР [5]. Также учитывались результаты полевых наблюдений, ручного бурения и анализа образцов грунта, включая результаты гранулометрического, споропыльцевого, радиоуглеродного и других исследований.

### Результаты и их обсуждение

По ЦМР, полученной в результате фотограмметрического сгущения планово-высотного обоснования по материалам АФС «БелПСХАГИ», установлены основные морфологические черты района исследований.

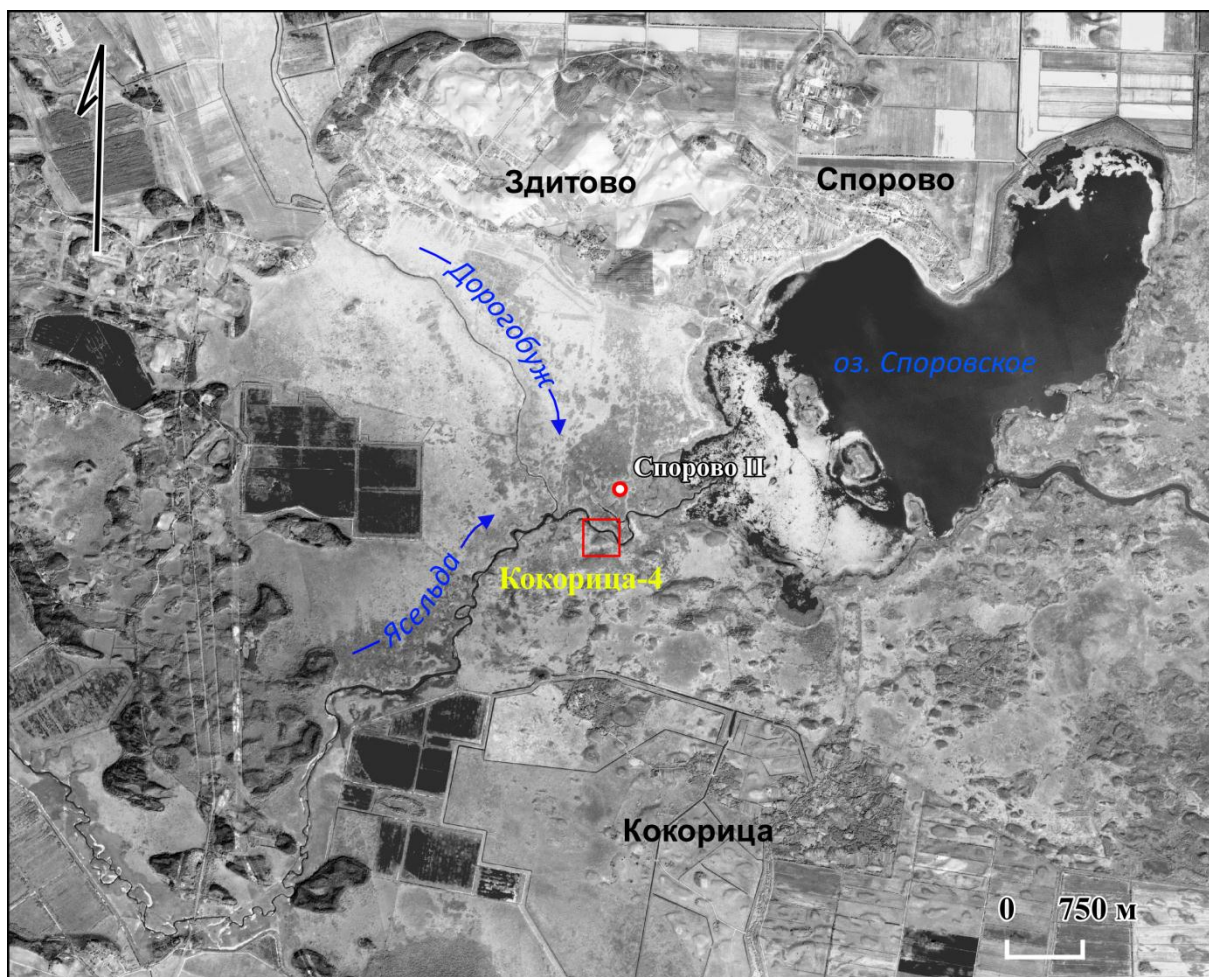


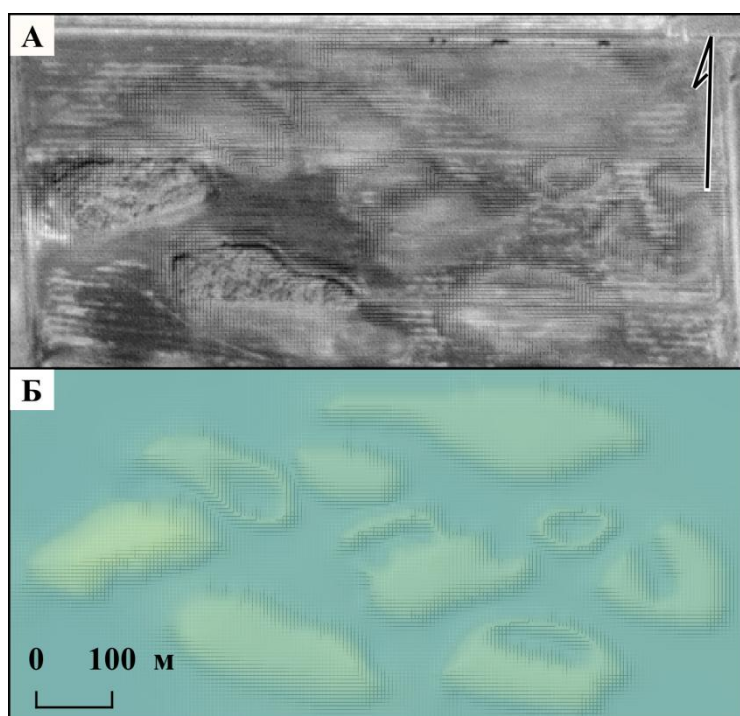
Рисунок 3. – Район исследований на фрагменте панхроматического снимка БКА

Урез воды Споровского озера находится на отметке 141,5 м. Падение Ясельды выше устья в озеро составляет всего лишь 6 см/км. Средняя ширина русла – 20–25 м, максимальная глубина – более 2 м, коэффициент извилистости – 1,5. Урез воды в реке находится на 0,5 м ниже заболоченной поймы.

Севернее памятника Кокорица-4 расположена обширная заторфованная низина. Ее плоская поверхность, лишенная песчаных возвышений, находится на топографическом уровне 142–142,5 м.



