

Веснік

Брэсцкага ўніверсітэта

Рэдакцыйная калегія

Галоўны рэдактар
А. М. Сендзер

Намеснік галоўнага рэдактара
А. Я. Будзько

Адкажны рэдактар
Н. С. Ступень

І. В. Абрамава (Беларусь)
А. А. Афонін (Расія)
М. А. Багдасараў (Беларусь)
В. М. Бурдзь (Беларусь)
А. М. Вігчанка (Беларусь)
А. А. Волчак (Беларусь)
В. В. Грыгчык (Беларусь)
А. Л. Гулевіч (Беларусь)
К. К. Красоўскі (Беларусь)
А. А. Махнач (Беларусь)
А. В. Мацвееў (Беларусь)
В. А. Несцяроўскі (Украіна)
У. У. Салтанаў (Беларусь)
А. Юўка (Польшча)
Я. К. Яловічова (Беларусь)

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

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

Часопіс «Веснік Брэсцкага
ўніверсітэта» выдаецца
са снежня 1997 года

Серыя 5

ХІМІЯ

БІЯЛОГІЯ

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

НАВУКОВА-ТЭАРЭТЫЧНЫ ЧАСОПІС

Выходзіць два разы ў год

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

№ 1 / 2020

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 30.01.2020 № 22
(са змяненнямі, унесенымі загадам ВАК ад 09.03.2020 № 62)
часопіс «Веснік Брэсцкага ўніверсітэта»
Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі»
ўключаны ў Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь
для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў
па біялагічных, географічных і геалага-мінэралагічных навуках

ЗМЕСТ

ХІМІЯ

Литвинова А. Г., Лицкевич А. Н. Оценка физико-химических показателей поверхностного стока предприятий СЭЗ «Брест».....	5
---	---

БІЯЛОГІЯ

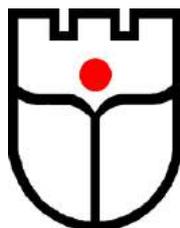
Абрамова И. В. Динамика населения птиц сосняков мшистых в зимний период в юго-западной и центральной Беларуси	13
Арчибасова Я. В., Колбас А. П. Влияние брассиностероидов на морфометрические показатели <i>HELIANTHUS ANNUUS</i> в полевых условиях	20
Балаева-Тихомирова О. М., Кацнельсон Е. И., Володько А. С. Некоторые показатели свободно-радикального окисления у модельных тест-организмов на примере использования крыс и легочных моллюсков.....	28
Гайдук В. Е., Блоцкая Е. С. Биотопическое распределение, питание и динамика численности лесного хоря (<i>MUSTELA PUTORIUS L.</i>) в центральной и юго-западной Беларуси.....	39
Кароза С. Э. Влияние стероидных гликозидов на начальные этапы роста и урожайность гречихи посевной (<i>FAGOPYRUM ESCULENTUM</i> Moench.) в лабораторных и полевых условиях (Брестская область).....	45
Саваневский Н. К. , Хомич Г. Е. Сосудодвигательные реакции кровеносных сосудов нижних конечностей при нахождении тела человека в антиортостатическом положении	54
Толкач Г. В., Токарчук С. М., Куцко К. Э., Жук А. Л. Содержание элементов микропластика в водных объектах г. Бреста.....	60
Хох А. Н., Звягинцев В. Б. Географическая обусловленность анатомических характеристик клеточной структуры древесины сосны обыкновенной в условиях Беларуси	68

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

Богдасаров М. А., Кожанов Ю. Д., Маевская А. Н. Структурные особенности и вещественный состав палеоген-неогеновых отложений Брестского района	78
Дорожко О. О., Грядунова О. И., Богдасаров М. А. Биоклиматические факторы состояния здоровья населения Брестской области	85
Матвеев А. В., Зерницкая В. П. Влияние процессов современной геодинамики на степень комфортности геологической среды для населения на территории восточной части Белорусского Полесья	94
Мельник В. И., Денисюк Н. В. Пылеочищающая роль зеленых насаждений г. Ровно.....	105
Окоронко И. В. Оценка антропогенной нагрузки на водосбор р. Пина с применением ГИС-технологий	112
Сидорович А. А. Половозрастной аспект демографической трансформации рынка труда Беларуси	123
Токарчук О. В., Токарчук С. М. Общие методические подходы к проведению геоэкологической оценки малых структур бассейнового строения Национального парка «Нарочанский»	131

ПАМ'ЯЦІ ВУЧОНАГА

Маргарита Петровна Жигар.....	140
Николай Кузьмич Саваневский.....	141



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)
V. M. Burdz (Belarus)
A. M. Vitchanka (Belarus)
A. A. Volchak (Belarus)
V. V. Grynchik (Belarus)
A. L. Gulevich (Belarus)
K. K. Krasouski (Belarus)
A. A. Makhnach (Belarus)
A. V. Matsveyeu (Belarus)
V. A. Nestsyarouski (Ukraine)
V. V. Saltanau (Belarus)
A. Juvka (Poland)
Ya. K. Yalovichava (Belarus)

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

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

Published since December 1997

Series 5

CHEMISTRY

BIOLOGY

SCIENCES ABOUT EARTH

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL

Issued twice a year

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

№ 1 / 2020

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 January 30, 2020 nr 22 (with the amendments made by the orders of Supreme Certification Commission from March, 09, 2020 nr 62) the journal «Vesnik of Brest University. Series 5. Chemistry. 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

INDEX

CHEMISTRY

- Litvinava A. G., Litskevich A. N.** Surface Wastewater's Physical and Chemical Parameters Assessment of Some Plants of Free Economic Zone «Brest»5

BIOLOGY

- Abramava I. V.** The Dynamics of the Bird Population in Mossy Pine Forests in Winter in South-Western and Central Belarus13
- Archybasava Ya. V., Kolbas A. P.** Effect of Brassinosteroids on Morphometric Parameters *HELIANTHUS ANNUUS* in the Field.....20
- Balaeva-Tikhomirova O. M., Katsnelson E. I., Volodko A. S.** Some Indicators of Free Radical Oxidation in Model Test Organisms on the Example of Use of Rats and Pulmonary Mollusks28
- Gaiduk V. E., Blockaja E. S.** Biotopic Distribution, Trophic and Dynamic Quantity of the Polecat (*MUSTELA PUTORIUS L.*) in the Central and South-West of Belarus39
- Karoza S. E.** Effect of Brassinosteroids on the Morphometric Parameters of Buckwheat (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* Moench.) in the Laboratory and Field Conditions (Brest Oblast)45
- Savaneuski M. K., Khomich H. E.** Vasomotor Reactions of Blood Vessels of the Lower Extremities when the Human Body is in an Antiorthostatic Position.....54
- Tolkach G. V., Tokarchuk S. M., Kutsko K. E., Zhuk A. L.** The Content of Microplastic Elements in Water Bodies of the City of Brest60
- Khokh A. N., Zvyagintsev V. B.** Geographic Conditionality of the Anatomical Characteristics of Cell Structure of Scots Pine Wood in Conditions of Belarus68

SCIENCES ON EARTH

- Bogdasarov M. A., Kozhanov Yu. D., Mayevskaya A. N.** Structural Features and Material Composition Paleogen-Neogenic Deposits of the Brest District78
- Dorozhko O. O., Gryadunova O. I., Bogdasarov M. A.** Bioclimatic Factors of Public Health Conditions of Brest Region85
- Matveyev A. V., Zernitskaya V. P.** Effect of the Recent Geodynamic Processes on the Degree of Comfort Conditions for the Population Living in the Geological Environment of the Eastern Part of the Belarusian Polesye Area94
- Melnyk V. I., Denysyuk N. V.** Dust-Cleaner Role of Greenery in Rivne105
- Okoronko I. V.** Assessment of the Anthropogenic Load on the Pina River Catchment Using GIS Technologies112
- Sidorovich A. A.** Transformation of Labor Market in Belarus: Gender and Age Aspect123
- Tokarchuk O. V., Tokarchuk S. M.** General Methodological Approaches to Conducting Geoecological Assessment of Small Structures of the Basin Structure of the National Park «Narochansky»131

IN MEMORY OF THE SCIENTIST

- Margarita Petrovna Zhygar**.....140
- Nikolai Kuzmich Savaneuski**.....141

543.73+574.633:504.064.47

А. Г. Литвинова¹, А. Н. Лицкевич²

¹канд. биол. наук, науч. сотрудник лаб. гидроэкологии и экотехнологий

Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси

²зав. лаб. гидроэкологии и экотехнологий

Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси

e-mail: nastya_litvinova_1986@mail.ru

ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ПРЕДПРИЯТИЙ СЭЗ «БРЕСТ»

Изучены гидрохимический состав и качество ливневых вод пяти крупнейших предприятий СЭЗ «Брест» площадки аэропорта, а также поверхностных вод р. Мухавец в зоне сброса сточных вод. Выявлен низкий уровень загрязнения ливневых стоков по показателям фосфатов, сульфатов и аммонийного азота. Высокий уровень загрязнения как ливневых, так и речных вод отмечается по показателям нитритов, железа, ХПК и нефтепродуктов. Из всех исследованных предприятий наиболее высоким уровнем загрязнения характеризовался сток СООО «Бонше».

Введение

Основными источниками загрязнения поверхностных водных объектов являются сточные воды. Приоритетными компонентами загрязняющих веществ в составе сбрасываемых сточных вод (имеющими наибольшие значения кратности превышения среднегодовых концентраций по отношению к ПДК) для большинства бассейнов рек являются аммоний-ион, фосфат-ион, нитрит-ион, БПК₅, соединения железа общего [1]. Они вызывают усиленную эвтрофикацию, нарушение естественной динамики и процессов миграции химических веществ в воде, снижение способности рек и озер к самоочищению. Высокоопасными являются сточные воды, содержащие в своем составе нефтепродукты. Они создают на поверхности нефтяную пленку, что приводит к уменьшению количества кислорода в водоемах [2].

Наибольшее воздействие на качество речных вод оказывает сброс сточных вод предприятий и населенных пунктов. На втором месте по массе сбрасываемых загрязняющих веществ – поверхностный или ливневый сток. Эти сточные воды образуются в результате выпадения дождей и таяния снега. В большинстве случаев ливневые сточные воды относят к слабозагрязненным и сбрасывают в водоем или городскую ливневую канализацию без очистки. Доля сброса загрязнителей в реки с поверхностным стоком может достигать половины от всей массы сбрасываемых веществ. На промышленных предприятиях, где не функционируют действенные меры против загрязнения территории сырьем, отходами производства, продуктами вентиляционных выбросов и т. д., ливневые воды в отдельные периоды по составу приближаются к загрязненным производственным сточным водам и даже превосходят их по вредности [3]. Такое загрязнение поверхностными сточными водами в той или иной степени затрагивает бассейны абсолютно всех крупных рек Беларуси. Действие этих факторов сказывается и на состоянии бассейна р. Зап. Буг, обуславливая высокий уровень загрязнения его крупнейшего притока – р. Мухавец. Так, согласно данным мониторинга поверхностных вод, в 2014 г. в г. Бресте был зафиксирован сброс в поверхностные воды недостаточно очищенных сточных вод [2].

Цель исследования – изучить состав и показатели качества поверхностных сточных вод предприятий СЭЗ «Брест» площадки аэропорта, а также поверхностных вод р. Мухавец в зоне их воздействия и установить степень загрязнения водотока поверхностными стоками предприятий.

Материалы и методы

Образцы поверхностных сточных вод (СВ) предприятий были отобраны из тока ливневой канализации в период обильного дождя 17.07.2019. Были обследованы сточные воды с площадок следующих крупных предприятий, входящих в состав СЭЗ «Брест» и сосредоточенных в районе брестского аэропорта. Сюда относятся: ООО «Арлайт и К» (производство светодиодов и светодиодной ленты), «Ай Пауэр» (производство свинцово-кислотных аккумуляторных батарей), ЗАО «БЕЛС» (производство мебели), ИЧПТУП «Диском» (производство строительных отделочных материалов) и СООО «Бонше» (грибное производство). Также исследованы образцы ливневых сточных вод предприятий СЭЗ в районе входа на очистные сооружения. Кроме того, были исследованы показатели качества вод реки в зоне непосредственного влияния предприятий: канал-приемник сточных вод, два створа р. Мухавец ниже выпуска сточных вод, выпуск СВ в р. Мухавец и р. Мухавец выше выпуска СВ. Отбор образцов сточной и поверхностной воды для проведения последующих аналитических испытаний проводился в зависимости от показателей в стеклянные и пластиковые емкости объемом 1 и 1,5 л из ливневых коллекторов (сточные) или русла реки (поверхностные воды). Образцы подвергались консервации и были доставлены в лабораторию гидроэкологии и экотехнологий ПАЭИ НАН Беларуси для определения физико-химических показателей.

Результаты и их обсуждение

Качество воды исследовалось по целому комплексу физических и химических показателей: рН, взвешенные вещества, сухой остаток, солесодержание, удельная электропроводимость, нефть и нефтепродукты, химическое потребление кислорода, бихроматная окисляемость ХПК_{Cr}, концентрация аммонийного азота, сульфатов, железа общего, ортофосфатов в пересчете на Р, хлорид-, нитрат- и нитрит-ионов. Характеристика полученных результатов физико-химического анализа образцов воды представлена в таблице 1.

Таблица 1. – Физико-химические показатели образцов воды СЭЗ «Брест»

Номер образца пробы	рН	Взвешенные вещества, мг/дм ³	Солесодержание, мг/дм ³	Удельная электропроводимость, мкСм/см	Сухой остаток, мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³
1	7,24	25,2	25,82	54,92	54	1,55
2	7,7	<3	57,51	122,6	72	0,087
3	5,94	<3	6,599	14,25	16	0,188
4	6,81	<3	28,66	61,93	63	0,144
5	7,1	115525	315,8	649,9	571	0,163
6	7,15	<3	75,48	35,31	56	0,123
7	7,0	24,4	71,59	151,1	107	0,142
8	7,62	10,8	238,9	496,9	333	0,035
9	7,61	4,4	216,1	449,2	1233	0,056
10	7,63	<3	216,6	450,6	1006	0,047
11	7,64	5,2	214,9	446,5	311	0,054
12	7,61	14,0	215,9	448,9	303	0,153
ПДК	6,5–8,5	25	1000	30–1500 (реки)	–	0,05

Примечание – **1** – ООО «Арлайт и К», **2** – «Ай Пауэр», **3** – ЗАО «БЕЛС», **4** – ИЧПТУП «Диском», **5** – СООО «Бонше», **6** – СООО «Бонше», **7** – вход на очистные сооружения, **8** – канал-приемник сточных вод, **9** – р. Мухавец ниже выпуска, **10** – р. Мухавец ниже выпуска, **11** – выпуск СВ в р. Мухавец, **12** – р. Мухавец выше выпуска; 1–7 – сточные, 8–12 – поверхностные воды.

Здесь и ниже значения ПДК взяты из нормативов качества воды поверхностных водных объектов, указанных в постановлении Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30 марта 2015 г. № 13 [4].

Значения рН всех исследованных вод находились в установленном допустимом диапазоне 6,5–8,5. Слабокислой реакцией среды характеризуются лишь ливневые воды ЗАО «БЕЛС» (5,94). Содержание взвешенных веществ в исследованных сточных и речных водах находилось ниже или на уровне установленного значения ПДК, колеблясь в пределах от менее 3 до 25,2. На этом фоне резко выделяется поверхностный сток СООО «Бонше», где концентрации взвешенных веществ достигали отметки 115 тыс. Солесодержание всех исследованных образцов вод не достигало отметки 1 000 мг/дм³, особенно низким уровнем показателя выделялся поверхностный сток ЗАО «БЕЛС». Показатель удельной электропроводимости изменялся в районе 35,3–649,9 мкСм/см и лежал в диапазоне величин, характерных для рек (30–1 500 мкСм/см). Величина сухого остатка в целом оказалась ниже в образцах сточных вод в сравнении с исследованными образцами речной воды. Повышенная минерализация была характерна лишь для ливневых вод СООО «Бонше». А вот воды Мухавца ниже выпуска сточных вод СЭЗ отличаются высокой степенью минерализации (величина сухого остатка превышает 1 000 мг/дм³).

Сточные воды с территорий всех исследованных предприятий характеризовались повышенным содержанием нефтепродуктов (0,087–0,188 мг/дм³), превышающим показатель ПДК для поверхностных вод. Особенно высоким уровнем загрязнения нефтепродуктами характеризовался поверхностный сток ООО «Арлайт и К» (1,55 мг/дм³). В водах реки содержание нефтепродуктов было ниже, чем в смываемых поверхностных водах, и изменялось в границах 0,035–0,056 мг/дм³, находясь примерно на уровне установленного ПДК (0,05 мг/дм³). Повышенное содержание нефтепродуктов фиксировалось лишь на участке реки выше выпуска сточных вод (0,153 мг/дм³).

Содержание биогенных веществ в исследованных образцах воды

Содержание азота аммонийного в образцах исследованных вод представлено на рисунке 1.

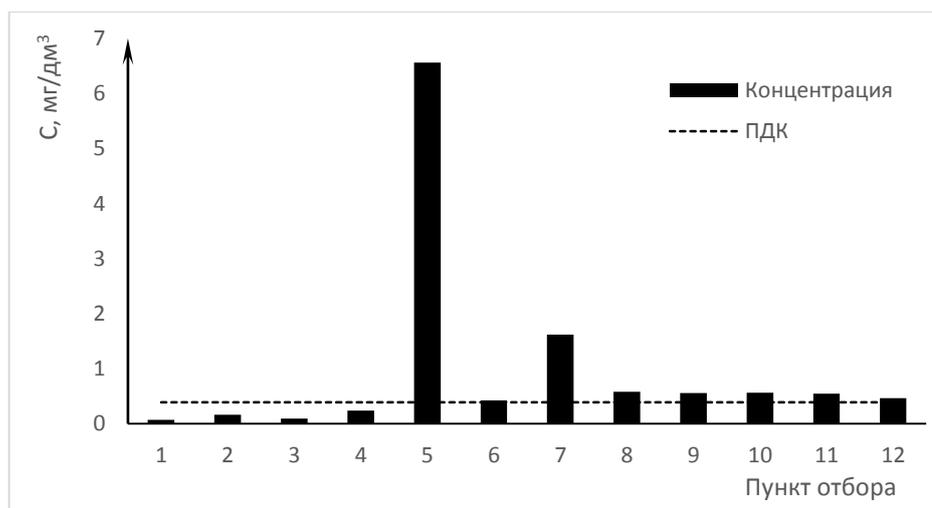


Рисунок 1. – Концентрации азота аммонийного в образцах исследованных сточных и поверхностных вод, мгN/дм³

Содержание иона аммония в водах поверхностных стоков было критически высоким лишь на одном из двух исследованных пунктов СОО «Бонше» ($6,56 \text{ мгN/дм}^3$) и превысило приводимые нормативы ПДК для поверхностных вод приблизительно в 16 раз.