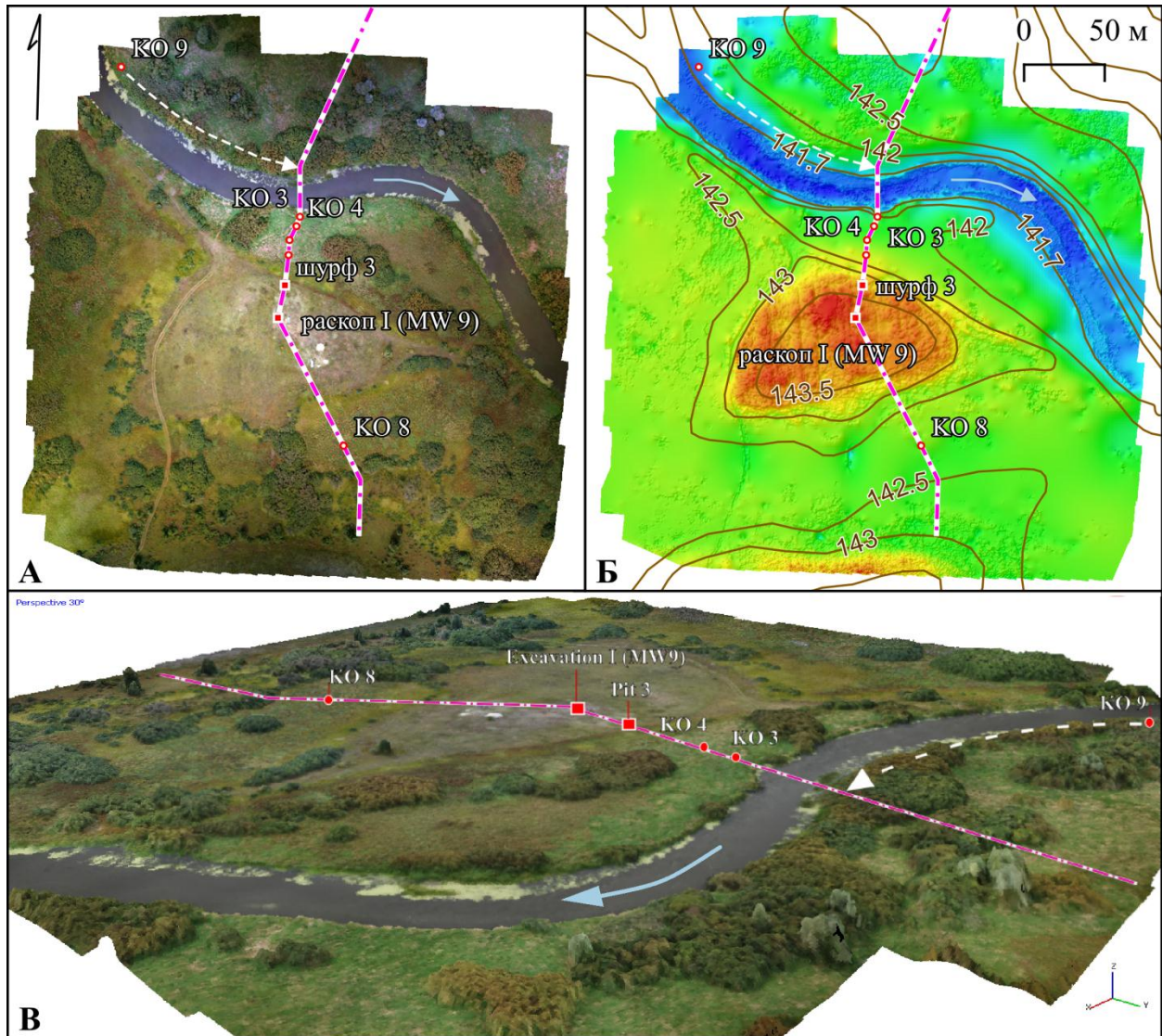
Рисунок 4. – Участок работ и линия геологического профиля на ортофотоплане по результатам мультиспектральной съемки



*А – снимок БКА; Б – фрагмент матрицы высот по материалам АФС «БелПСХАГИ»*

Рисунок 5. – Следы эоловой переработки песчаных возвышений

Песчаные холмы, подобные тому, на котором расположен памятник, имеют небольшие (1,5–2 м) превышения относительно плоской поверхности низинного болота. Заметно выше (до 5–6 м) воздымаются приуроченные к ним эоловые гряды и дюны, имеющие характерные [4] извилистые или кольцеобразные плановые очертания. Песчаные возвышения разделены заторфованными ложбинами различной, от десятков до первых сотен метров, ширины. Эти формы находятся на абсолютных отметках 142–144, в местах эоловой переработки – до 148 м.



*А – ортофотоплан; Б – ЦМР в виде матрицы высот; В – 3D модель местности*

**Рисунок 6. – Территория памятника Кокорица-4  
на материалах АФС БПЛА 22.08.2019**

Наибольшие, до 7 м, относительные превышения имеют песчано-гравийные водно-ледниковые останцы сожского возраста. Они компактно расположены северо-западнее от оз. Споровское (территория д. Здитово), на топографическом уровне 146–150 м. Согласно данным геологического картографирования 1982 г. [3], отложения этих останцов представлены водно-ледниковыми песками с гравием и галькой, образовавшимся во время сожской стадии припятского оледенения.

Песчаные возвышения, на одном из которых расположено место раскопок, уверенно выделяются по материалам спутникового оптико-электронного зондирования на фоне заторфованной низинной равнины. Они хорошо различимы по ряду прямых и косвенных дешифровочных признаков как на весеннем панхроматическом снимке БКА (рисунок 3), так и на ортофотоплане, составленном по результатам сентябрьской мультиспектральной съемки и представленном в естественных (красный, зеленый, синий) цветах (рисунок 4).

Этим пологим песчаным возвышениям свойственны овальные, иногда омебообразные, плановые очертания. Местами прослеживаются слегка вогнутые дугообразные границы холмов, образовавшиеся вследствие их подмывания мигрирующим руслом реки. Важной отличительной чертой этих форм является их параллельная ориентировка относительно общего направления долины Ясельды.

В ряде случаев возвышения, сложенные хорошо отсортированным песком, имеют извилистые плановые очертания. Иногда они принимают кольцеобразную форму с заторфованным понижением в центральной части, что хорошо заметно на матрице высот, составленной на основе ЦМР, полученной по материалам АФС «БелПСХАГИ» (рисунок 5). Эти особенности являются дешифровочным признаком эоловых образований аллювиальных равнин Полесья [5]. В ходе эоловой переработки песчаных холмов их относительные превышения увеличились, а по периметру, местами сформировались дюны, высотой до 5–6 м. Интенсивное образование эоловых форм и отложений могло иметь здесь место в поозерское время. Оно протекало в условиях холодного и сухого перегляциального климата. Снижение активности эоловых процессов происходило по мере потепления, повышения влажности и формирования устойчивого растительного покрова в голоцене.

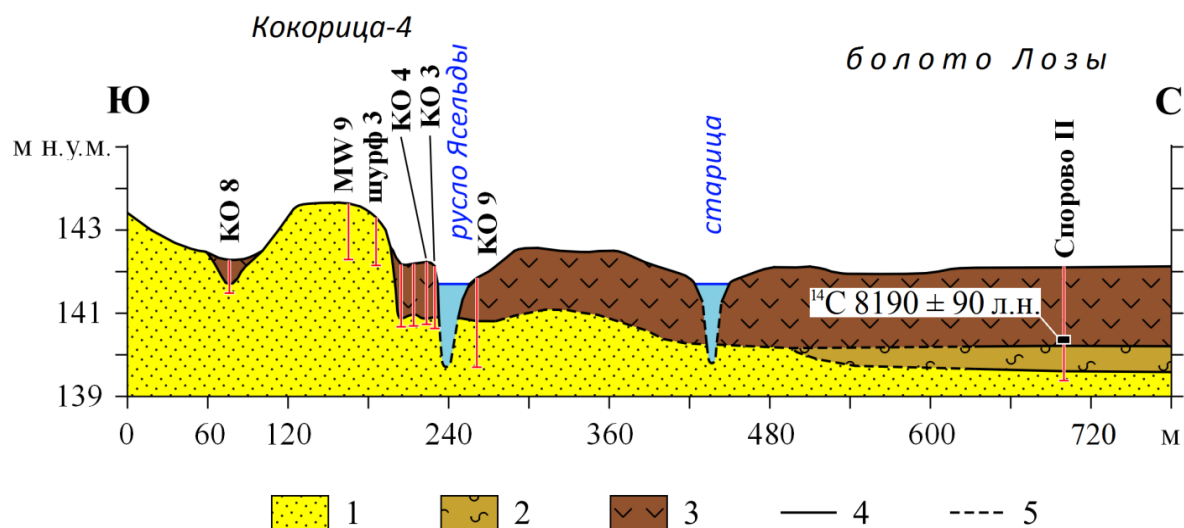
На весеннем панхроматическом снимке БКА песчаные возвышения, особенно покрытые сосновым лесом, отличаются относительно более темным серым тоном (рисунок 3). На ортофотоплане, составленном по результатам раннеосенней мультиспектральной съемки, они, покрытые невысокой травянистой растительностью, местами мхами, напротив, выделяются светлыми, до белого, розовато-коричневыми оттенками на фоне более темного зелено-коричневого осоково-тростникового болота (рисунок 4).

В ряде случаев рисунок песчаных возвышений на космоснимках осложнен полосами огородных гряд или распахки. Повсеместное же распространение песчаных холмов обуславливает пятнистую текстуру рисунка заторфованной низины на космоснимках и матрице высот (рисунки 2, 3).

В результате фотограмметрической обработки материалов АФС БПЛА, выполненной в ходе полевых исследований в августе 2019 г., были получены детальный ортофотоплан с пространственным разрешением 15 см, а также ЦМР в виде матрицы высот и ЦММ в виде 3D модели участка работ (рисунок 6).