Также превысило значение ПДК содержание аммонийного азота в сточных водах, поступающих на очистные сооружения СЭЗ. Поверхностный смыв с территорий остальных исследованных предприятий не характеризовался превышениями установленных нормативов по аммоний-иону и колебался в пределах значений $0,07\text{--}0,42 \text{ мгN/дм}^3$. В водах р. Мухавец, находящихся в зоне влияния сточных вод предприятий, содержание аммонийного азота несколько превышало нормы ПДК и составило на разных створах $0,46\text{--}0,58 \text{ мгN/дм}^3$.

Концентрации нитратного азота (рисунок 2) были очень низкими как в водах поверхностных стоков ($0,023\text{--}1,23 \text{ мгN/дм}^3$), так и в речных водах ($0,12\text{--}0,26 \text{ мгN/дм}^3$) и ни на одном из исследованных пунктов не достигали величины ПДК ($9,03 \text{ мгN/дм}^3$).

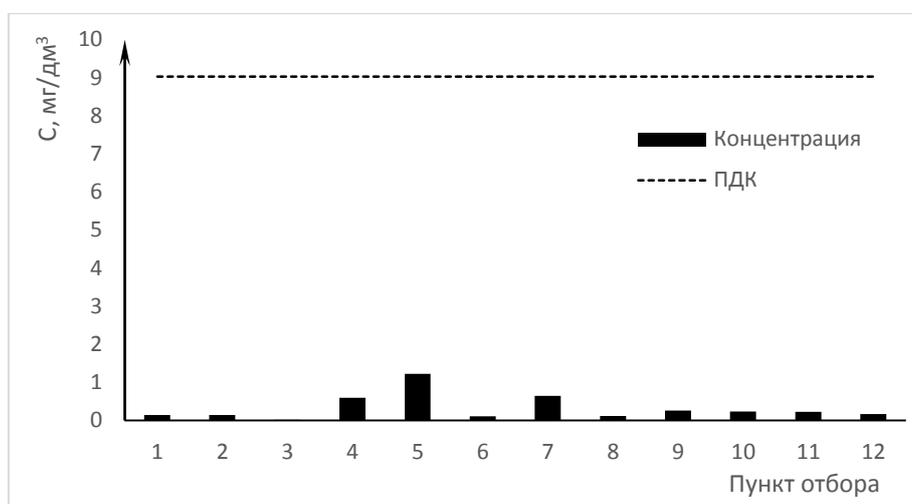


Рисунок 2. – Содержание азота нитратного в образцах исследованных сточных и поверхностных вод, мгN/дм^3

Содержание азота нитритного испытывало сильные колебания в водах, отобранных на разных пунктах (рисунок 3).

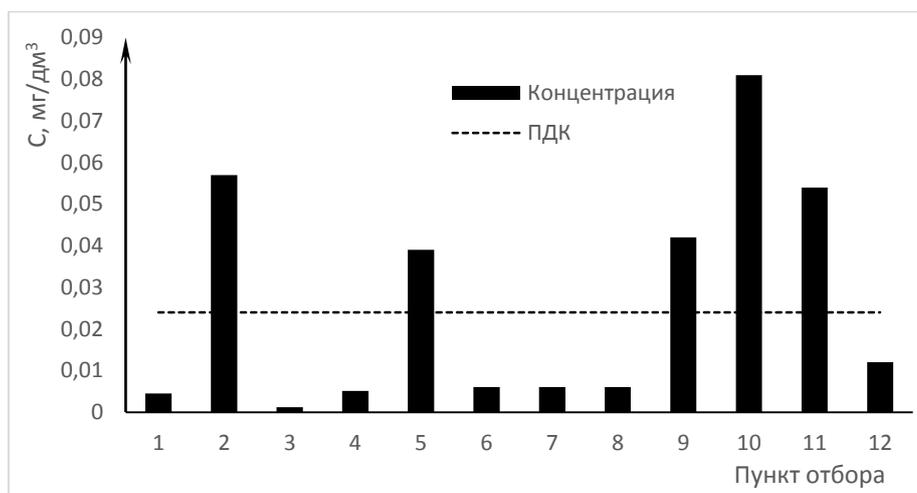


Рисунок 3. – Содержание азота нитритного в образцах исследованных сточных и поверхностных вод, мгN/дм^3

Высоким уровнем нитритов характеризовался ливневый сток с зон предприятий ООО «Ай Пауэр» ($0,057 \text{ мгN/дм}^3$) и СООО «Бонше» ($0,039 \text{ мгN/дм}^3$). Сток с территорий остальных заводов не характеризовался высокими показателями содержания нитритного азота ($0,0012\text{--}0,006 \text{ мгN/дм}^3$).

Содержание иона в воде исследованных створов реки также разнилось и было невысоким в канале-приемнике сточных вод ($0,006 \text{ мгN/дм}^3$) и участке выше их выпуска ($0,012 \text{ мгN/дм}^3$). В зоне непосредственного выпуска сточных вод в реку, а также на створе ниже ее воды реки отличались высоким содержанием нитритов ($0,042\text{--}0,081 \text{ мгN/дм}^3$), превышающим уровень ПДК.

Содержание фосфатов в образцах исследованных вод представлено на рисунке 4.

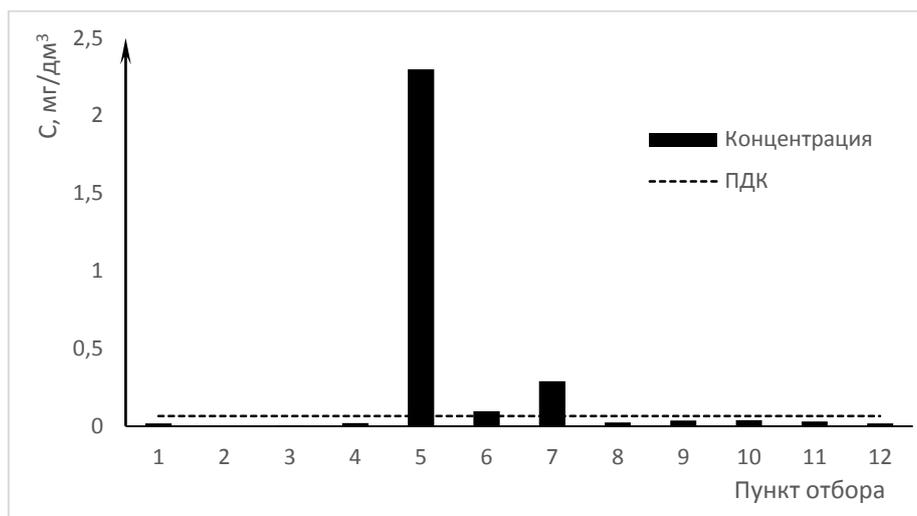


Рисунок 4. – Содержание фосфат-иона в образцах исследованных сточных и поверхностных вод, мгP/дм³

Концентрации фосфат-иона практически нигде не достигали значения отметки ПДК и лежали в пределах $0,0017\text{--}0,038 \text{ мгP/дм}^3$. Высоким содержанием фосфатов отличались поверхностный сток с территории «Бонше», а также поверхностный сток, поступающий на очистные сооружения СЭЗ. Содержание сульфатов представлено на рисунке 5.

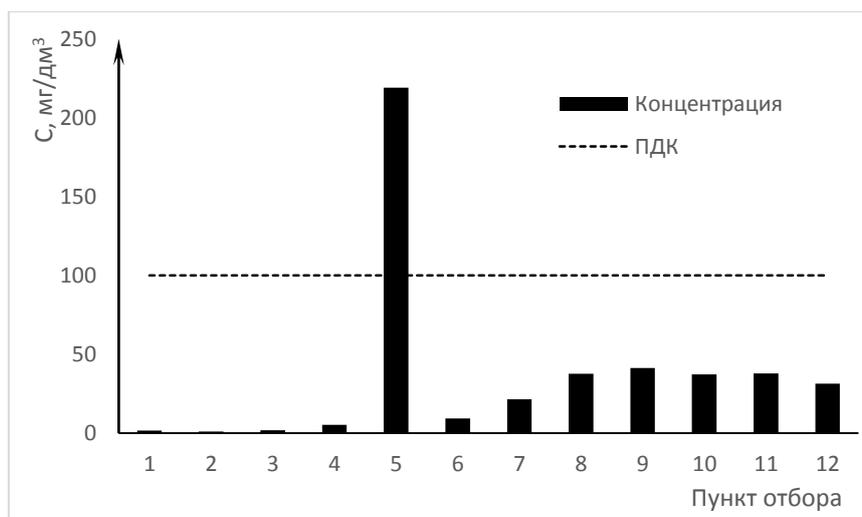


Рисунок 5 – Содержание сульфат-иона в образцах исследованных сточных и поверхностных вод, мг/дм³

Содержание сульфатов было очень низким в поверхностных сточных водах ($0,957\text{--}21,4\text{ мг/дм}^3$) и несколько повышалось в водах р. Мухавец ($31,4\text{--}41,2\text{ мг/дм}^3$), но не достигало отметки ПДК (100 мг/дм^3). Исключение составил поверхностный сток ООО «Бонше», где концентрации достигали величины 219 мг/дм^3 .

Концентрации хлоридов в образцах всех исследованных вод были очень низкими ($0,72\text{--}28,1\text{ мг/дм}^3$) и нигде не достигали отметки ПДК (300 мг/дм^3).

Загрязнение органическими веществами и превышение ПДК (30 мг/дм^3) по показателю химического потребления кислорода (рисунок 6) характерно для всех образцов исследованных вод ($31,7\text{--}80,9\text{ мг/дм}^3$). Исключение составили поверхностный сток с территории аккумуляторного завода, отличающийся низким значением показателя ($14,9\text{ мг/дм}^3$) и поверхностные сточные воды ООО «Бонше» с очень высоким значением показателя ХПК (342 мг/дм^3).

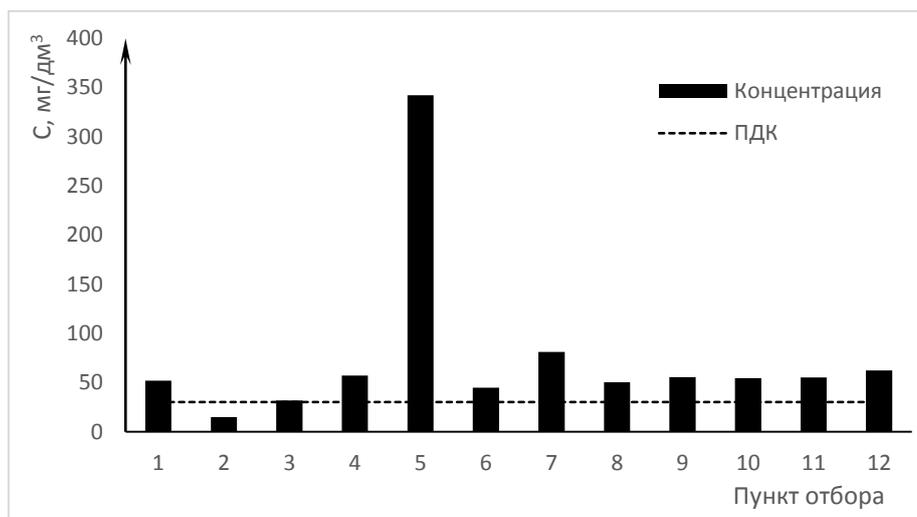


Рисунок 6 – Показатель химического потребления кислорода (ХПК) в исследованных образцах вод, мг/дм³

Картина содержания в исследованных сточных и поверхностных водах железа общего представлена на рисунке 7.

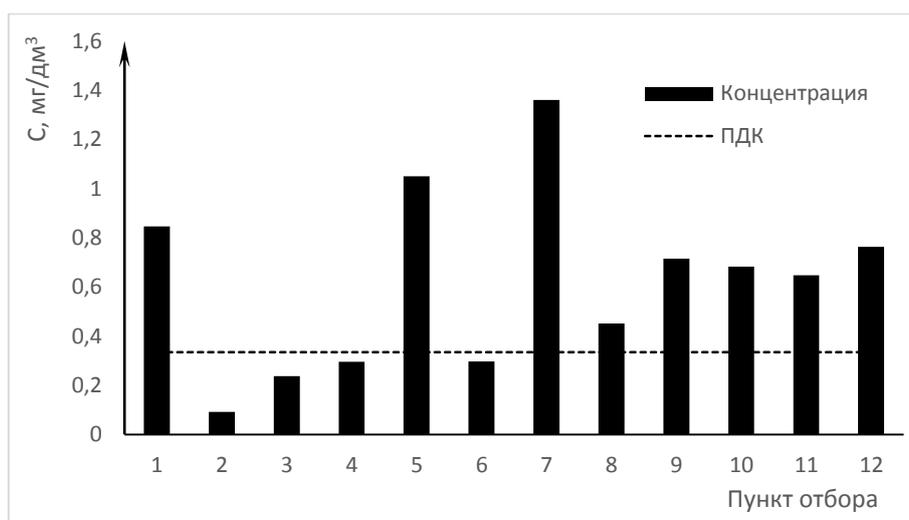


Рисунок 7 – Концентрация железа общего в образцах исследованных вод, мг/дм³

На рисунке 7 отражено, что повышенные концентрации металла фиксируются в речных водах (0,451–0,682 мг/дм³), а также в ливневых водах ООО «Арлайт и К» (0,846 мг/дм³), СООО «Бонше» (1,05 мг/дм³) и на входе на очистные сооружения (1,36 мг/дм³).

Относительно невысокими значениями содержания металла, не достигающими отметки ПДК, характеризуются поверхностные сточные воды «Ай Пауэр» (0,092 мг/дм³), ЗАО «БЕЛС» (0,237 мг/дм³), ИЧПГУП «Диском» (0,296 мг/дм³) и второй из обследованных точек СООО «Бонше» (0,297 мг/дм³).

Заключение

Был осуществлен анализ летнего поверхностного стока пяти крупнейших предприятий СЭЗ «Брест» (площадка аэропорта) по комплексу физико-химических показателей.

По показателям *нитратов и хлоридов* значения были очень низкими как в сточных, так и в поверхностных водах и ни на одном из исследованных пунктов не достигали величины ПДК. По всем остальным химическим показателям были установлены факты превышения нормируемой величины в тех или иных образцах вод.

Схожая картина изменения концентраций ионов отмечена для показателей *фосфатов, сульфатов и иона аммония*. По ним в большинстве исследованных образцов отмечены невысокие значения, не достигающие величин ПДК, в поверхностном же стоке СООО «Бонше» концентрации значительно превышали установленные нормативы (по фосфатам и аммонийному азоту также и на входе на очистные сооружения). При этом в водах реки содержание данных ионов было несколько выше в сравнении с водами поверхностных стоков (по иону аммония лежало примерно в границах норм ПДК), что, вероятно, объясняется вкладом производственных стоков.

Наиболее загрязненными *нитритами* являлись ливневые сточные воды предприятий «Ай Пауэр» и СООО «Бонше», для которых отмечено превышение установленного норматива, а также поверхностные воды реки в зоне выпуска сточных вод и ниже ее.

Повышенные концентрации *железа* отмечаются как для сточных вод (ООО «Арлайт и К», СООО «Бонше», вход на очистные сооружения), так и для речных. Практически все образцы исследованных вод были загрязнены органическими веществами, о чем свидетельствуют полученные значения ХПК, которые были особенно высокими для сточных вод СООО «Бонше».

Ливневые воды предприятий были сильнее загрязнены *нефтепродуктами* в сравнении с речными водами, особенно сильно ООО «Арлайт и К».

Из пяти исследованных предприятий наибольший вклад в загрязнение вод р. Мухавец поверхностным стоком вносило СООО «Бонше», в исследованных водах которого наблюдалось значительное превышение ПДК по 6 из 9 исследованных химических показателей. Оно вносит сильный вклад в загрязнение реки сульфатами, железом, легкоокисляемыми органическими веществами, аммоний-ионом и фосфатами. Необходимо отметить также значительный вклад в загрязнение поверхностных вод нефтепродуктами и железом ливневого стока ООО «Арлайт и К».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2016 год) / М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь ; редкол.: В. Н. Корнеев [и др.]. – Минск : ЦНИИКИВР, 2017. – 172 с.

2. Логинов, В. Ф. Состояние природной среды Беларуси : экол. бюл. 2014 г. / В. Ф. Логинов. – Минск : Ин-т природопользования НАН Беларуси, 2015. – 344 с.

3. Влияние сбросов сточных вод на качество воды рек Республики Башкортостан / Н. С. Минигазимов [и др.] // Вестн. Акад. наук Респ. Беларусь. – 2019. – Т. 31, № 2 (94). – С. 35–45.

4. Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов [Электронный ресурс] : постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 30 марта 2015 г., № 13 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://pravo.by/upload/docs/op/W215298-08_1429909200.pdf. – Дата доступа: 04.02.2020.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 05.03.2020

Litvinava A. G., Litskevich A. N. Surface Wastewater's Physical and Chemical Parameters Assessment of Some Plants of Free Economic Zone «Brest»

Surface wastewater hydrochemistry quality of Free Economic Zone «Brest», Airport site five biggest enterprises, as well as Mukhavets river waters under their influence were studied. Low level of rain waste waters contamination was established in terms of PO_4^{3-} , SO_4^{2-} and NH_4^+ ions contents. The high level of contamination of both, rain waste waters and river waters, was established in terms of NO_2^- , common iron, low-molecular organic matter and petroleum products. Among the all enterprises observed, limited liability company «Bonshe» was characterized by the highest pollution level of rain waste waters.

И. В. Абрамова

канд. биол. наук, доц., декан географического факультета
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
e-mail: iva.abramova@gmail.com

ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ СОСНЯКОВ МШИСТЫХ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД В ЮГО-ЗАПАДНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕЛАРУСИ

Рассматриваются изменения зимнего населения птиц сосняков мшистых юго-западной и центральной Беларуси. Сбор материалов проводился в 2002–2019 гг. Применяли общепринятые методы учета птиц. Установлено, что в сосняке мшистом встречаются виды (от 9 до 14, в среднем $13,4 \pm 0,73$) четырех отрядов: ястребообразные, курообразные, дятлообразные и воробьинообразные. Суммарное обилие варьирует в пределах $107,6–178,2$ ос./км² (в среднем $131,3 \pm 6,97$); суммарная биомасса – $3,02–10,35$ кг/км² (в среднем $6,67 \pm 0,62$). Преобладают воробьинообразные. Стабильные тренды численности характерны для 47,4 % видов, положительные и отрицательные тренды – для 26,3 % видов.

Введение

Высокое положение птиц в трофической пирамиде делает их чувствительными к изменениям условий внешней среды, поэтому тренды численности птиц служат хорошим индикатором состояния окружающей среды [1]. В большинстве стран Европы мониторинг популяций птиц ведется с начала 1980-х гг., в настоящее время его координирует Европейский совет по учетам птиц.