Полученные материалы (снимки, ортофотопланы, цифровые модели и результаты ГНСС-съемки) использовались для пространственной привязки места бурения скважин, границ четвертичных отложений и элементов рельефа, а также при построении геологического профиля (рисунок 7).

Материалы дистанционного зондирования позволили уточнить особенности рельефа долины Ясельды на участке близ а. г. Мотоль Ивановского района. Здесь по направлению с севера на юг фиксируется переход от заторфованной низины с повсеместно распространенными песчаными возвышениями к песчаной аллювиальной равнине, расчлененной сетью балкообразных ложбин. Схожесть плановых очертаний возвышений южной и северной частей этой территории, общая ориентировка бугров и разделяющих их ложбин (параллельная относительно общего направления долины) указывают на общность механизма их формирования. Таким образом, напрашивается предположение о том, что песчаные холмы заторфованной низины, как и территория близ а. г. Мотоль, образованы протекающими здесь в позднем плейстоцене многорукавными водотоками.



1 – песок, 2 – гилтия, 3 – торф;  
4 – границы отложений установленные, 5 – границы предполагаемые

**Рисунок 7.** – Геологический профиль участка исследований с указанием шурфов и скважин

Согласно данным геологического картографирования 1988 г. [4], отложения рассматриваемых возвышений определены как валдайские (поозерские) «озерно-аллювиальные» пески. Под «озерно-аллювиальными» обычно понимают отложения, слагающие озерные дельты, либо формирующиеся в озеровидных расширениях речных долин, где в результате малого уклона речные воды растекаются, образуя застойные мелководные бассейны. Они характеризуются признаками, свойственными как аллювиальным, так и озерным отложениям. Такой подход, в принципе, не противоречит изложенным выше предположениям и вписывается в изложенный здесь механизм формирования ландшафта участка исследований.

В литературе, посвященной вопросам дешифрирования четвертичных отложений Русской равнины, описаны песчаные возвышения, в определенной мере схожие с рассматриваемыми здесь холмами. Они приурочены к участку заторфовой поймы Припяти близ устья Ясельды, имеют вид пологих песчаных бугров овальных очертаний, вытянутых вдоль основного русла, и характеризуются как останцы надпойменных террас [5].

Следует также отметить определенное сходство рисунка и формы плановых очертаний рассматриваемых песчаных возвышений с рисунком и формой русловых островов многорукавных участков некоторых крупных рек субарктической зоны: участок слияния рек Индигирка и Мома, участок реки Лена между Якутском и Жиганском, участок реки Колыма в районе устья Надежды и другие. Сходство морфологии долин и строения аллювиальной толщи плейстоценовых рек перигляциальных областей и современных рек субарктической зоны детально рассмотрено Ю. А. Лаврушиным. В терминологии этого автора ландшафт района исследований может быть определен как аллювиальная равнина [6].

Ложбины, разделяющие песчаные возвышения, имеют ширину от десятков до первых сотен метров. В их ложе залегает слой торфа мощностью до 1 м (рисунок 7, скв. КО 8), подошва которого лежит на 1,5 м выше подошвы слоя торфа болота Лозы (рисунок 7, скв. Спорово II).



Озеро Споровское имеет значительную (11 км<sup>2</sup>) площадь зеркала водной поверхности, но неглубокую, в среднем 1,4 м, зарастающую котловину полесского типа. Территория болота Лозы, простирающегося на север от памятника Кокорица-4 (рисунок 4), представляет собой часть бывшей озерной котловины. На это указывают присутствие подстилающей слой торфа озерной гиттии, вскрытой скважиной Спорово II (рисунок 7). Дешифровочным признаком заторфованной озерной котловины является отсутствие в ее пределах описанных выше песчаных возвышений. Также ее границы фиксируются цепочками невысоких (до 0,5–2 м) песчаных холмов-дюн (рисунок 2). Ископаемое озеро со временем заросло. Начало заболачивания территории, согласно результатам радиоуглеродного датирования подошвы торфа на границе с озерной гиттией, имело место 8190 ± 90 лет назад (МКЛ-4784) (рисунок 7).

Анализ ЦМР по материалам АФС БПЛА указывает на наличие следов недавней обработки земли на территории изучаемого песчаного возвышения. Не выявленные на космоснимках и ортофотоплане, трудно заметные невооруженному глазу на местности, они проявляются в характерной полосчатой текстуре рисунка участка раскопок на матрице высот, составленной в результате обработки материалов АФС БПЛА (рисунок 6Б). Описываемые полосы пересекают холм с С-С-3 на Ю-Ю-В, имеют ширину в плане около 3–4 м и относительное превышение 15–20 см. В них узнаются следы обработки земли (распашки), напоминающие современные огородные гряды, покрывающие поверхность таких холмов в окрестностях близлежащих населенных пунктов.

### **Заключение**

Дистанционные методы в ходе археологических исследований помогли воссоздать природную обстановку, существовавшую при первичном заселении территории.

1. Черты рельефа района исследований начали формироваться во время сожской стадии припятского оледенения как зандровая равнина. Позже она была переработана перигляциальными процессами и деятельностью рек в поозерское время. Сожские зандры сохранились в виде останцов, сложенных песком с гравием и галькой, в окрестностях д. Здитово.

2. На заключительном этапе поозерского оледенения территория была преобразована в результате деятельности многорукавных водотоков. Сожская зандровая равнина превратилась в аллювиальную равнину. Этот процесс сопровождался аккумуляцией песчаного материала в широкой долине Ясельды с последующими размывами и перемывами песчаных отложений. От размыва уцелели остатки более древних террасовых аллювиальных отложений в виде невысоких холмов-останцов. На одном из таких аллювиальных останцов расположен археологический памятник Кокорица-4. Эти песчаные холмы могут являться прирусловыми отмелями, островами-осередками либо останцами надпойменных террас позднеплейстоценового возраста, подвергшимися эрозионной и эоловой переработке.

3. В первой половине голоцена происходило интенсивное заболачивание территории исследуемого района и зарастание неглубокой котловины Споровского озера. В мезолите территория памятника Кокорица-4 находилась вблизи от зарастающего озера. Понижения, разделяющие песчаные аллювиальные холмы-останцы, подвергались заторфовыванию. Русло Ясельды приобрело современный вид – однорукавного меандрирующего водотока. В это время, судя по археологическим данным, началось культурное освоение территории.

4. Заселение территории в окрестностях памятника Кокорица-4 началось, скорее всего, в финальном палеолите (поозерском позднеледниковье). Однако, выявленные в ходе археологических исследований артефакты позволяют говорить о том, что наиболее активно она осваивалась в эпоху неолита и бронзовом веке, когда ландшафт приоб-

рел облик, близкий к современному. На современном этапе местное население использует песчаные холмы для разбивки огородов. Территория также используется для сенокоса и выпаса скота.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев, А. В. Рельеф Белоруссии / А. В. Матвеев, Б. Н. Гурский, Р. И. Левицкая. – Минск, 1988. – 320 с.
2. Late Glacial and Holocene environmental changes on the territory of the Sporovsky Reserve (Belarusian Polesie) / D. Tsvirko [et al.] // 25th Quaternary Conference Kwartér. – Brno, 2019. – P. 63.
3. Трифонов, Ю. Ю. Методика проведения аэрофотосъемки БПЛА при исследовании аллювиальных отложений (на примере участка долины р. Птичь) / Ю. Ю. Трифонов // Актуальные вопросы наук о земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств : материалы науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых : в 2 ч. – Гомель, 2018. – Ч. 2. – С. 31–36.
4. Государственная геологическая карта : карта четвертичных отложений / Г. В. Деруго, Г. И. Илькевич. – 1 : 200 000, 8 км в 1 см. – Л., 1982. – Л. N-35-XXXII (Дрогичин).
5. Дешифрирование четвертичных отложений Русской равнины : метод. пособие / А. И. Виноградова [и др.]. – М. ; Л. : Наука (Ленингр. отд-ние), 1966. – 263 с.
6. Лаврушин, Ю. А. Аллювий равнинных рек субарктического пояса и перигляциальных областей материковых оледенений / Ю. А. Лаврушин. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 266 с.