Некоторые из трендов численности птиц, возможно, не связаны с какими-либо долгосрочными процессами, происходящими в биосфере, и отражают колебания, обусловленные спецификой отдельных сезонов. Факторы континентального масштаба (например, глобальное изменение климата, особенно выраженное в зимний период на всей территории Европы) оказывают определенное влияние на структуру орнитокомплексов и численность птиц как в летний, так и в зимний период года. Увеличение зимней температуры может способствовать снижению смертности и росту численности популяций, прежде всего оседлых видов [2; 3]. Однако потепление климата может выступать и как отрицательный фактор, вызывая рассогласование фенологии и годовых ритмов птиц. Целью нашей работы было изучение динамики и трендов численности зимнего населения птиц в сосняках мшистых юго-западной и центральной Беларуси.

Материалы и методы

В работе использованы результаты зимних учетов лесных птиц, проведенных в декабре – феврале 2002–2019 гг. (14 учетов). Исследования проводились в Брестском (Томашовское, Домачевское, Медвянское и Чернавчицкое лесничества) и Березинском (Березинское и Ушанское лесничества) лесхозах на постоянных нестрогих фиксированных маршрутах. Возраст лесов составлял 80–100 лет. Общая протяженность пройденных маршрутов составила 360 км.

Сосняк мшистый *Pinetum pleurozium* – широко распространенный тип леса, который занимает 46,9 % лесопокрытой площади сосняков Беларуси. В древостое преобладает сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L., в примеси к ней (до 20 %) – береза бородавчатая *Betula pendula*, осина *Populus tremula* L. и единичные деревья дуба черешчатого *Quercus robur* L. [4]. В подлеске произрастают рябина обыкновенная *Sorbus aucuparia* L., крушина ломкая *Frangula alnus* Mill., можжевельник обыкновенный

Juniperus communis L. и др. В кустарничково-травяном покрове фон составляют черника *Vaccinium myrtillus* L., брусника *Vaccinium vitis-idaea* L., вереск обыкновенный *Calluna vulgaris* и др. В моховом ярусе господствуют *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Dicranum polysetum* Sw., *Polytrichum commune* Hedw., *Hylocomium splendens* (Hedw) *Bryol. eur.* и др.

При учетах птиц применяли общепринятые методы [5; 6]. Пересчет обилия птиц на единицу площади велся отдельно по средним дальностям обнаружения птиц (голосу, визуально). При описании населения птиц применяли шкалу балльных оценок обилия птиц, предложенную А. П. Кузякиным [7]. Доминантами считали виды, доля которых в сообществе составляла не менее 10 %, фоновыми – обилие которых не менее 1 ос./км², редкими – обилие которых менее 1 ос./км². Статистическую обработку данных проводили по П. Ф. Рокицкому [8]. Латинские названия птиц приведены по сводке Clements checklist of birds of the world [9]. Результаты маршрутных учетов сравнивали с данными, полученными нами и другими авторами в предыдущие годы, выполненными по идентичной методике. В зимних учетах птиц оказывали помощь преподаватели, студенты и выпускники географического и биологического факультетов БрГУ имени А. С. Пушкина, за что автор выражает им искреннюю благодарность.

Результаты исследования и их обсуждение

Фауна и экология зимующих птиц издавна привлекают внимание орнитологов. Чаще всего объектами зимних исследований являлись водоплавающие и околоводные птицы, а также птицы урбанизированных ландшафтов. Зимнее население птиц лесных экосистем изучено недостаточно полно.

В годовом цикле птиц зима занимает особое положение. Для зимы региона, как и для средних и высоких широт Палеарктики, характерны короткий световой день, уменьшение интенсивности дневного освещения, низкие температуры воздуха. Все это заметно ухудшает возможности птиц в эффективном добывании корма по сравнению с другими сезонами. Эти факторы побуждают птиц к расширению поиска корма за пределами гнездовой территории, кочевкам. Многие птицы, например синицы, пищухи, поползни, снегири и др., объединяются в стаи. Размещение их в лесу конгрегационное. А. А. Иноземцев отмечал, что при проведении учетов «можно пройти не один километр по заснеженному лесу и не увидеть ни одной птицы, а потом встретить большую синичную стайку и услышать, как перекрикиваются в ней буроголовые гаички и хохлатые синицы, попискивают корольки, шуршит, перебираясь вверх по стволу, пищуха» [10]. В этом мы неоднократно убеждались при проведении зимних учетов птиц в регионе.

С 1985 г. в рамках программ мониторинга численности зимующих птиц России и сопредельных регионов «Papus» и «Евроазиатский Рождественский учет» проводятся массовые учеты [11]. Ежегодно обследуется около 25 модельных территорий, результаты учетов публикуются в итоговых сборниках («Результаты зимних учетов...», вып. 1–33, 1990–2019 гг.). Одновременные учеты зимних лесных птиц в разных регионах Восточно-Европейской равнины дали возможность выявить значительные межгодовые различия численности и основные тенденции географической изменчивости показателей [12].

В базе данных программы есть сведения учетов птиц из Беларуси (окрестности г. Бреста), в которых принимали участие учащиеся средних школ. Данные по юго-западному сектору учетов (Винницкая, Хмельницкая и Волынская области Украины, окрестности г. Бреста) рассматриваются вместе [11].

Для анализа многолетней динамики обилия птиц в разных лесных местообитаниях показатели усреднены. Статистическая обработка данных зимних учетов птиц не проводилась, т. к. анализ данных носит в значительной степени экспертный, качественный, а не строго количественный характер.

Показано, что в 1986–2016 гг. динамика среднего изобилия буроголовой гаички по 7–10-летним периодам колебалась от 40 ос./км² в 2002–2009 гг. до 53 ос./км² в 2010–2016 гг. (в среднем 26 ос./км²); желтоголового короля – от 16 ос./км² в 2002–2007 гг. до 86 ос./км² в 1986–1994 гг. (в среднем 45 ос./км²); пестрого дятла – от 10 ос./км² в 1986–1994 гг. до 34 ос./км² в 2010–2016 гг. (в среднем 16 ос./км²).

Краткие сведения о зимующих птицах лесов в Беларуси имеются в монографиях [13; 14], в учебном пособии [15], в тезисах докладов конференций [16–18]. По данным Л. П. Шклярова [18], в середине XX в. зимой в Минской области было зарегистрировано 75 видов птиц. В конце XX в. ученый подвел итоги состояния изученности зимней орнитофауны Беларуси [18]. Показано, что в стране зимой встречаются 125 видов птиц 15 отрядов, преобладают воробьинообразные (43,2 %), затем идут гусеобразные (16,0 %), совообразные (9,6 %), дятлообразные (7,7 %) и др.

В нашей стране исследования зимнего населения птиц лесных экосистем с использованием количественных методов в XX в. проводились И. И. Бышнёвым в Березинском заповеднике [16; 20; 21], Н. Н. Раковским в Беловежской пуще [17] и автором данной статьи [22]. В сосняке мшистом Березинского заповедника отмечено 18 видов птиц, суммарное обилие которых составляло 70 ос./км² [16]. Доминировали желтоголовый королек (21,7 ос./км²), большая синица (11,3 ос./км²) и пестрый дятел (8,7 ос./км²). Несколько позже [20] в этом биотопе было выявлено 17 видов птиц с суммарным обилием 211,9 ос./км². Доминантами являлись желтоголовый королек (65,9 ос./км²), хохлатая синица (46,0 ос./км²) и буроголовая гаичка (39,0 ос./км²). В сосновых лесах Беловежской пущи в январе–феврале 1988 г. было зарегистрировано 7 видов птиц, по относительному обилию (в %) доминировал желтоголовый королек (45,1), хохлатая синица (22,0) и гаичка (11,6) [17]. В сосново-еловых лесах было обнаружено 10 видов, состав доминирующих видов тот же.

В сосновых полегших лесах Украинского Полесья [23] в зимний период отмечено только 8 видов птиц, доминировали обыкновенная овсянка (10,0 ос./км²), буроголовая гаичка (2,4 ос./км²) и снегирь (3,4 ос./км²).

В Московской области [24] в зимний период было зарегистрировано 92 вида и формы птиц (главным образом птицы древесно-кустарниковых насаждений), что составляет 32,0 % птиц, отмеченных в этом регионе. В декабре–феврале в сосняках представлено 25 видов (суммарная плотность 239 ос./км²), доминируют буроголовая гаичка (90,0 ос./км²), желтоголовый королек (56,0) и пестрый дятел (29,0 ос./км²) [10]. В Окском заповеднике зимой в учеты попало около 80 видов птиц. В начале XXI в. список зимующих видов дополнился 14 новыми видами. По мнению Ю. В. Котюкова, это следствие череды теплых зим [25].

По нашим данным, орнитокомплекс сосняков мшистых в 2002–2019 гг. включает 19 видов, относящихся к четырем отрядам: ястребообразные, курообразные, дятлообразные и воробьинообразные. В сообществе птиц преобладают воробьинообразные, они составляют 63,2 % видов, 86,5 % суммарного обилия и 28,7 % суммарной биомассы.

По годам количество видов варьировало от 9 до 17, в среднем $13,4 \pm 0,76$ (таблица). Только для шести видов птиц (пестрый дятел, желтоголовый королек и др.) встречаемость составила 100 %, для части видов (перепелятник, тетерев, сорока, ворон) – 50 %, снегиря – 42,8 %. Основу населения птиц составляют доминирующие виды: большая (16,0 \pm 1,43 ос./км²) и хохлатая синицы (26,0 \pm 2,32 ос./км²), буроголовая гаичка (30,0 \pm 2,54 ос./км²) и желтоголовый королек (16,4 \pm 1,82 ос./км²), на их долю приходится 67,3 % от суммарного обилия (таблица). Суммарное обилие варьировало от 107,6 до 178,2 ос./км², в среднем $131,3 \pm 6,97$. К редким видам относятся зимняк, тетерев, желна, малый дятел, ворон.

Таблица. – Видовой состав, частота встречаемости, обилие, биомасса и тренды численности птиц зимнего орнитокомплекса сосняков мшистых юго-западной и центральной Беларуси

Вид	Частота встречаемости, %	Обилие, ос./км ²		Биомасса, кг/км ²		Тренд
		lim	$\bar{x} \pm S_x$	lim	$\bar{x} \pm S_x$	
Перепелятник <i>Accipiter nisus</i>	50,0	0,0–4,0	1,1 ± 0,48	0,0–0,80	0,18 ± 0,06	–
Зимняк <i>Buteo lagopus</i>	42,8	0,0–2,2	0,5 ± 0,19	0,0–2,2	0,58 ± 0,19	F, +
Тетерев <i>Tetrao tetrix</i>	50,0	0,0–2,2	0,5 ± 0,16	0,0–2,2	0,48 ± 0,21	–
Рябчик <i>Tetrastes bonasia</i>	57,1	0,0–3,5	1,2 ± 0,36	0,0–3,5	0,46 ± 0,19	0
Желна <i>Dryocopus martius</i>	51,7	0,0–3,0	0,9 ± 0,27	0,0–0,99	0,27 ± 0,09	0
Пестрый дятел <i>Dendrocopos major</i>	100,0	7,8–20,6	12,8 ± 1,18	0,47–1,56	1,21 ± 0,16	+
Малый дятел <i>Dryobates minor</i>	57,1	0,0–2,6	0,7 ± 0,20	0,00–0,16	0,02 ± ?	–
Желтоголовый королек <i>Regulus regulus</i>	100,0	7,0–28,8	16,4 ± 1,82	0,06–0,23	0,13 ± 0,03	0, F
Длиннохвостая синица <i>Aegithalos caudatus</i>	64,3	0,0–7,0	3,4 ± 0,69	0,0–0,06	0,22 ± ?	+
Буроголовая гаичка <i>Poecile montanus</i>	100,0	12,4–45,8	30,0 ± 2,59	0,21–0,78	0,51 ± 0,04	+
Хохлатая синица <i>Lophophanes cristatus</i>	100,0	10,6–36,7	26,0 ± 2,32	0,10–0,37	0,26 ± 0,02	0
Большая синица <i>Parus major</i>	100,0	5,8–24,6	16,0 ± 1,43	0,10–0,48	0,30 ± 0,04	0
Обыкновенный поползень <i>Sitta europaea</i>	85,7	0,0–11,0	6,5 ± 1,01	0,0–0,22	0,13 ± 0,02	0
Обыкновенная пищуха <i>Certhia familiaris</i>	100,0	2,6–14,8	8,9 ± 1,11	0,02–0,13	0,30 ± 0,01	0
Сойка <i>Garrulus glandarius</i>	71,4	0,0–5,2	2,4 ± 0,54	0,0–0,81	0,30 ± 0,07	0
Сорока <i>Pica pica</i>	50,0	0,0–4,2	1,2 ± 0,38	0,0–0,94	0,30 ± 0,07	–
Серая ворона <i>Corvus corone</i>	57,1	0,0–2,8	1,2 ± 0,30	0,0–1,50	0,62 ± 0,17	–
Ворон <i>Corvus corax</i>	50,0	0,0–2,4	0,9 ± 0,28	0,0–2,4	0,93 ± 0,29	0
Обыкновенный снегирь <i>Pyrrhula pyrrhula</i>	42,8	0,0–3,8	1,4 ± 0,28	0,0–0,12	0,04 ± ?	F, +
Количество видов		lim 9–17	$\bar{x} \pm S_x$ 13,4 ± 0,76			
Суммарное обилие, ос./км ²		lim 107,6–178,2	$\bar{x} \pm S_x$ 131,3 ± 6,97			
Суммарная биомасса, кг/км ²		lim 3,02–10,35	$\bar{x} \pm S_x$ 6,67 ± 0,62			

Примечание – ? – $S_x < 0,01$; тренд: «+» – увеличение, «–» – уменьшение, «0» – стабильная численность, «F» – флуктуирует.

Суммарная биомасса варьирует от 3,02 до 10,35 кг/км², в среднем $6,67 \pm 0,62$. По биомассе доминируют виды с высокой индивидуальной массой и/или численностью: пестрый дятел, ворон серая ворона, зимняк (в сумме их средняя биомасса составляет 3,85 кг/км² (57,7 %)).

В состав зимнего орнитокомплекса входят представители четырех типов фауны (рисунок). Доминируют палеаркты (78,9 % об общего количества видов, 78,0 % суммарного обилия и 76,0 % суммарной биомассы). Европейский тип фауны представлен двумя видами – сорока и хохлатая синица, арктический и сибирский типы – одним представителем (соответственно, зимняк и рябчик).

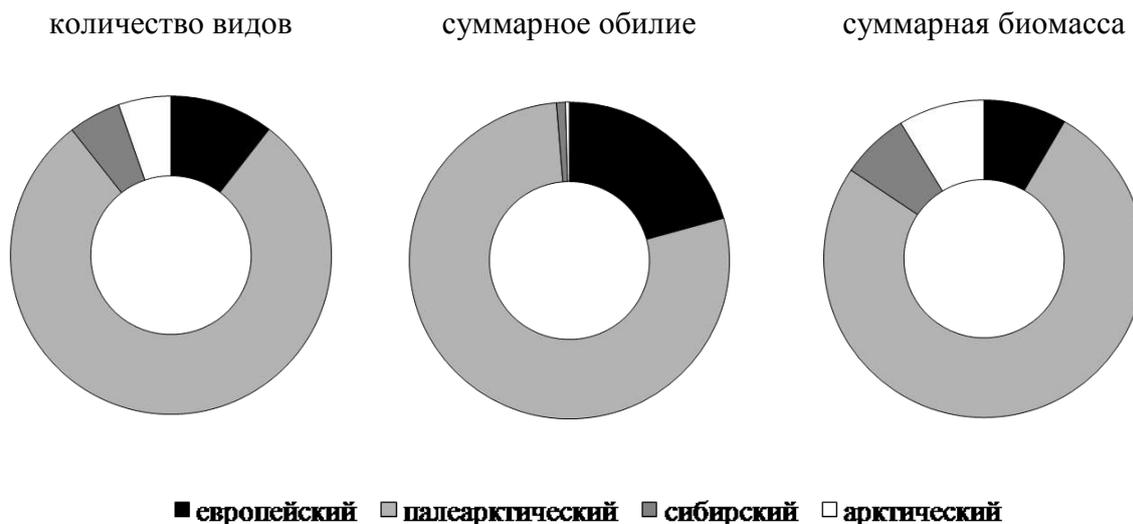


Рисунок. – Фаунистическая структура зимнего орнитокомплекса сосняков мшистых (по [26])

В населении птиц сосняков мшистых преобладают (47,4 % видов) виды со стабильными трендами динамики численности (таблица): хохлатая и большая синица, обыкновенный поползень, обыкновенная пищуха (всего 9 видов). Снижение численности птиц отмечено у 26,3 % видов (перепелятник, тетерев, малый дятел, сорока и серая ворона), такое же количество видов (зимняк, пестрый дятел, длиннохвостая синица, буроголовая синица и обыкновенный снегирь) демонстрируют рост численности. Тренды численности фоновых гнездящихся птиц исследуемых лесных биоценозов в основном совпадают с трендами численности этих видов в Беларуси [27].

Заклучение

Изучение динамики численности популяций птиц в природных условиях относится к одному из актуальных направлений экологических исследований. Особая значимость таких исследований связана с тенденциями глобального потепления. Длительные стационарные исследования за численностью сообщества птиц позволяет выявить особенности реагирования отдельных видов и в целом сообщества птиц на эти изменения и на трансформацию природных комплексов под влиянием усиливающихся антропогенных воздействий. Отмечены стабильные (47,6 %) или положительные тренды (26,3 %) обилия населения отдельных видов птиц и в целом сообщества птиц в последнее десятилетие.

Исследования в течение 17 лет населения птиц в зимний период в сосновых лесах региона показали, что суммарное обилие в различные годы варьирует от 107,6 до 178,2 ос./км², в среднем $131,3 \pm 6,97$, суммарная биомасса – от 3,02 до 10,35 кг/км²,

в среднем $6,67 \pm 0,62$. За прошедшие годы видовой состав птиц этих лесов существенных изменений не претерпел. В то же время колебание обилия некоторых видов имеют тенденцию к увеличению, а ее картина у каждого вида имеет свои особенности. Хотя межгодовые колебания численности населения птиц довольно существенны, но в целом состав доминирующих по обилию видов изменяется незначительно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wild birds indicators in Europe : latest results from the Pan-European Common Bird Monitoring (PECBMS) / A. Klvanova [et al.] // *Avocetta*. – 2009. – № 33. – P. 7–12.
2. Moss, S. Predictions of the effects of global climate change on Britain's birds / S. Moss // *British Birds*. – 1998. – Vol. 91, № 8. – P. 307–325.
3. Leech, D. I. Influence of climate change on the abundance, distribution and phenology of woodland bird species in temperate regions / D. I. Leech, H. Q. P. Crick // *Ibis*. – 2007. – Vol. 149 (s2). – P. 128–145.
4. Ловчий, Н. Ф. Кадастр типов сосновых лесов Белорусского Полесья / Н. Ф. Ловчий ; науч. ред. В. И. Парфенов. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 221 с.
5. Равкин, Ю. С. К методике учета птиц лесных ландшафтов / Ю. С. Равкин // *Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае*. – Новосибирск, 1967. – С. 66–75.
6. Равкин, Ю. С. Факторная зоогеография: принципы, методы и теоретические представления / Ю. С. Равкин, С. Г. Ливанов. – Новосибирск, 2008. – 205 с.
7. Кузякин, А. П. Зоогеография СССР / А. П. Кузякин // *Учён. зап. Моск. обл. пед. ин-та им. Н. К. Крупской*. – 1962. – Т. 109. – С 3–182.
8. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Выш. шк., 1973. – 320 с.
9. 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.
10. Иноземцев, А. А. Птицы и лес / А. А. Иноземцев. – М. : Агропромиздат, 1987. – 302 с.
11. Преображенская, Е. С. Динамика численности некоторых массовых зимующих птиц в лесах Европейской России с 1980-х по 2000-е годы / Е. С. Преображенская // *Динамика численности птиц в наземных ландшафтах. 30-летие программ мониторинга зимующих птиц России и сопредельных регионов : материалы Всерос. науч. конф., ЗБС МГУ, 17–21 марта 2017 г.* – М. : Товарищество науч. изданий КМК, 2017. – С. 54–64.
12. Географическая изменчивость зимнего населения птиц лесной зоны Европейской части СССР / А. Г. Губин [и др.] // *Всероссийское совещание по проблеме кадастра и учета животного мира : тез. докл.* – Уфа : Башкир. книж. изд-во, 1989. – Ч. 3. – С. 69–70.
13. Федюшин, А. В. Птицы Белоруссии / А. В. Федюшин, М. С. Долбик. – Минск : Наука и техника, 1967. – 519 с.
14. Долбик, М. С. Ландшафтная структура орнитофауны Белоруссии / М. С. Долбик. – Минск : Наука и техника, 1974. – 312 с.
15. Шкляр, Л. П. Зимняя орнитофауна Минской области / Л. П. Шкляр // *Фауна и экология наземных позвоночных Белоруссии*. – Минск, 1961. – С. 170–184.
16. Гричик, В. В. Животный мир Беларуси. Позвоночные : учеб. пособие / В. В. Гричик, Л. Д. Бурко. – Минск : Изд. центр БГУ, 2013. – 399 с.
17. Бышне, И. И. Зимняя орнитофауна сосновых лесов Березинского заповедника / И. И. Бышне // *Тез. докл. XII Прибалт. орнитол. конф.* – Вильнюс, 1988. – С. 28–29.
18. Раковский, Н. Н. К орнитофауне сосновых лесов Беловежской пуши / Н. Н. Раковский // *Динамика зооценозов, проблемы охраны и рационального использо-*

вания животного мира Белоруссии : тез. докл. VI зоол. конф. – Минск : Наука и техника, 1989. – С. 256–257.

19. Шкляров, Л. П. Зимняя орнитофауна Беларуси: структурно-функциональный состав, изменения за 50 лет / Л. П. Шкляров // Структурно-функциональное состояние биологического разнообразия животного мира Беларуси : тез. докл. VIII зоол. науч. конф. – Минск, 1999. – С. 146–147.

20. Бышневу, И. И. Весенняя динамика населения птиц некоторых типов лесных и болотных экосистем Березинского заповедника / И. И. Бышневу // Заповедники Белоруссии : исследования. – Минск : Ураджай, 1989. – Вып. 13. – С. 81–89.

21. Бышневу, И. И. Летне-осенняя динамика птиц некоторых типов лесных и болотных экосистем Березинского заповедника / И. И. Бышневу // Заповедники Белоруссии : Исследования. – Минск : Ураджай, 1991. – Вып. 15. – С. 134–143.

22. Абрамова, И. В. Структура и динамика населения птиц экосистем юго-запада Беларуси / И. В. Абрамова. – Брест : Изд-во БрГУ, 2007. – 208 с.

23. Корнієнко, Т. М. Зимова орнітофауна полезахісних лісосмуг Полісся та лесостепу лівобережної України / Т. М. Корнієнко // Збереження та відтворення біорізноманіття природно-заповідних територій : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 10-річчю Рівненського природного заповідника, Сарни, 11–13 чэрвня 2009 г. / редкол.: М. Д. Будз [та ін.]. – Рівне : Рівнен. друк., 2009. – С. 460–468.

24. Буйволов, Ю. А. Зимнее население Московской области / Ю. А. Буйволов // Всесоюзное совещание по проблеме кадастра и учета животного мира : тез. докл. – Уфа : Башкир. книж. изд-во, 1989. – Ч. 3. – С. 28–30.

25. Котюков, Ю. В. Зимующие птицы Окского заповедника и его окрестностей / Ю. В. Котюков // Экология, эволюции и систематика животных : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Рязань, 17–19 нояб. 2009 г. – Рязань : Голос губернии, 2009. – С. 223–224.

26. Voous, K. H. Die Vogelwelt Europas / K. H. Voous. – Hamburg ; Berlin, 1962. – 284 s.

27. Птицы Беларуси на рубеже XXI века / М. Е. Никифоров [и др.]. – Минск : Изд. Н. А. Королёв, 1997. – 188 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 12.02.2020

Abramava I. V. The Dynamics of the Bird Population in Mossy Pine Forests in Winter in South-Western and Central Belarus

The article tracks the changes in the winter bird population in mossy pine forests in winter in southwestern and central Belarus. The field work was performed in the years 2002–2019 applying the conventional bird count methods. The study revealed that in mossy pine forests are found four orders of bird (Accipitriformes, Galliformes, Piciformes and Passeriformes). The bird species diversity changed from 9 to 14 species (on the average $13,4 \pm 0,73$), overall abundance – from 107,6 to 178,2 birds/km² (on the average $131,3 \pm 6,97$), overall biomass – from 3,02 to 10,35 kg/km² (on the average $6,67 \pm 0,62$). In the bird community were dominated Passeriformes. The ornithological variety included 4 types of fauna. In the bird population were dominated by the Palearctic types of fauna. Stable population trends are typical for 47,4 % of the species, positive and negative population trends are inherent for 26,3 % of the species.

УДК 581.821

Я. В. Арчибасова¹, А. П. Колбас²¹ *магистр биол. наук, сотрудник каф. ботаники и экологии**Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина*² *канд. биол. наук, доц., нач. Центра экологии, доц. каф. ботаники и экологии**Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина**e-mail: ²kolbas77@mail.ru***ВЛИЯНИЕ БРАССИНОСТЕРОИДОВ
НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ *HELIANTHUS ANNUUS*
В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

Изучено влияние трех brassinosterоидов в различных концентрациях на структурные параметры двух культиваров подсолнечника в полевых условиях. Определены всхожесть, длина стебля, урожайность семян и биомассы. Выявлено положительное влияние некоторых гормонов в определенных концентрациях на структурные параметры растений подсолнечника. Зафиксировано улучшение полевой всхожести семян мутантной линии М1 на 14 % для гомобрассинолида (10^{-8} %) и эпибрассинолида (10^{-6} %). У сорта Ethic – на 20 %, на 14 % для гомобрассинолида (10^{-7} %) и эпибрассинолида (10^{-8} %). К концу вегетационного периода у Ethic превышение ростовых параметров над контролем составило 15–16 % для гомобрассинолида (10^{-8} %) и эпикастастерона (10^{-6} %, 10^{-8} %). Увеличение урожайности семян на 19,6 % у М1 отмечено после обработки эпибрассинолидом (10^{-7} %), а у Ethic на 47,2 % – после обработки эпикастастероном (10^{-8} %). Увеличение биомассы побегов наблюдалось у М1 на 35–71 %. Для адаптации растений и повышения урожайности рекомендуется осуществлять предпосевную обработку семян подсолнечника растворами протестированных гормонов.

Введение

В современной прикладной биологии все большее значение приобретают методы повышения продуктивности растений за счет использования гормонов. Хорошие результаты по повышению урожайности растений, особенно в стрессовых условиях, показали некоторые стероидные гормоны, в частности brassinosterоиды (БС) [1]. Они составляют новый шестой класс растительных гормонов в дополнение к ауксинам, гиббереллинам, цитокининам, абсцизовой кислоте и этилену. По химической структуре БС представляют собой производные стероида холестана, что относит их к классу экидистероидов (подкласс фитоэкидистероиды) [2].

БС обладают высокой биологической активностью и способны в низких концентрациях воздействовать на физиологические процессы в растениях, повышая их рост, урожайность и устойчивость к стресс-факторам среды, в том числе к засухе, экстремальным температурам, токсичным веществам и солености [3]. В то же время они являются экологически дружественными соединениями, не накапливаются и легко разлагаются.

Эти свойства находят применение в различных сферах народного хозяйства, в том числе и в выращивании быстрорастущих энергетических культур [1]. Одной из перспективных культур для получения как продовольственной продукции, так и биотоплива, а также использования в фиторемедиации является подсолнечник однолетний (*Helianthus annuus* L.) [4].

Влияние стероидных соединений на данном объекте исследовано недостаточно, особенно если речь идет о комплексном анализе параметров. Оценка влияния стероидных соединений на показатели всхожести, роста и развития растений в полевом эксперименте необходима для выявления наиболее чувствительных сортов и подбора новых оптимальных доз препаратов для использования их в реальных условиях. Также важ-

ным аспектом является скрининг новых объектов и их параметров для выявления индикаторов присутствия стероидных соединений.

Цель исследования – оценить влияние brassinosterоидов на изменения морфометрических признаков *Helianthus annuus* L. в полевых условиях.

Задачи исследования:

1) определить изменение ростовых параметров двух культиваров подсолнечника под действием растворов brassinosterоидов различных концентраций;

2) определить изменение урожайности двух культиваров подсолнечника под действием растворов brassinosterоидов различных концентраций в полевых условиях;

3) выявить эффективные концентрации БС для практического использования.

Материалы и методы исследования

В опытах использовали растворы трех brassinosterоидов, синтезированных в институте биоорганической химии НАН Беларуси: эпибрасинолида (ЭБ), гомобрасинолида (ГБ) и эпикастастерона (ЭК). Исходные растворы, с концентрацией 10^{-2} %, в последующем разбавлялись дистиллированной водой до рабочих концентраций (%): 10^{-8} , 10^{-7} , 10^{-6} .

Для изучения влияния различных концентраций brassinosterоидов на рост и развитие перспективных культиваров подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus* L.) были использованы семена мутантной линии M1: SBI-12-B4-E-12/15-35-140-04-MB (Швейцария) и коммерческого сорта Ethic (Франция), показавших значительную эффективность в предыдущих опытах по фиторемедиации и получению биотоплива загрязненных почв [5].

С учетом изученных литературных данных и предыдущих исследований на других культурах была предложена следующая схема опыта.

Семена (по 100 шт.) предварительно замачивали в течение 5 часов в растворах с БС. В качестве контроля использовалась дистиллированная вода [6]. Далее семена высаживались на опытном поле отдела «Агробиология» Центра экологии БрГУ имени А. С. Пушкина. Схема посадки: расстояние в ряду между растениями составило 25 см, для возможности последующей механизированной обработки почвы мотоблоком расстояние между рядами составило 1 м. Таким образом, плотность посадки составила 40 000 растений/га. Посадка подсолнечника была осуществлена 12.04.2017. Первые всходы появились 10.05.2017.

В период выращивания фиксировались следующие метеоданные: максимальная и минимальная температура воздуха, средняя температура воздуха и количество осадков, а также их месячные суммы. Были осуществлены необходимые агротехнические мероприятия: прополки, подкормка, рыхление почвы и др.

В течение вегетационного периода производились измерения высоты стебля изучаемых растений (каждые 7–10 дней). Сбор корзинок подсолнечника осуществлен 06.09.2017. После этого корзинки с семенами были размещены для высушивания до воздушно-сухой массы в закрытом проветриваемом помещении. Такой же сушке подверглись стебли и листья модельных растений подсолнечника. После этого все органы были взвешены.

Весь статистический анализ был проведен с использованием программы Microsoft Excel. Были рассчитаны средние значения и стандартные отклонения. Параллельно производился Студент-тест для выявления различий между средними величинами тест-параметров. Различия признавались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ метеоданных показал, что значительную роль в ограничении роста играла весенняя засуха в середине мая (рисунок 1). В этот период достоверное антистрессовое воздействие на ростовые параметры было выявлено для двух концентраций ЭК: 10^{-6} % и 10^{-7} % (рисунок 2).

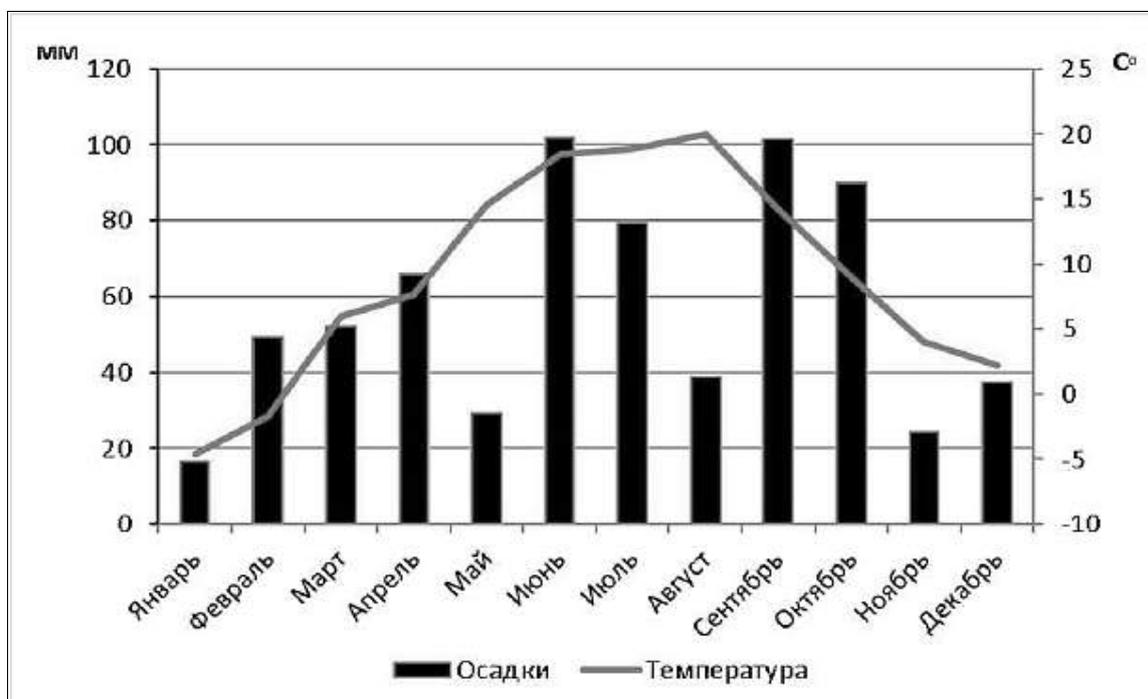


Рисунок 1. – Количество осадков и температурные показатели в 2017 г. (месячная сумма)

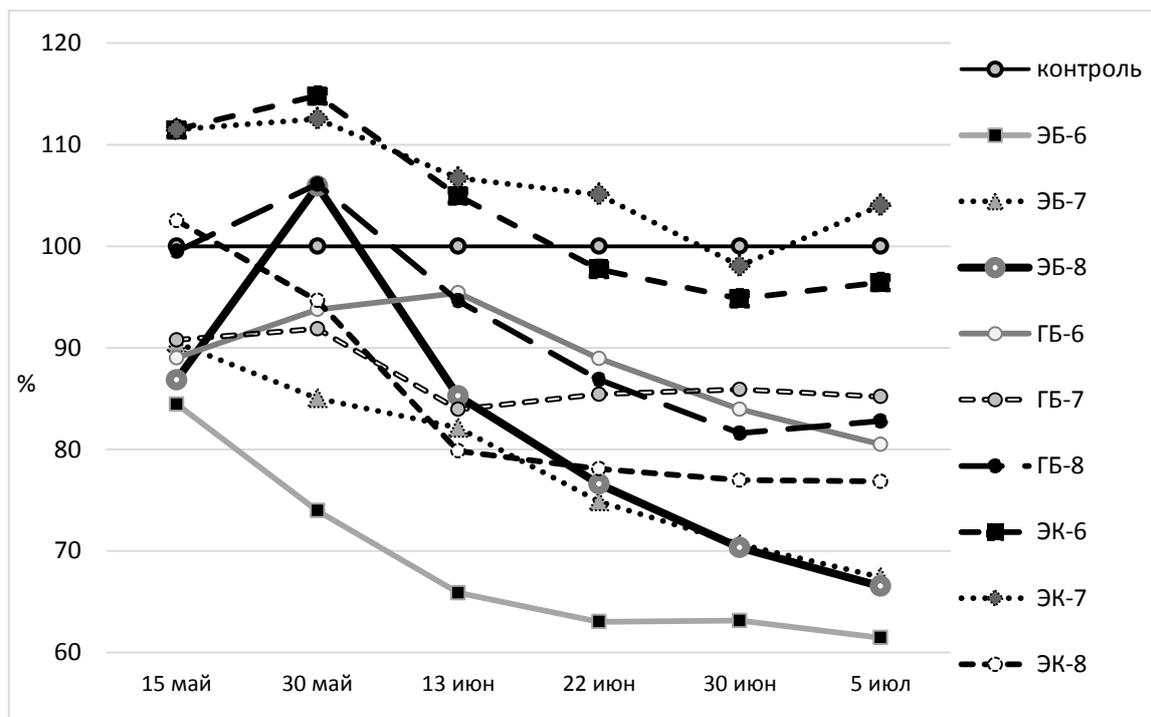


Рисунок 2. – Динамика высоты стебля M1 относительно контроля за период наблюдения

Эти данные подтверждают ранее высказанное мнение о положительном влиянии БС на адаптивные и антистрессовые свойства растений на ранних этапах развития, в частности в условиях недостаточного количества осадков и при низких температурах в первые недели роста [7]. В связи с усиленным ростом на начальных этапах возможно получение ранних дружных всходов и активное конкурирование с сорняками.

Проведенные полевые исследования показали, что всхожесть подсолнечника мутантной линии М1 варьировала от 62 (ГБ 10^{-7} %) до 90 % (ГБ 10^{-8} %, ЭБ 10^{-6} %). Всхожесть коммерческого сорта Ethic от (контроль) до 100 % (ГБ 10^{-7} %).

Первые настоящие листья в фазе В4 [8] отмечены 20 мая. Длина гипокотыля в это время у М1 варьировала от 3,8 (ЭБ 10^{-6} %) до 5 см (ЭК 10^{-7} и 10^{-6} %), что составило 84 и 111 % относительно контроля соответственно. Длина гипокотыля на данный момент у коммерческого сорта Ethic варьировала от 4,38 (ГБ 10^{-6} %) до 5,85 см (ЭБ 10^{-6} %), что составило 89 и 120 % относительно контроля соответственно.