### REFERENCES

1. Matviejev, A. V. Riel'ef Bielorusii / A. V. Matviejev, B. N. Gurskij, R. I. Lievic-kaja. – Minsk, 1988. – 320 s.
2. Late Glacial and Holocene environmental changes on the territory of the Sporovsky Reserve (Belarusian Polesie) / D. Tsvirko [et al.] // 25th Quaternary Conference Kwartér. – Brno, 2019. – P. 63.
3. Trifonov, Yu. Yu. Miedodika proviedienija aerofotosjomki BPLA pri issliedovanii alliuvial'nykh otlozhenij (na primierie uchastka doliny r. Ptich') / Yu. Yu. Trifonov // Aktual'nyje voprosy nauk o ziemie v koncepcii ustojchivogo razvitija Bielarusi i sopriediel'nykh gosudarstv : materialy nauch.-prakt. konf. studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchionykh : v 2 ch. – Gomiel', 2018. – Ch. 2. – S. 31–36.
4. Gosudarstviennaja gieologichieskaja karta : karta chietviertichnykh otlozhenij / G. V. Dierugo, G. I. Il'kievich. – 1 : 200 000, 8 km v 1 sm. – L., 1982. – L. N-35-XXXII (Drogichin).
5. Dieshifrirovanije chietviertichnykh otlozhenij Russkoj ravniny : metod. posobije / A. I. Vinogradova [i dr.]. – M. ; L. : Nauka ([Lieningr. otd-nije), 1966. – 263 s.
6. Lavrushin, Yu. A. Alliuvij ravninnykh riek subarktichieskogo pojasa i pierigliacial'nykh oblastej matierikovykh oliedienienij / Yu. A. Lavrushin. – M. : Izd-vo AN SSSR, 1963. – 266 s.

---

## ПАМ'ЯЦІ ВУЧОНАГА

---

**КОНСТАНТИН КОНСТАНТИНОВИЧ КРАСОВСКИЙ (24.06.1958 – 30.03.2021)**



30 марта 2021 г. на 63-м году ушел из жизни доктор географических наук, профессор, профессор кафедры туризма и страноведения Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина Константин Константинович Красовский. Белорусское географическое сообщество потеряло крупного ученого, видного организатора науки, яркого педагога, человека с острым чувством гражданственности.

К. К. Красовский родился в д. Красово Пинского района Брестской области. Окончив Местковичскую восьмилетнюю школу, поступил в Пинское педагогическое училище (1973–1977). Затем была работа в Лугской средней школе Лунинецкого района, военная служба, обучение на подготовительном отделении и географо-биологическом факультете Брестского государственного педагогического института имени А. С. Пушкина по специальности «География и биология». Во время учебы в институте

К. К. Красовский был примером сознательного отношения к учебе и общественной работе, проявил себя как способный организатор, умеющий увлечь за собой комсомольцев на выполнение задач, которые были поставлены перед ВЛКСМ. Активно трудился в стройотрядах в г. Бресте (на строительстве корпуса № 1 института), г. Пинске, Псковской и Тюменской областях РСФСР.

После окончания института Константин Константинович был избран секретарем комитета комсомола БрГПИ имени А. С. Пушкина (1985–1987), затем перешел на преподавательскую работу: был ассистентом, старшим преподавателем, доцентом кафедры экономической и социальной географии БрГПИ имени А. С. Пушкина (1987–1995). В 1992 г. после обучения в аспирантуре Минского государственного педагогического института имени А. М. Горького (1989–1992) К. К. Красовский защитил кандидатскую диссертацию «Геодемографическое развитие городских структур Брестской области» по специальности 25.00.24 – экономическая, социальная и политическая география.

В 1995 г. Константин Константинович возглавил факультет довузовской подготовки; в октябре того же года при его активном участии в БрГУ имени А. С. Пушкина был открыт географический факультет, и первым его деканом был назначен Константин Константинович. В это время была проделана большая работа по расширению перечня специальностей естественно-научного профиля: в 1996 г. в университете начата подготовка студентов по специальности «География» (научно-педагогическая деятельность), в 1999 г. открыта специальность «География. Экономика».