К концу вегетационного периода у коммерческого сорта Ethic достоверное превышение ростовых параметров над контролем значительно снизилось и составило 11 % для ЭБ 10^{-6} %, 15 % для ГБ 10^{-8} %, 15 % для ЭК 10^{-6} % и 16 % для ЭК 10^{-8} %. При этом происходило значительное снижение прироста стебля у М1, достоверные различия от контрольных растений зафиксированы после обработки ЭБ (все концентрации), ГБ 10^{-6} и ЭК 10^{-8} %. Слабый положительный эффект (5 %) относительно контроля отмечен для ЭК 10^{-7} %, но эти отличия статистически недостоверны (рисунок 3).

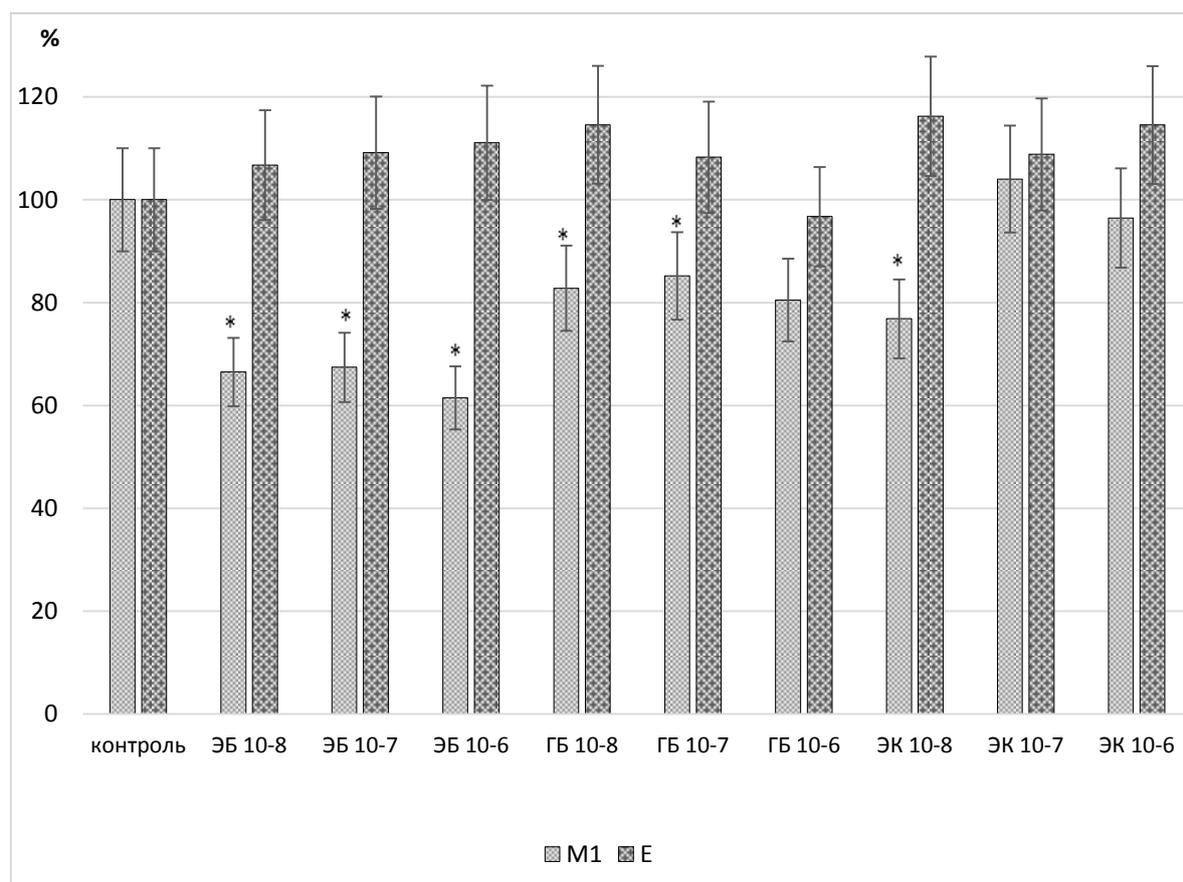


Рисунок 3. – Высота стеблей двух культиваров к моменту окончания роста (22.06.2017) (Стьюдент-тест указывает на достоверные различия между культиварами; *P < 0,05)

Урожайность семян варьировала в пределах 3,4–5,2 т/га для М1 и 3,5–5,9 т/га для Е. Причем в большинстве случаев урожайность семян мутантной линии была несколько выше, чем коммерческого сорта (рисунок 4).

Значительное увеличение урожайности семян мутантной линии М1 по сравнению с контролем было отмечено после следующих обработок: ЭБ 10^{-7} % – 19,6 %, ЭБ 10^{-6} % – 10,1 %, ЭК 10^{-7} % – 13,8 %. У коммерческого сорта увеличение урожайности семян отмечено после следующих обработок: ГБ 10^{-6} % – на 11,5 %, ЭК 10^{-6} % – на 11,3 %, и статистически достоверное увеличение урожайности семян на 47,2 % по сравнению с контролем было отмечено для ЭК 10^{-8} %. Достоверное падение урожайности семян на 21 и 19 % зафиксировано для М1 при применении ГБ 10^{-7} % и 10^{-8} % соответственно.

Во время проведения полевого опыта в связи с регулярным наблюдением за всеми этапами развития выращиваемой культуры прогнозировалась высокая урожайность в повторности, обработанной ЭК 10^{-8} %, однако из-за повреждения части корзинок птицами в этом варианте данные получились несколько ниже ожидаемых. Ранее некоторые авторы указывали на возможность проявления стероидными гормонами в определенных концентрациях ингибиторных свойств [9].

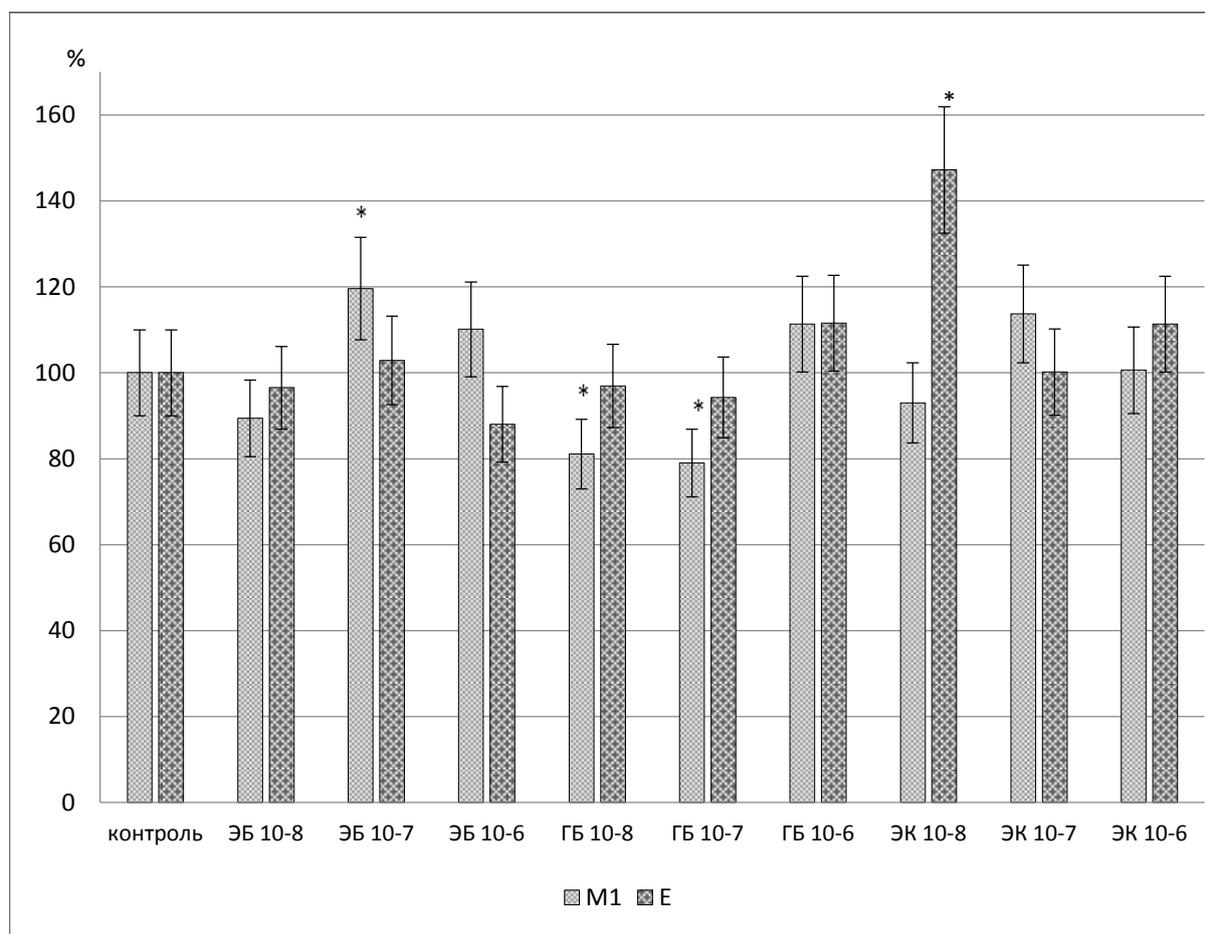


Рисунок 4. – Урожайность семян двух культиваров подсолнечника (представлены средние значения (n = 10); Стьюдент-тест указывает на достоверные различия от контроля; *P < 0,05)

В опытах научно-исследовательских учреждений Республики Беларусь урожайность семян подсолнечника однолетнего ежегодно варьирует в пределах 2,5–6,6 т/га,

но в производственных условиях она обычно ниже – 0,7–1 т/га [10]. Наши результаты согласуются с данными научно-исследовательских учреждений. Этот параметр важен не только для продовольственных целей, но и для определения биоэнергетического потенциала культур.

Наблюдается широкая амплитуда варьирования урожайности зеленой массы в связи с влиянием многих экологических факторов. Для М1 после обработок растворами ЭБ 10^{-7} %, ГБ 10^{-8} % и ЭК 10^{-7} % наблюдается увеличение зеленой биомассы относительно контроля на 71, 45 и 35 % соответственно при одновременном уменьшении длины стебля. Для Е наблюдалось общее достоверное снижение зеленой биомассы при одновременном значительном увеличении длины стебля (рисунок 5) [11]. Такой эффект схож с явлением этиолирования [12]. Этот параметр имеет большое значение при оценке эффективности фиторемедиационных мероприятий, т. к. он оказывает наибольшее влияние на экстракцию потенциально токсичных элементов [12].

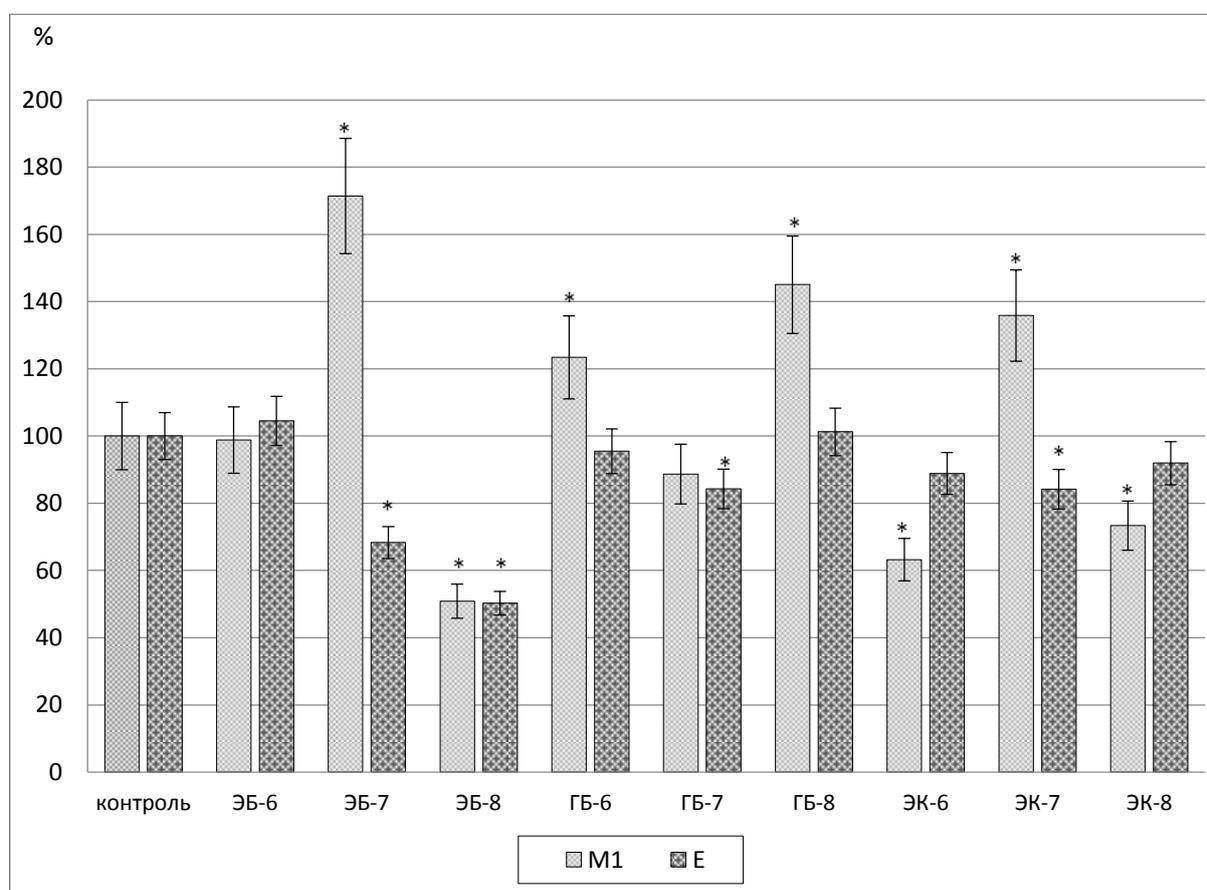


Рисунок 5. – Урожайность зеленой массы подсолнечника (представлены средние значения (n = 10); Стьюдент-тест указывает на достоверные различия от контроля; *P < 0,05)

Таким образом, проведенные опыты доказывают возможность применения БС для улучшения ростовых качеств и повышения урожайности в полевых условиях.

Заключение

Анализ различных признаков показал положительную роль исследуемых гормонов в определенных концентрациях на рост, развитие, продуктивность и устойчивость к различным стресс-факторам двух культиваров. В частности, используя диапазон кон-

центраций растворов БС шире, чем в предыдущих исследованиях, за счет уменьшения концентрации до 10^{-8} %, можно достичь положительного влияния на урожайность семян при одновременном снижении стоимости обработки. Также вычислили пик благоприятного действия на большинство морфометрических параметров гормоном ЭБ в концентрации 10^{-7} %. Определили, что при повышении концентрации ЭБ и ГБ полевая всхожесть семян увеличивается (14–20 % от контроля), а при повышении концентраций ЭК – уменьшается.

Была выявлена сортоспецифичность действия БС. Изучая влияние brassinosteroidов на различные фенотипические признаки двух культиваров подсолнечника, можно заключить, что для мутантной линии М1 перспективным направлением является использование ЭБ 10^{-7} % для повышения урожайности семян на 19,6 % при одновременном развитии короткостебельности, а у коммерческого сорта Е – ЭК 10^{-8} % для повышения урожайности семян (47,2 %) при одновременном незначительном увеличении размеров и биомассы зеленых органов (стеблей и листьев).

Для эффективной адаптации растений на ранних стадиях развития, а также повышения урожайности семян и зеленой массы рекомендуется осуществлять предпосевную обработку семян подсолнечника одним из следующих растворов brassinosteroidов: ЭБ 10^{-7} %, ГБ 10^{-8} %, ЭК 10^{-7} % и ЭК 10^{-8} %.

Применение БС в физиологически активной концентрации, их экологическая безопасность, понимание молекулярных механизмов их деятельности, синтез естественных БС и их производных в скором времени позволят в полной мере использовать эти вещества в сельскохозяйственной практике, фиторемедиации, биоэнергетике и других сферах народного хозяйства, благодаря их специфическому ростостимулирующему действию, положительному влиянию на урожайность и на устойчивость растений к биотическому и абиотическому стрессам.

Для дальнейшего изучения сортоспецифического влияния brassinosteroidов целесообразно расширить спектр и уменьшить шаг тестируемых концентраций. Апробация будет продолжена в лабораторных и полевых условиях с исследованием некоторых биохимических параметров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Khripach, N. B. New practical aspects of brassinosteroids and results of their tenyear agricultural use in Russia and Belarus / N. B. Khripach // *Brassinosteroids. Bioactivity and Crop Productivity* / N. B. Khripach ; eds. S. Hayat, A. Ahmad. – Dordrecht : Kluwer Academic Publisher, 2003. – P. 189–230.
2. Dinan, L. Ecdysteroid structure-activity relationships / L. Dinan // *Studies in Natural Products Chemistry*. – 2003. – Vol. 29. – P. 3–71.
3. Zullo, M. Brassinosteroidphytohormones – structure, bioactivity and applications / M. Zullo, G. Adam // *Instituto Agrônômico, Centro de Recursos Genéticos Vegetais*. – 2002. – Vol. 144. – P. 181.
4. Kolbas, A. P. Phenotypic Traits and Development of Plants Exposed to Trace Elements / A. P. Kolbas. – Talence : University of Bordeaux, 2012. – 301 p.
5. 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. – No. 376. – P. 377–397.
6. ГОСТ 12038-84. Методы определения всхожести. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 56 с.

7. Голанцева, Е. Н. Адаптационные реакции яровой пшеницы при действии эпи-брасинолида в условиях засухи : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.12 / Е. Н. Голанцева. – М., 2006. – 123 л.
8. Руководство по культурам [Электронный ресурс] // Terres Inovia. – Режим доступа: <https://www.terresinovia.fr/>. – Дата доступа: 25.03.2019.
9. Luo, B. Zhiwu Shenglixue Tongxun. 1986. N 2. P. 14–17; Chem. Abstr. 1988. Vol. 108, 128609.
10. Перспективы возделывания подсолнечника в Республике Беларусь : сб. науч. ст. / науч. ред. В. В. Пешко. – Гродно, 2011. – 392 с.
11. Арчибасова, Я. В. Влияние брассиностероидов на изменение фенотипических признаков *Helianthus annuus* L. в лабораторных и полевых условиях : дис. ... магистра биол. наук : 1-31 80 01 / Я. В. Арчибасова. – Брест, 2018. – 50 л.
12. Morphological and functional responses of a sunflower metal-tolerant mutant line to a copper-contaminated soil series / A. Kolbas [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2018. – P. 1–16.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 29.04.2019

Archybasava Ya. V., Kolbas A. P. Effect of Brassinosteroids on Morphometric Parameters Helianthus Annuus in the Field

The purpose of this study is to evaluate the effect of three brassinosteroids (epibrassinolide, homo-brassinolide and epikastasteron) at various concentrations on the growth parameters of mutant and commercial cultivar of Helianthus annuus L. in field conditions. Based on the results of the work done conclusions that using a range large than in previous studies due to a decrease the concentration to 10^{-8} , it is possible to achieve a positive effect of the epikastasteron treatment on germination. Calculated the peak of the beneficial effect of epibrassinolide on most morphometric parameters. For effective adaptation of plants, as well as to increase the yield of seeds and green mass, it is recommended to carry out pre-sowing treatment of sunflower seeds with solutions of tested hormones.

УДК [599.323.4+594.3]:577.121

О. М. Балаева-Тихомирова¹, Е. И. Кацнельсон², А. С. Володько³¹канд. биол. наук, доц., зав. каф. химии*Витебского государственного университета имени П. М. Машерова*²преподаватель каф. химии*Витебского государственного университета имени П. М. Машерова*³магистрант биологического факультета*Витебского государственного университета имени П. М. Машерова*e-mail: ²kate_kaznelson@tut.by

НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СВОБОДНО-РАДИКАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ У МОДЕЛЬНЫХ ТЕСТ-ОРГАНИЗМОВ НА ПРИМЕРЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРЫС И ЛЕГОЧНЫХ МОЛЛЮСКОВ

Одной из современных проблем лабораторной диагностики остается поиск альтернативных крысам живых организмов, позволяющих осуществлять диагностику окислительного стресса и проводить систематический мониторинг и скрининг состояния антиоксидантной системы и уровня свободно-радикального окисления в организме. Экспериментальные модели на моллюсках целесообразны по экономическим и этическим соображениям. Сходный обмен веществ моллюсков и беспозвоночных животных позволит использовать их в модельном эксперименте и мониторинге окружающей среды. Основными характеристиками моллюсков как тест-объектов, широко используемых в биомониторинге и биоиндикации, являются высокая чувствительность к загрязняющим агентам и ксенобиотикам, широкое распространение, легкость сбора и идентификации, короткий жизненный цикл. В статье сравниваются показатели антиоксидантной системы легочных пресноводных моллюсков и крыс в эксперименте.

Введение

Все живые организмы разными способами реагируют на изменения окружающей среды. Формирование защитных эффектов адаптации обеспечивается активацией генетического аппарата, изменением метаболизма клетки, а также изменением функционирования всех систем организма. При кратковременном действии стрессов умеренной интенсивности происходит усиление функционирования органов и мобилизация организма. При интенсивной или длительной стресс-реакции в клетках происходит активация процесса свободно-радикального окисления, угнетение энергопродукции, снижение синтеза белка. Активации систем стресса и реализации повреждающих эффектов препятствуют стресс-лимитирующие системы. Одним из возможных компонентов быстрой реакции на стресс является активация перекисного окисления липидов [1].

Продуктами перекисного окисления липидов (ПОЛ) являются реакционноспособные молекулы, которые спонтанно ускоряют цепные реакции и реагируют с биомолекулами, вызывая нарушения их функций. Первичными продуктами ПОЛ являются гидроперекиси и диеновые конъюгаты, которые очень нестабильны и при наличии металлов переменной валентности метаболизируются во вторичные и третичные продукты. Эти процессы протекают во всех клетках, однако наиболее активно идут в клетках крови и в гепатоцитах. Антиоксидантными свойствами обладает глутатион, который содержится в клетках в окисленной и восстановленной формах. Данные свойства основаны на способности окисленного глутатиона отдавать свой электрон в реакциях со свободными радикалами, предотвращая повреждение клетки. По соотношению окисленных и восстановленных молекул глутатиона в клетках определяют уровень протекающих окислительных реакций в организме. Глутатион также восстанавливает другие антиоксиданты, связывается с токсичными соединениями, нейтрализует их и способствует выведению из организма [2].

Эндогенные антиоксиданты формируются из поступающих с пищей молекул, обладающих способностью обезвреживать активные метаболиты кислорода (витамины С, А, Е, бета-каротин, липоевая кислота); из молекул обмена веществ (аминокислоты и их производные, пептиды, кофакторы ферментов и др.); продуктов распада макромолекул при окислительном стрессе (мочевая кислота, билирубин); индукторов экспрессии генов антиоксидантных ферментов; антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутаза, глутатионпероксидаза, глутатионредуктаза, каталаза и др.) [3; 4]. Биохимическими маркерами метаболических нарушений при действии различных экзогенных факторов могут служить содержание ТБК-позитивных веществ (ТБК-ПВ) и восстановленный глутатион (GSH).

Использование модельных организмов основано на том, что все живые существа имеют единое происхождение и сохраняют общие характеристики в механизмах хранения и реализации наследственной информации. Лабораторные исследования на позвоночных животных являются одним из важнейших видов исследований. К ним относятся крысы, мыши, кролики. Геном крысы имеет до 90 % сходства с геномом человека. Результаты исследований на животных имеют решающее значение для получения фундаментальных знаний и их практического применения [5].

В последние десятилетия активно осуществляется поиск альтернативных живых организмов, опыты на которых целесообразны по экономическим и этическим соображениям. Часто используют два широко распространенных вида легочных пресноводных моллюска *Lymnaea stagnalis* (прудовик обыкновенный) и *Planorbarius corneus* (катушка роговая) [6; 7]. Первый из них признан модельным организмом для исследования действия водорастворимых химических агентов в ЕЭС в 2010 г. [8].

Цель исследования – сравнить некоторые показатели антиоксидантной активности печени крыс и гепатопанкреаса моллюсков в эксперименте.

Материал и методы

Объектами исследования являлись крысы линии Вистар и легочные пресноводные моллюски – прудовик обыкновенный (*Lymnaea stagnalis*) и катушка роговая (*Planorbarius corneus*). На данных объектах проводился модельный эксперимент, по результатам которого в печени крыс и гепатопанкреасе моллюсков определялись показатели свободно-радикального окисления – содержание ТБК-ПВ и восстановленного глутатиона. Устанавливалось корригирующее действие экстракта куколок дубового шелкопряда (ЭКДШ) при развитии инсулинорезистентности, гиперхолестеролемии и гипергликемии. У крыс в печени концентрацию восстановленного глутатиона определяли по методу Sedlak и Lindsay [9], содержание ТБК-ПВ определяли по методу Стальной и Гаришвили [10]. У моллюсков количественное установление продуктов перекисного окисления липидов (ТБК-ПВ) проводили по методу Uchiyama и Mihara [11], определение GSH проводили по методу Beutler [12]. Математическую обработку полученных результатов проводили методами параметрической и непараметрической статистики с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel 2012, STATISTICA 6.0.

Ранее на кафедре химии ВГУ имени П. М. Машерова исследовались гемолимфа куколок дубового шелкопряда и полученный из нее экстракт куколок дубового шелкопряда [13]. Установлено, что гемолимфа куколок дубового шелкопряда формируется в процессе запрограммированной гибели клеток и в периоде диапаузы накапливает антиоксидантный потенциал за счет увеличения количества мочевой кислоты, свободных аминокислот. Эндогенная антиоксидантная система гемолимфы содержит витамины С, А, Е, мочевую кислоту, аминокислоты, глутатион, биофлавоноиды. Антиоксидантная активность экстракта проявляется в разведениях $1:10^4$ – $1:10^5$. Поэтому в модельных

экспериментах в качестве фактора, снижающего негативное воздействие на исследуемые объекты, использовался ЭКДШ [14]. В экспериментальных моделях животным вводили экстракт куколок дубового шелкопряда. Стандартизацию флаконов с экстрактом куколок дубового шелкопряда проводили по сумме свободных аминокислот методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в лаборатории Института органической химии. Установлено, что содержание суммы свободных аминокислот колебалось в пределах 550–850 мг/л.

Характеристика моделей

1. Для моделирования инсулинорезистентности (ИР) в эксперименте были выбраны крысы-самки (157) линии Вистар массой 180–250. Инсулинорезистентность воспроизводили содержанием животных на высокожировой диете (ВЖД) по Либери-Де Карли в течение 2 и 3 месяцев [15]. Для создания высокожировой диеты к базовой диете производства Ssniff Specialdiäten GmbH (Soest, Германия) добавляли кукурузное масло в количестве 40 г на 1 кг диеты, согласно оригинальной прописи авторов [16]. ВЖД готовили ежедневно путем смешивания ингредиентов с помощью блендера в течение 15–30 с. Животным давали жидкую диету в бутылках, снабженных особыми крышками, без ограничений. Потребление пищи животными ежедневно регистрировалось.

Крысы были разделены на пять групп: 1 группа – контроль (n = 10); 2 группа – ВЖД 2 месяца (n = 10); 3 группа – ВЖД 3 месяца (n = 10); 4 группа – ВЖД 3 месяца + ЭКДШ ежедневно в течение последнего месяца ВЖД в дозе 7 мкг свободных аминокислот / 100 г массы тела (n = 9); 5 группа – ВЖД 3 месяца + ЭКДШ ежедневно в течение последнего месяца ВЖД в дозе 70 мкг свободных аминокислот / 100 г массы тела (n = 10). Водный экстракт куколок дубового шелкопряда получали по методу Трокоза [17]. Выбор доз основан на опыте использования жидкого содержимого ЭКДШ в ветеринарии согласно патенту Трокоза. Контрольной группе вводили эквивалентное количество дистиллированной воды. Декапитация животных проводилась через 24 часа после последнего введения препаратов.

2. Моделирование алиментарной гиперхолестеролемии проводили внутрижелудочным введением через зонд холестерина в дозе 40 мг/кг и эргокальциферола 350 000 ед/кг в подсолнечном масле [18; 19]. Животные были разделены на 7 групп: 1 группа – контроль (n = 10); 2 группа – алиментарная ГХ 5 суток (n = 13); 3 группа – алиментарная ГХ 5 суток + ЭКДШ 7 мкг свободных аминокислот / 100 г массы тела 5 суток (n = 8); 4 группа – алиментарная ГХ 5 суток + ЭКДШ 70 мкг свободных аминокислот / 100 г массы тела 5 суток (n = 8); 5 группа – алиментарная ГХ 10 суток (n = 7); 6 группа – алиментарная ГХ 10 суток с параллельным введением с 6-х по 10-е сутки эксперимента ЭКДШ 7 мкг свободных аминокислот / 100 г массы тела (n = 6); 7 группа – алиментарная ГХ 10 суток с параллельным введением с 6-х по 10-е сутки эксперимента ЭКДШ 70 мкг свободных аминокислот / 100 г массы тела (n = 6). Контрольным животным вводили эквивалентное количество дистиллированной воды.

3. Моделирование гипергликемии проводили в эксперименте на 144 особях легочных пресноводных моллюсков – *Lymnaea stagnalis* и *Planorbarius corneus*, разделенных на 18 групп по 8 моллюсков в каждой. Стрептозотонин готовили на 1M цитратном буфере и вводили в ногу животного с помощью инсулинового шприца в количестве 65 мкг/г тела животного; ЭКДШ вводили аналогично в дозе 7 мкг свободных аминокислот/100 г массы тела [20]. Для исследований использовали гомогенат гепатопанкреаса моллюсков, приготовленный на холоде в 0,025M трис-HCl буфере (pH 7,4). Контрольным животным вводили эквивалентное количество дистиллированной воды.

4. Моделирование влияния солей тяжелых металлов различной концентрации исследовали на примере воздействия сульфата меди (II). Эксперимент проводили

на 72 особях – *Lymnaea stagnalis* и *Planorbarius corneus*, разделенных на 8 групп по 9 моллюсков в каждой. Моллюсков собирали осенью (сентябрь–октябрь) в оз. Вордовье в окрестностях д. Ляды Дубровенского района Витебской области.

Содержание ионов меди (Cu^{2+}) выбрано с учетом значений предельно допустимых концентраций, установленных для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. Моллюсков распределяли на 4 группы. Моллюски в первых трех группах подвергались воздействию сульфата меди в концентрациях 0,01 мг/л, 0,1 мг/л и 1 мг/л. Животные контрольной группы находились в емкости с водопроводной водой.

Lymnaea stagnalis и *Planorbarius corneus* в ходе проведения эксперимента размещались в сосудах с одинаковым объемом. Плотность посадки моллюсков 3 экз/л. Температура воды – 20–22 °С. Экспозиция длилась двое суток. Через каждые сутки использованные растворы заменяли свежеприготовленными. Освещение менялось с естественным ходом дня и ночи. Моллюски питались листьями одуванчика.

5. Мониторинг состояния водных экосистем был проведен на 324 легочных пресноводных моллюсках, разделенных на две группы: 162 особи *Lymnaea stagnalis* и 162 особи *Planorbarius corneus*. Моллюски собирались весной (апрель – май), летом (июль) и осенью (сентябрь–октябрь) из водоемов шести районов Витебской области (Витебский, Дубровенский, Бешенковичский, Ушачский, Шумилинский и Сенненский районы). В каждой исследовательской подгруппе содержалось по 9 моллюсков.

Результаты и их обсуждение

Воспроизведение инсулинорезистентности по Либеру – Де Карли является одной из наиболее распространенных экспериментальных моделей для воспроизведения ИР и неалкогольного стеатогепатита: высокая сбалансированность (за исключением жирового компонента) нутриентов, что обусловлено высокотехнологичным приготовлением диеты в промышленных условиях. Данная модель патогенетически более близка аналогичной патологии у человека. Выявлен положительный эффект ЭКДШ, который можно объяснить его антиоксидантными свойствами, поскольку известно, что в основе развития стеатогепатоза при ИР лежит активация процессов свободно-радикального окисления. Установлено, что содержание животных на ВЖД вызвало достоверное увеличение содержания ТБК-ПВ в печени на 35 % через 2 месяца диеты и на 96 % через 3 и снижение уровня восстановленного глутатиона на 57,7 и 77,5 %, соответственно (таблица 1).

Таблица 1. – Содержание ТБК-ПВ и восстановленного глутатиона в печени при моделировании ИР и применении ЭКДШ ($M \pm m$)

Группа животных (n = 9)	Показатель	
	ТБК – позитивные вещества, нмоль/г	Восстановленный глутатион, мкмоль/г
Контроль	20,1 ± 1,82	17,8 ± 1,32
ВЖД 2 месяца	28,3 ± 2,05 ¹	7,45 ± 0,74 ¹
ВЖД 3 месяца	39,5 ± 2,74 ¹	3,37 ± 0,51 ²
ВЖД 3 месяца + ЭКДШ 7 мкг/100 г	22,1 ± 1,51 ¹	8,11 ± 0,25 ²
ВЖД 3 месяца + ЭКДШ 70 мкг/100 г	18,35 ± 1,24 ¹	9,75 ± 0,14 ¹

Примечание – ¹ $p < 0,05$ по сравнению с контролем; ² $p < 0,05$ по сравнению с группой ВЖД 3 месяца.

При использовании экстракта в обеих дозах уровень ТБК-ПВ снижался до значений контрольных животных; уровень восстановленного глутатиона повышался на 35,5 и 20,8 % по сравнению со значениями у крыс, находившихся на ВЖД 3 месяца, но оставался сниженным по сравнению с контрольными животными.

Устаноўлена, што алиментарная гиперхолестеролемиа вызывае актывацыю свабодна-радикальнага окіслення, што доказываецца павелічэннем узрўня ТБК-ПВ в печені крыс в 1,3 раза и в 1,7 раза через 5 и 10 суток соответственно и снижением уровня восстановленного глутатиона в 1,4 и 1,5 раза соответственно (таблица 2).

Таблица 2. – Содержание ТБК-ПВ и восстановленного глутатиона в печени при моделировании алиментарной гиперхолестеролемиа и применении ЭКДШ ($M \pm m$)

Группа животных (n = 9)	Показатель	
	ТБК– позитивные вещества, нмоль/г	Восстановленный глутатион, мкмоль/г
Контроль	27,9 ± 2,13	18,2 ± 1,45
ХС 5 суток	35,8 ± 2,03 ¹	12,5 ± 1,20 ¹
ХС 5 суток + ЭКДШ 7 мкг/100	38,6 ± 3,07 ¹	19,3 ± 2,40 ²
ХС 5 суток + ЭКДШ 70 мкг/100	34,0 ± 2,23 ⁴	16,9 ± 0,83 ²
ХС 10 суток	48,0 ± 4,67 ¹	12,2 ± 0,90 ¹
ХС 10 суток + ЭКДШ 7 мкг/100	35,6 ± 2,66 ^{1,3}	16,5 ± 1,37 ³
ХС 10 суток + ЭКДШ 70 мкг/100	34,2 ± 3,09 ³	18,8 ± 1,72 ³

Примечание – ¹ $P < 0,05$ по сравнению с контролем; ² $P < 0,05$ по сравнению с группой ХС 5 суток; ³ $P < 0,05$ по сравнению с группой ХС 10 суток; ⁴ $P = 0,05–0,1$ по сравнению с контролем.

ЭКДШ не оказал выраженного влияния на содержание ТБК-ПВ в печени крыс, получавших ХС в течение 5 суток, но в дозе 70 мкг свободных аминокислот / 100 г массы тела при моделировании алиментарной гиперхолестеролемиа в течение 10 суток нормализовал уровень ТБК-ПВ до значений интактных животных. Уровень восстановленного глутатиона нормализовался до значений интактных животных при использовании обеих доз ЭКДШ при введении холестерина в течение 5 и 10 суток.

Для моделирования нарушения синтеза инсулина и инсулинорезистентности тканей чаще всего применяют экзогенные вещества, нарушающие функционирование инсулин-продуцирующих клеток или состояние инсулиновых рецепторов плазматических мембран клеток-мишеней. Считают, что наиболее адекватной моделью является введение животным стрептозотоцина – препарата, получаемого из бактерий *Streptomyces achromogenes*. После однократного введения стрептозотоцина наблюдают две фазы гипергликемии: первая в интервале 1–4 ч связана с уменьшением концентрации инсулина в плазме, а вторая развивается через 24–36 ч и характеризуется признаками, свойственными диабету [1–4].

При всех преимуществах моделирования сахарного диабета у млекопитающих имеется существенный недостаток, связанный с наличием системы замкнутого кровообращения, вследствие чего вводимый стрептозотин должен преодолевать гематоклеточный барьер и зависеть от нейрогуморальных механизмов регуляции кровообращения. В идеальном варианте модельная система должна включать клетки – продуценты инсулина, клетки – мишени для инсулина и биологическую жидкость, связывающую оба типа клеток. В эту трехкомпонентную систему следует вводить стрептозотин и в ней определять инсулин-зависимые метаболиты. Такая модель была создана путем введения легочным моллюскам стрептозотоцина. Это привело через сутки к повышению уровня гексоз в гемолимфе и развитию диабетоподобного состояния. Через 3 суток уровень гексоз в гемолимфе снижался [7; 21–23].

Устаноўлена, што стрептозотин павялічваў прыкладна ўдвое змест у гепато-панкреасе ТБК-ПВ. Препарат ЭКДШ перашчэраваў такім змяненням, верагодна, за счет мощной антиоксидантной системы (таблица 3).