В 2001–2004 гг. К. К. Красовский обучался в докторантуре Белорусского государственного университета. В 2006 г. он защитил докторскую диссертацию «Урбаниза-

ция Беларуси: экономико-географический анализ и прогноз» по специальности 25.00.24 – экономическая, социальная и политическая география. В 2004 г. Константин Константинович вернулся в университет и прошел путь от доцента кафедры экономической и социальной географии, заведующего кафедрой физической и социально-экономической географии до проректора по научной работе (2007–2009) и первого проректора БрГУ имени А. С. Пушкина (2009–2011). Занимая высокие должности, он внес существенный вклад во внедрение системы менеджмента качества в университете. С 2011 г. К. К. Красовский работал профессором кафедры социально-экономической географии и туризма (с 2015 г. – кафедра туризма и страноведения). В 2012 г. ему было присвоено ученое звание профессора.

К. К. Красовский опубликовал более 200 научных и учебно-методических работ, в том числе три монографии. Характеризуя многостороннюю деятельность его как ученого, нельзя не отметить активной работы Константина Константиновича в качестве научного редактора и рецензента монографий, сборников и других научных изданий. Он являлся членом Совета по защите диссертаций при Белорусском государственном университете, руководителем и исполнителем ряда научно-исследовательских проектов, в том числе и международных. Константин Константинович основал брестскую научную школу геодемографии, подготовил трех кандидатов географических наук (С. В. Корженевич, 2012; Д. В. Никитюк, 2015; А. А. Сидорович, 2016).

К. К. Красовский принимал активное участие в создании первого в Беларуси резервата «Прибужское Полесье», который был организован на базе одноименного заказника. В 2012 г. трансграничный биосферный резерват «Западное Полесье» (в состав которого включен ландшафтный заказник и резерват «Прибужское Полесье») вошел во Всемирную сеть биосферных резерватов ЮНЕСКО.

Многолетняя научная, педагогическая и общественная работа Константина Константиновича была неоднократно отмечена наградами, среди которых медаль «За трудовую доблесть» (1986), премия Брестского облисполкома «Человек года» в области экологии (2005), нагрудный знак Министерства образования «Выдатнік адукацыі Рэспублікі Беларусь» (2008), премия Специального фонда Президента Республики Беларусь за особый вклад в развитие способностей одаренных учащихся и студентов (2012), Почетная грамота Совета Министров Республики Беларусь (2015), Почетный нагрудный знак «За вклад в развитие Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина» (2018) и др.

Константина Константиновича всегда отличали такие качества, как целеустремленность, порядочность, честность, доброта, искренность, открытость и бескорыстие. Он был человеком обширных знаний и исключительного трудолюбия, являл собой тот тип ученого, который постоянно связывает свои научные изыскания и преподавательскую деятельность с судьбой родной страны. Его принципиальная жизненная и профессиональная позиция снискала заслуженное уважение коллег и учеников. Талантливый педагог, он не только делился своими идеями со студентами, но и поощрял их творческий поиск, оставляя за ними право на выбор самостоятельной позиции, при этом всегда требуя научной доказательности и исследовательской добросовестности.

Безвременный уход Константина Константиновича Красовского – огромная, невосполнимая утрата для белорусской географической науки и нашего университета. Друзья, близкие и ученики будут помнить не только его научные достижения, но и высочайшую интеллигентность, искреннюю доброжелательность и тонкий юмор. Он останется для нас подлинным символом отзывчивости, справедливости и профессионализма.

*И. В. Абрамова, М. А. Богдасаров, А. А. Сидорович*  
*географический факультет БрГУ имени А. С. Пушкина*

## 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 ад 0,35 да 0,5 друкаванага аркуша (не меней за 14 000 знакаў), 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 малюнкi 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 аўтарэфераце, зацверджаных загадам Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь ад 25.06.2014 № 159 (у рэдакцыі загада ад 08.09.2016 № 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. боб.]). Не дапускаецца выкарыстанне канцавых зносака.

Матэрыял уключае наступныя элементы па парадку:

- індэкс УДК;
- імя, імя па бацьку, прозвішча аўтара/аўтараў (аўтараў не больш, чым 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 структуравецца 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).

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: chemskorp@yandex.ru.

Карэктары *А. А. Іванюк, Л. М. Калілеу*

Камп'ютарнае макетаванне *С. М. Мініч, Г. Ю. Пархац*

Падпісана ў друк 02.07.2021. Фармат 60×84/8. Папера афсетная. Гарнітура Таймс. Рызаграфія.

Ум. друк. арк. 15,58. Ул.-выд. арк. 10,47. Тыраж 100 экз. Заказ № 192.

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.