Таблица 3. – Влияние стрептозотоцина и экстракта куколок дубового шелкопряда на содержание ТБК-ПВ и восстановленного глутатиона в гепатопанкреасе моллюсков ($M \pm m$)

Группа (n = 9)	ТБК – позитивные вещества, нмоль/г	Восстановленный глутатион, мкмоль/г
<i>Lymnaea stagnalis</i>		
Контроль	12,1 ± 1,15	3,23 ± 0,87
Буфер 1-е сут	10,1 ± 3,13	3,91 ± 0,61
Стрептозотоцин 1-е сут	31,3 ± 1,73 ^{1,2}	4,66 ± 0,19 ¹
ЭКДШ 1-е сут	11,8 ± 0,89 ³	3,03 ± 0,49 ³
ЭКДШ + стрептозотоцин 1-е сут	12,3 ± 0,67 ³	2,83 ± 0,59 ³
Буфер 2-е сут	12,9 ± 2,64	3,09 ± 0,40
Стрептозотоцин 2-е сут	38,4 ± 3,31 ^{1,2}	3,31 ± 0,72
ЭКДШ 2-е сут	14,5 ± 0,66 ³	3,37 ± 0,61
ЭКДШ + стрептозотоцин 2-е сут	13,5 ± 0,61 ³	3,21 ± 0,57
<i>Planorbarius corneus</i>		
Контроль	11,2 ± 0,91	4,65 ± 0,59
Буфер 1-е сут	9,9 ± 0,56	4,73 ± 0,61
Стрептозотоцин 1-е сут	19,2 ± 0,81 ^{1,2}	3,54 ± 0,65 ¹
ЭКДШ 1-е сут	9,4 ± 0,77 ³	4,61 ± 0,99
ЭКДШ + стрептозотоцин 1-е сут	11,1 ± 1,49 ³	4,06 ± 0,44
Буфер 2-е сут	11,4 ± 2,75	4,33 ± 1,08
Стрептозотоцин 2-е сут	47,5 ± 2,62 ^{1,2}	2,81 ± 0,57 ^{1,2}
ЭКДШ 2-е сут	10,0 ± 1,99 ³	4,63 ± 1,11 ³
ЭКДШ + стрептозотоцин 2-е сут	21,6 ± 1,71 ^{1,2,3}	3,81 ± 0,57 ^{1,3}

Примечание – ¹ $p < 0,05$ по сравнению с контролем, ² $p < 0,05$ по сравнению с соответствующим контролем, ³ $p < 0,05$ по сравнению с группой «стрептозотоцин».

Вклад восстановленного глутатиона в ингибирование окислительного стресса не так очевиден. Можно лишь отметить положительные изменения в содержании восстановленного глутатиона через 24 часа после введения стрептозотоцина у прудовиков и через 48 часов – у катушек. Однако выявлено, что стрептозотоцин у прудовиков вызывал повышение содержания восстановленного глутатиона через 24 ч, а у катушек – снижение содержания восстановленного глутатиона через 48 часов, что связано с различными механизмами транспорта кислорода у двух видов моллюсков.

Реакция живых организмов на факторы среды изучена не полностью. В результате различных видов человеческой деятельности в воздух и почву выбрасывается более 200 различных компонентов. Среди них обширную группу занимают тяжелые металлы, влияние которых на живые организмы в последнее время изучается на морфофизиологическом и биохимическом уровнях.

Результаты, представленные в таблице 4, показывают, что добавление сульфата меди (II) в раствор с пресноводными моллюсками даже в концентрации, не превышающей ПДК, приводит к активации процессов перекисного окисления липидов, что доказывается увеличением содержания ТБК-ПВ во всех экспериментальных группах. При концентрации сульфата меди (II) 0,01 мг/л содержание ТБК-ПВ в гепатопанкреасе прудовика увеличивается в 1,7 раза, 0,1 мг/л – в 3,2 раза, 1,0 мг/л – в 3,4 раза. Аналогичная дозозависимая реакция обнаружена у катушки роговой: содержание ТБК-ПВ при концентрациях 0,01 мг/л, 0,1 мг/л и 1,0 мг/л увеличивалось в 1,5, 2,2 и 2,9 раза соответственно.

Активация процесса перекисного окисления липидов при воздействии сульфата меди (II) сопровождалась изменением содержания восстановленного глутатиона. В гепатопанкреасе *Lymnaea stagnalis*, содержащихся в воде с концентрацией сульфата меди (II)

0,1 мг/л, уровень восстановленного глутатиона снижался на 34,2 %, при концентрации сульфата меди 1,0 мг/л – на 46,1 % по сравнению с контрольной группой (таблица 4).

Аналогичные изменения отмечены в гепатопанкреасе *Planorbarius corneus*: истощение запасов глутатиона при концентрации сульфата меди 0,1 мг/л – на 32,3 %, при концентрации 1,0 мг/л – на 40 %.

Таблица 4. – Влияние сульфата меди (II) на содержание ТБК-ПВ и восстановленного глутатиона в гепатопанкреасе *Lymnaea stagnalis* и *Planorbarius corneus* ($M \pm m$)

Группа (n = 9)	ТБК – позитивные вещества, нмоль/г	Восстановленный глутатион, мкмоль/г
<i>Lymnaea stagnalis</i>		
Контроль	8,81 ± 0,45	4,79 ± 0,15
CuSO ₄ , 0,01 мг/л	15,2 ± 0,16 ¹	4,11 ± 0,19
CuSO ₄ , 0,1 мг/л	27,8 ± 0,57 ¹	3,36 ± 0,20 ¹
CuSO ₄ , 1,0 мг/л	29,8 ± 1,35 ¹	2,81 ± 0,19 ¹
<i>Planorbarius corneus</i>		
Контроль	13,1 ± 0,88	4,43 ± 0,18
CuSO ₄ , 0,01 мг/л	20,2 ± 2,18	3,85 ± 0,17
CuSO ₄ , 0,1 мг/л	28,3 ± 1,88 ¹	2,97 ± 0,23 ¹
CuSO ₄ , 1,0 мг/л	38,0 ± 1,97 ¹	2,84 ± 0,15 ¹

Примечание – ¹p < 0,05 по сравнению с контролем.

Антропогенная нагрузка оказывает неблагоприятное воздействие на процесс функционирования водных экосистем. Пресноводные моллюски являются важнейшей составляющей большинства водных биоценозов и применяются для биоиндикации загрязнения окружающей среды. Большая численность и широкая распространенность, легкость сбора и идентификации, короткий жизненный цикл, высокая чувствительность к загрязнению позволяют использовать легочных пресноводных моллюсков в практике пассивного и активного биомониторинга.

Содержание ТБК-ПВ имеет сезонный характер изменения. Установлено, что наибольшее содержание данного показателя фиксируется в весенний период, наименьшие значения – в летний период сбора моллюсков. Полученные изменения в концентрации ТБК-ПВ имеют однотипный характер во всех исследуемых районах сбора моллюсков: самое высокое значение – в весенний период, среднее значение – в осенний период, наименьшее значение – в летний период (таблица 5).

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышено содержание ТБК-ПВ в весенний период в 1,8 раза Витебский район, в 2,3 раза – в Дубровенском, Шумилинском и Сенненском районах, в 1,3 раза в Бешенковичском и Ушачском районах. По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышено содержание ТБК-ПВ в осенний период в 1,2 раза в Витебском, Бешенковичском и Ушачском районах, в 1,5 раза – в Дубровенском, Шумилинском и Сенненском районах. По сравнению с осенним периодом сбора содержание ТБК-ПВ в гепатопанкреасе катушки роговой с весенним периодом статистически значимые отличия получены в 1,5 раза в Витебском и Шумилинском районах, в 1,3 раза – в Дубровенском и Сенненском районах.

При сравнении данного показателя между районами выявлено, что наибольшие значения и их варьирование отмечены у моллюсков, собранных в Витебском, Шумилинском и Сенненском районах. При сравнении показателя у моллюсков из проточного водоема (р. Витьба, Витебский р-н) и стоячей воды (озера всех остальных районов) отмечаются более высокие значения для моллюсков, обитающих в проточной воде (таблица 5).

Таблица 5. – Содержание ТБК-ПВ в гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* и *Lymnaea stagnalis* ($M \pm m$), нмоль/г

Территория сбора моллюсков	Сезон		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
<i>Planorbarius corneus</i>			
Витебский р-н	8,04 ± 0,55 ^{1,2}	4,36 ± 0,25	5,24 ± 0,33 ¹
Дубровенский р-н	5,98 ± 0,36 ^{1,2}	2,67 ± 0,24	4,54 ± 0,17 ¹
Бешенковичский р-н	5,13 ± 0,61 ¹	3,68 ± 0,31	4,53 ± 0,45 ¹
Ушачский р-н	5,77 ± 0,42 ¹	4,49 ± 0,29	5,58 ± 0,64 ¹
Шумилинский р-н	7,93 ± 0,42 ^{1,2}	3,34 ± 0,30	5,08 ± 0,78 ¹
Сенненский р-н	5,84 ± 0,34 ^{1,2}	2,78 ± 0,21	4,11 ± 0,23 ¹
<i>Lymnaea stagnalis</i>			
Витебский р-н	9,32 ± 0,47 ^{1,2}	3,56 ± 0,24	5,18 ± 0,26 ¹
Дубровенский р-н	5,34 ± 0,21 ¹	2,67 ± 0,18	4,22 ± 0,34 ¹
Бешенковичский р-н	5,77 ± 0,36 ¹	3,36 ± 0,45	5,74 ± 0,23 ¹
Ушачский р-н	7,42 ± 0,35 ^{1,2}	3,83 ± 0,50	5,37 ± 0,41 ¹
Шумилинский р-н	9,21 ± 0,55 ^{1,2}	3,42 ± 0,26	5,30 ± 0,38 ¹
Сенненский р-н	5,86 ± 0,28 ¹	2,87 ± 0,27	4,32 ± 0,26 ¹

Примечание – ¹p < 0,05 по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; ²p < 0,05 по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

По сравнению с летним периодом сбора в гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* повышено содержание восстановленного глутатиона в весенний период в 1,5 раза во всех исследуемых районах. По сравнению с летним периодом сбора отмечено повышение содержания восстановленного глутатиона в осенний период в 1,3 раза во всех исследуемых районах. По сравнению с осенним периодом содержание восстановленного глутатиона в гепатопанкреасе с весенним периодом статистически значимые отличия получены в 1,2 раза в Витебском, Дубровенском, Ушачском, Шумилинском и Сенненском районах (таблица 6).

Таблица 6. – Содержание восстановленного глутатиона в гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* и *Lymnaea stagnalis* ($M \pm m$), мкмоль/г

Территория сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
<i>Planorbarius corneus</i>			
Витебский р-н	11,43 ± 0,15 ^{1,2}	7,22 ± 0,08	8,94 ± 0,07 ¹
Дубровенский р-н	10,56 ± 0,06 ^{1,2}	7,04 ± 0,04	9,16 ± 0,13 ¹
Бешенковичский р-н	10,18 ± 0,24 ^{1,2}	7,02 ± 0,07	9,56 ± 0,12 ¹
Ушачский р-н	10,61 ± 0,21 ^{1,2}	7,18 ± 0,04	9,01 ± 0,11 ¹
Шумилинский р-н	10,76 ± 0,04 ^{1,2}	7,14 ± 0,06	8,87 ± 0,09 ¹
Сенненский р-н	10,58 ± 0,06 ^{1,2}	6,87 ± 0,03	8,92 ± 0,05 ¹
<i>Lymnaea stagnalis</i>			
Витебский р-н	11,64 ± 0,13 ^{1,2}	8,04 ± 0,05	9,12 ± 0,08 ¹
Дубровенский р-н	10,12 ± 0,16 ^{1,2}	7,56 ± 0,17	9,26 ± 0,06 ¹
Бешенковичский р-н	10,06 ± 0,06 ^{1,2}	7,47 ± 0,19	9,09 ± 0,05 ¹
Ушачский р-н	11,23 ± 0,03 ^{1,2}	8,16 ± 0,23	9,36 ± 0,06 ¹
Шумилинский р-н	10,32 ± 0,23 ^{1,2}	8,34 ± 0,16	9,18 ± 0,05 ¹
Сенненский р-н	10,48 ± 0,08 ^{1,2}	7,32 ± 0,07	8,78 ± 0,13 ¹

Примечание – ¹p < 0,05 по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; ²p < 0,05 по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

В летний период сбора у *Lymnaea stagnalis* содержание восстановленного глутатиона в 1,3 раза меньше, чем весной и осенью. Самое большое значение зафиксировано в Ушачском и Бешенковичском районах, это в 1,3 раз больше, чем в Шумилинском районе весной (таблица 6).

Установлено, что содержание восстановленного глутатиона в летнее время имеет самые низкие показатели, т. к. в это время степень неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды минимальна. Показатели в весеннее и осеннее время превышают в 1,5 раза значения в летнее время сбора. Однако весной вследствие низкой температуры и недостатка пищи моллюски испытывают стресс и значение показателей выше, чем в осеннее время сбора.

Для сопоставления данных по изучаемым показателям у крыс и моллюсков была составлена таблица значений по контрольным группам животных (таблица 7). Установлено, что значение исследуемых показателей между крысами и моллюсками являются сопоставимыми по числу и отличаются в среднем от 2,1 до 5,6 раза. Данные отличия связаны с особенностями метаболизма различных видов животных. Изменения содержания показателей у контрольных групп моллюсков связано с условиями окружающей среды и варьирует в пределах 2,6–2,8 раза между экспериментальными моделями.

Таблица 7. – Содержание ТБК-позитивных веществ и восстановленного глутатиона у контрольных групп экспериментальных животных ($M \pm m$)

Модель	Показатель	
	ТБК-ПВ, нмоль/г	ГSH, мкмоль/г
Инсулинорезистентность крысы	20,1 ± 1,82	17,8 ± 1,32
Гиперхолестеролемиа крысы	27,9 ± 2,13	18,2 ± 1,45
Гипергликемия <i>Planorbarius corneus</i>	11,2 ± 0,91	4,65 ± 0,59
Гипергликемия <i>Lymnaea stagnalis</i>	12,1 ± 1,15	3,23 ± 0,87
Влияние Cu ²⁺ <i>Planorbarius corneus</i>	13,1 ± 2,63	4,43 ± 0,53
Влияние Cu ²⁺ <i>Lymnaea stagnalis</i>	8,81 ± 1,34	4,79 ± 0,44
Мониторинг загрязнения водоемов (<i>Planorbarius corneus</i>)	5,24 ± 0,33 ¹	9,16 ± 0,13 ¹
Мониторинг загрязнения водоемов (<i>Lymnaea stagnalis</i>)	5,18 ± 0,26 ¹	9,12 ± 0,08 ¹

Примечание – Моллюски собраны в осень (сентябрь–октябрь) в оз. Вордовье в районе д. Ляды Дубровенского района Витебской области.

Заключение

При моделировании инсулинорезистентности и применении экстракта куколок дубового шелкопряда установлено, что содержание крыс на высокожировой диете приводит к развитию инсулинорезистентности, степень выраженности которой зависит от продолжительности диеты. В этой модели обнаружен антиоксидантный эффект экстракта куколок дубового шелкопряда, характеризующийся нормализацией уровня ТБК – реагирующих субстанций и увеличением уровня восстановленного глутатиона в печени.

При алиментарной гиперхолестеролемии выявлены метаболические нарушения, характерные для инсулинорезистентности. Алиментарная гиперхолестеролемиа сопровождается развитием окислительного стресса, что доказывается увеличением содержания ТБК– позитивных веществ и снижением содержания восстановленного глутатиона в печени. Экстракт куколок дубового шелкопряда проявляет в этих условиях антиоксидантное и гипогликемическое действия.

Проведенные исследования показали, что стрептозотоциновая модель сахарного диабета 1 типа у легочных пресноводных улиток является доступной и дешевой. В относительно простой системе незамкнутого кровообращения достигается прямой эффект

взаимодействия компонентов гемолимфы с клетками тканей. Используя эту модель, удалось испытать антидиабетогенное действие экстракта куколок дубового шелкопряда.

Установлено, что ионы меди в концентрации 0,01–1,0 мг/л дозозависимо увеличивают содержание ТБК-положительных веществ в гепатопанкреасе *Lymnaea stagnalis* и *Planorbis corneus*. Воздействие ионов меди вызывает истощение запасов восстановленного глутатиона при концентрации сульфата меди 0,1 и 1,0 мг/л в гепатопанкреасе большого прудовика на 34,2–46,1 %, катушки роговой на – 32,2–40 %.

При исследовании моллюсков, обитающих в разных водоемах, выявлено: уровни ТБК-положительных веществ в гепатопанкреасе моллюсков изменяются однотипно во всех исследуемых водоемах (самые низкие значения летом, весенние значения превышают летний уровень примерно в 2 раза, а осенние – в среднем в 1,5 раза). Содержание ТБК – положительных веществ оказалось более высоким в проточных водоемах. Достоверных различий в сезонной динамике ТБК-ПВ у обоих видов моллюсков не выявлено. Содержание восстановленного глутатиона в гепатопанкреасе моллюсков изменялось аналогично, но с меньшими различиями в сезонной динамике: весной уровень показателя превышал летний уровень в среднем в 1,5 раза, а осенью – в 1,25 раза. В водоемах Ушачского и Бешенковичского районов также выявлено наиболее высокое содержание восстановленного глутатиона весной.

Таким образом, экспериментальные модели на моллюсках являются альтернативными моделями и целесообразны по экономическим и этическим соображениям. Сходный обмен веществ моллюсков и позвоночных животных позволяет их использовать в модельном эксперименте и мониторинге окружающей среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yilmaz, O. Method reduced (GSH) and oxidized (GSSG) glutathione concentration in animal tissue / O. Yilmaz // J. Animal Vet. Adv. – 2009. – Vol. 8. – P. 343–347.
2. Чиркин, А. А. Биохимия филогенеза и онтогенеза / А. А. Чиркин, Е. О. Данченко, С. Б. Бокуть. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2012. – 288 с.
3. Меньщикова, Е. Б. Биохимия окислительного стресса. Оксиданты и антиоксиданты в организме / Е. Б. Меньщикова, Н. К. Зенков, С. М. Шергин // Успехи биол. химии. – 1990. – Т. 31. – С. 180–208.
4. Осипов, А. Н. Активированные формы кислорода и их роль в организме / А. Н. Осипов, О. А. Азизова, Ю. А. Владимиров // Успехи биол. химии. – 1990. – Т. 31. – С. 180–208.
5. Чадаев, В. Е. Модельные объекты в медицине и ветеринарии / В. Е. Чадаев // Вісн. проблем біології і медицини. – 2012. – Вип. 3, т. 2 (95). – С. 140–145.
6. Шевцова, С. Н. Влияние сульфата меди на рост, выживаемость и уровень экспрессии металлотioneинов у пресноводного моллюска *Lymnaea stagnalis* / С. Н. Шевцова, А. С. Бабенко, С. Е. Дромашко // Тр. БГУ. – 2011. – Т. 6, ч. 1. – С. 152–162.
7. Дромашко, С. Е. Биотестирование – составной элемент оценки состояния окружающей среды : учеб.-метод. пособие / С. Е. Дромашко, С. Н. Шевцова. – Минск : ИПНК, 2012. – 82 с.
8. Detailed review paper (DRP) on molluscs life-cycle toxicity testing Environment Directorate // Series on Testing and Assessment. – Paris : OECD Environment, Health and Safety Publications. – 2010. – № 121. – 182 p.
9. Sedlak, K. J. Estimation of total proteinbound and nonprotein sulfhydryl group in tissues with Ellmans reagent / K. J. Sedlak, R. Lindsay // Analit. Biochem. – 1968. – Vol. 25. – P. 192–205.

10. Стальная, И. Д. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты / И. Д. Стальная, Е. Г. Гаришвили // *Современные методы в биохимии.* – М. : Медицина, 1977. – С. 66–68.
11. Uchiyama, M. Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid test / M. Uchiyama, M. Mihara // *Analit. Biochem.* – 1987. – Vol. 86. – P. 271–278.
12. Beutler, E. Red cell metabolism a manual of biochemical methods / E. Beutler. – Orlando : Grune & Stratton, 1990. – P. 131–134.
13. Толкачева, Т. А. Гистологиз: теория и практика: монография / Т. А. Толкачева. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2015. – 136 с.
14. Балаева-Тихомирова, О. М. Гормонально-метаболические взаимосвязи при развитии синдрома инсулинорезистентности / О. М. Балаева-Тихомирова. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2013 – 176 с.
15. Лабораторные животные. Разведение, содержание, использование в эксперименте / И. П. Западнюк [и др.]. – Киев : Виш. шк., 1983. – 381 с.
16. Model of nonalcoholic steatohepatitis / C. S. Lieber [et al.] // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2004. – Vol. 79. – P. 502–509.
17. Способ получения лечебного экстракта : а. с. СССР 178439 А1 / В. А. Трокоз [и др.] ; патент Украины 1696. – 1997.
18. Radiation-induced thyroid carcinogenesis as a function of time and dietary iodine supply: an in vivo model of tumorigenesis in the rat / C. Boltze [et al.] // *Endocrinology.* – 2002. – Vol. 143, № 7. – P. 2584–2592.
19. Jowsufzal, S. Y. 3-Hydroxy-3-Methylglutaric Acid and Experimental Atherosclerosis in Rats / S. Y. Jowsufzal, M. Siddigi // *Experientia.* – 1976. – Vol. 8. – P. 1033–1034.
20. Стрептозотоциновая модель сахарного диабета у моллюска *Anodonta cygnea* / Л. А. Кузнецова [и др.] // *Журн. эволюц. биохимии и физиологии.* – 2007. – Т. 43, № 6. – С. 460–467.
21. Можейко, Л. А. Экспериментальные модели для изучения сахарного диабета / Л. А. Можейко // *Журн. ГрГМУ.* – 2013. – № 4. – С. 5–10.
22. Можейко, Л. А. Механизмы воздействия аллоксана и стрептозотоцина на В-клетки поджелудочной железы при моделировании сахарного диабета у экспериментальных животных / Л. А. Можейко // *Новости медико-биол. наук.* – 2014. – Т. 10, № 3. – С. 128–133.
23. Гормонально-биохимические особенности аллоксановой и стрептозотоциновой моделей экспериментального диабета / Н. А. Пальчикова [и др.] // *Бюл. СО РАМН.* – 2013. – Т. 33, № 6. – С. 18–24.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 10.12.2019

Balaeva-Tikhomirova O. M., Katsnelson E. I., Volodko A. S. Some Indicators of Free Radical Oxidation in Model Test Organisms on the Example of Use of Rats and Pulmonary Mollusks

One of the current problems of laboratory diagnostics remains the search for alternative living organisms to rats, which allow for the diagnosis of oxidative stress and systematic monitoring and screening of the state of the antioxidant system and the level of free radical oxidation in the body. The mollusk experimental models are feasible for economic and ethical reasons. A similar metabolism of mollusks and invertebrates allows them to be used in a model experiment and environmental monitoring. The main characteristics of mollusks as test objects widely used in biomonitoring and bioindication are high sensitivity to contaminants and xenobiotics, wide distribution, ease of collection and identification, short life cycle. The article compares the parameters of the antioxidant system of pulmonary freshwater mollusks and rats in the experiment.

УДК 599.742.11

В. Е. Гайдук¹, Е. С. Блоцкая²¹д-р биол. наук, проф. кафедры зоологии и генетики

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

²канд. биол. наук, доц. каф. анатомии, физиологии и безопасности человека

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

e-mail: 2iva.abramova@gmail.com**БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ПИТАНИЕ
И ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ЛЕСНОГО ХОРЯ (*MUSTELA PUTORIUS L.*)
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ**

На основании многолетних (1964–2018) полевых исследований лесного хоря в юго-западной и центральной Беларуси, литературных и статистических сведений приведены данные о биотопическом распределении, трофике, динамике численности и плотности популяций. За период исследований отмечено колебание численности лесного хоря, которые повторяются через 3–4 года.

Введение

Одним из актуальных вопросов в экологии животных является рациональное использование охотничьих животных. Успешное решение оптимизации эксплуатации популяций этой группы животных возможно только при обстоятельном изучении основных параметров их экологии. Лесной хорь является одним из видов охотничьей фауны Беларуси. Он является потребителем ряда ценных и редких видов животных; это эпизоотически опасный вид – распространитель чесотки, бешенства и чумы плотоядных животных. Все это обуславливает необходимость изучения экологии популяций лесного хоря в природных условиях Беларуси. В недалеком прошлом – в конце XX столетия – хорь среди пушных зверей (40 видов) относился к числу промысловых видов СССР наряду с белкой, ондатрой, соболем и песцом [1]. В 1977–1975 гг. заготовки шкурок упали до самых низких значений по сравнению с 1931–1935 гг., когда заготавливалось в среднем до 17 тыс. шкурок. Эту ситуацию автор объясняет сокращением численности вида под влиянием антропогенного фактора и оседанием шкурок хоря у охотников.

Материалы и методы

Исследования проводились в 1964–2018 гг. в Минской (Березинский и Борисовский р-ны) и Брестской (Брестский, Ивацевичский, Березовский, Малоритский и другие р-ны) областях. Биотопы в обоих регионах мозаичны и представлены различными насаждениями древесных пород и кустарников, чередующимися с полянами, лугами и полями. Лесистость территории составляла 30–50 %.

В основу работы положены зимние (декабрь – январь) учеты следов на постоянных маршрутах (около 800 км) с большим числом фиксированных ориентиров. При определении плотности населения зверей по данным маршрутного учета использовали методику С. Г. Приклонского [2] и Н. Н. Гракова [3], а также формулу А. Н. Формозова, дополненную С. Д. Перелишиным (1950):

$$Z = 1,57 s/dm,$$

где Z – число зверей на единицу площади (1 000 га); s – число пересеченных следов; d – протяженность суточного следа зверя, км; m – протяженность маршрута, десятках км.

Использовали статистические данные по численности и добыче лесного хоря Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Брестского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды,

в том числе опубликованные в сборнике «Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень». При изучении питания лесного хоря проанализировано 760 пищевых проб (экскременты и 30 желудков, а также остатки пищи в местах укрытий и убежищ), при этом применяли методы Г. А. Новикова [4]. Для мониторинга численности мелких млекопитающих применяли ловушки Геро, данные об отловах зверьков приведены в монографии [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Ареал лесного хоря охватывает лесные, лесостепные и часть степной зон большей части Европы, крайний северо-запад Африки [6]. Лесной хорь в Беларуси – обычный вид [7; 8].

Лесной хорь селится ($n = 180$) в долинах рек (15,0 %), по берегам рек, водохранилищ и рыбхозов (17,8 %); вблизи поселений человека (29,1 %), в поселениях человека (10,0 %), на вырубках и гарях (6,7 %), островных лесах среди полей и лугов (8,9 %), опушках леса (7,8 %) и других местообитаниях (4,7 %). Он избегает сплошных лесных массивов, предпочитает селиться вблизи поселений человека, на берегах водоемов и в долинах рек.

По данным тропления тридцати полных суточных ходов лесного хоря в 18 случаях (60,0 %) они возвращались на дневку в те же укрытия, которые были в предшествующие сутки, длина охотничьего хода варьировала от 0,3 до 7,0 км (в среднем – 3,9 км). Площадь индивидуального участка ($n = 18$) в снежный период года колебалась от 12 до 200 га, в среднем $90 \pm 1,8$ га. Длина суточного охотничьего хода и площадь индивидуального участка зависела от обилия корма и защитных условий биотопа. При высокой плотности зверьков индивидуальный участок различных особей соприкасался или частично перекрывался, при низкой плотности они разделены. Сходный характер освоения зверьками биотопа отмечен на Северо-Западе СССР [9].

Хорьки для гнезд ($n = 90$) и временных убежищ ($n = 118$) используют различные укрытия. Места расположения гнезд у хоря относительно постоянные. Временные убежища зверьки используют обычно во время охоты. Гнезда имеют шаровидную форму, строят из сухих травянистых растений, кусочков шкурок и шерсти мелких млекопитающих, в основном мелких грызунов и перьев птиц. Внешний диаметр гнезд в среднем равен $32,5 \pm 0,4$ см, внутренний – $23,0 \pm 0,1$ см. Гнезда хорьки располагают в различных укрытиях (таблица 1). Чаще всего хорьки для устройства гнезд выбирают постройки человека. Это объясняется хорошими защитными свойствами этих убежищ и наличием обильных кормов синантропных мелких млекопитающих [5].

Таблица 1. – Расположение гнездовых жилищ ($n = 90$) лесного хоря в укрытиях

Укрытия	Количество	%
Норы на берегах водоемов	14	15,5
Пустоты под корнями деревьев	19	21,1
Постройки человека	26	28,9
Стога и скирды	6	6,7
Кучи хвороста и бурелома	7	7,8
Под мостами рек и ручьев	3	3,3
Груды камней	5	5,6
Дупла поваленных деревьев	6	6,7
Штабеля дров и поленицы	4	4,4

Суточная активность лесного хоря. Зверьки охотятся преимущественно в ночное время. Днем они обычно отдыхают в различных укрытиях, однако при недостатке

корма могут охотиться днем. Суточная активность хорька зависит от погодных условий. Зимой в морозные дни ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) и метели зверьки ($n = 18$) не покидают своих убежищ. Лесной хорь хорошо плавает и ныряет, что позволяет им добывать рыбу и лягушек, легко лазает по деревьям.

Трофика. Состав пищи лесного хоря сильно варьирует в различных частях ареала, по годам и сезонам, а также по биотопам в зависимости от обилия и доступности того или иного корма [6–9] (таблица 2). Основу кормового рациона хоря составляют млекопитающие (обыкновенная и рыжая полевки, желтогорлая и полевая мыши, зайцы и др.), на долю которых в бесснежный период года приходится 58,0 % из исследованных проб, а в снежный период – 68,1 % (таблица 2). Затем идут птицы, участие которых в первый период составляет 18,9 %, во второй – 16,1 %. Среди птиц доминируют воробьинообразные – 8,5 и 3,4 % и домашние птицы – 8,4 и 9,5 %. Хорь добывает домашних птиц как в бесснежный, так и в снежный период года (таблица 2). Определенную долю в трофике занимает падаль диких млекопитающих (дикий кабан, лось, косуля, бобр) и домашних животных (крупнорогатый скот, овцы, собаки) (3,2 и 23,6 %). В теплый период года хорьки добывают пресмыкающихся (ящерицы), земноводных и насекомых. Растительные корма не играют заметной роли в его рационе.

Таблица 2. – Состав кормов лесного хоря в отдельные сезоны года в юго-западной и центральной Беларуси, % от числа исследованных проб

Группы и виды кормов	Бесснежный период, $n = 80$	Снежный период, $n = 90$
Млекопитающие	58,0	68,1
зайцы	2,0	1,5
мыши (домовая и полевая)	5,4	4,4
рыжая полевка	6,4	12,7
полевки (серая, полевка-экономка, пашенная)	26,7	28,6
мышевидные грызуны (ближе не определены)	11,6	16,0
землеройки	4,6	3,1
крот	1,3	1,8
Птицы	18,9	16,1
курообразные (серая куропатка, перепел, тетерев)	2,0	3,2
воробьиные	8,5	3,4
домашние птицы	8,4	9,5
Амфибии (лягушки)	70,5	30,2
Рептилии (ящерицы и др.)	3,7	1,2
Рыбы	2,8	1,0
Насекомые	5,6	1,1
Падаль	3,2	23,6
Растительные корма	4,2	1,3

В [10] было показано, что в холодное время года в поселениях человека и их окрестностях основу кормового рациона лесного хоря составляют домашние птицы и их яйца (41,1 %), падаль домашних млекопитающих (39,9 %), синантропные виды птиц (12,1 %), затем идут синантропные грызуны (7,0 %). В теплое время года основу рациона также составляют домашние птицы и их яйца (40,2 %), мелкие млекопитающие (24,2 %) и амфибии (15,7 %).

Отметим, что всюду, где встречается лесной хорь, он питается в основном мышевидными грызунами [6]. Первое место среди них занимают серые полевки (18,5–26,8 %).

Рыжие полевки встречаются значительно реже (4,4–5,5 %). Большое значение в кормовом рационе хорьков, особенно зимой, имеют амфибии (травяная лягушка и зеленая жаба), третье место занимают птицы (8,0–16,0 % встречаемости), в том числе домашние куры и голуби, перепел, серая куропатка, тетерев и различные мелкие птицы.

Размножение. К размножению зверьки приступают во второй половине февраля. Гон происходит в марте – апреле. В это время увеличивается подвижность самцов и их суточный ход. Продолжительность беременности у самок составляет около 42 дней. Появление щенков ($n = 19$) регистрировали во второй половине апреля – мае. В выводках ($n = 24$) отмечалось 4–8 детенышей, в среднем 5,8.

Численность. Проблема динамики численности животных в последние десятилетия занимает ведущее место в экологических исследованиях [8; 11; 12]. Это обусловлено не только огромной практической значимостью этой проблемы, но и тем, что динамика численности отражает всю сумму реакций популяций на комплекс внешних и внутренних факторов. Мониторинг динамики популяции лесного хоря может быть индикатором экологического состояния окружающей среды, характера воздействия антропогенного фактора на экосистемы региона.

В Беларуси к охотничьим видам относится и лесной хорь. За многие столетия популяции лесного хоря в какой-то степени адаптировались к воздействию охоты. Это обстоятельство необходимо иметь в виду при оценке роли охоты в динамике численности и при разработке рациональной эксплуатации вида.

Данные о численности лесного хоря в Беларуси и регионе на конец XX в. приведены в монографии Б. П. Савицкого с соавт. [8] и В. Е. Гайдука с соавт. [11].

В Беларуси численность хоря не претерпевает значительных изменений. В среднем по региону подъемы и спады численности отмечены через 3–4 года. Строгой периодичности в колебаниях численности не выявлено. Численность хоря в последние годы снижается.

По данным зимнего маршрутного учета плотность особей лесного хорька на 1 000 га общей площади в долинах рек в различные годы значительно колебалась. Так, в Березинском р-не Минской области в долине р. Уша (д. Котово – д. Уша, протяженность маршрута 8 км, 12 учетов) она варьировала в пределах 0,7–1,6 экз., в среднем $1,2 \pm 0,4$; в Брестском р-не в долине р. Лесная (д. Тяхиничи, дачный поселок Леснянка, протяженность маршрута 6 км, 14 учетов) – 0,5–1,3 экз., в среднем $0,9 \pm 0,3$; в этом же районе в долине р. Зап. Буг (д. Орхово – д. Томашовка, протяженность маршрута 7 км, 8 учетов) – 0,8–2,1 экз., в среднем $1,6 \pm 1,2$; в Ивацевичском р-не в долине р. Гривда (д. Любищицы – д. Саневичи, протяженность маршрута 7 км, 8 учетов) – 0,6–1,9 экз., в среднем $1,3 \pm 0,4$. Эти данные близки к данным плотности лесного хорька в Псковской области России [9], где численность зверьков на 1 000 га площади в 1967–1973 гг. варьировала в пределах 1,17–1,57 экз., и данным соответствующих районов Беларуси [8].

Рассмотрим численность и среднегодовой выход шкурок лесного хоря в юго-западной и центральной части Беларуси. В шестнадцати районах Брестской области в 1955–1969 гг. на 1 000 га общей площади выход шкурок лесного хоря варьировал в пределах от $0,35 \pm 0,2$ (Ганцевичский р-н) до $1,30 \pm 0,27$ (Столинский р-н). Количество особей колебалось в пределах от $51,0 \pm 3,4$ в Ляховичском р-не до $348,0 \pm 7,2$ особи в Столинском р-не. В двадцати двух районах Минской области добыча хорьков варьировала в пределах от $0,41 \pm 0,07$ в Клецком р-не до $1,34 \pm 0,2$ особи в Минском р-не [13]. В 1975–1979 гг. в Брестской области динамика численности лесного хоря колебалась в пределах от 946 особей в 1980 г. до 2570 в 1991 г. Ежегодно добывалось в среднем 187 зверьков с вариациями 31–441, в отдельные годы (1995–1996) шкурки в заготпункты не поступали. Отношение добычи к их численности в этот период варьировало в пределах от 2,1 % в 1997 г. до 33,0 % в 1984 г. [11].

С 1990-х гг. плотность зверьков в юго-западной и центральной Беларуси на 1 000 га охотугодий в большинстве районов была менее 1 особи, только в ряде районов до 1,6–2,0, в некоторых – до 2,1 особи на ту же площадь [8]. Численность особей хоря в охотхозяйствах Брестской области в 2004–2008 гг., по данным Брестского областного управления статистики, была наименьшей в 2004 г. (1 220) и наибольшей (2 521) – в 2005 г.; добыча была наименьшей в 2005 г. (4,4 %), наибольшей – в 2007 г. (11,8 %). В 2006 г. шкурки в заготпункты не поступали. Отметим, что численность зверьков в охотугодьях Беларуси в 2014 г. составляла 13 669 особей, было добыто 13,7 % [14].

Лесной хорь – ценный пушной зверь. Кроме того, он приносит пользу истреблением вредных грызунов на полях и в поселениях человека. Вред, приносимый им домашним птицам, легко может быть сведен до минимума надлежащим устройством птичников.

Экологи и охотоведы пришли к выводу [15–18], что для нормального существования охотничьих зверей, в том числе и лесного хоря, с помощью целенаправленного рационального промысла можно в определенной степени управлять популяциями животных не только в интересах человека, но и самих популяций.

Заклучение

Лесной хорек в Беларуси и регионе является широко распространенным видом. Предпочитает селиться вблизи поселений человека, на берегах водоемов и в долинах рек.

Наибольшая активность хоря приходится на сумерки и ночное время суток во все сезоны года. Основу кормового рациона вида составляют млекопитающие (мелкие грызуны, зайцы и др.), на долю которых в бесснежный период приходится 58,0 % от исследованных проб, в снежный период – 68,1 % проб. На долю птиц приходится соответственно 18,9 и 16,1 % исследованных проб. Динамика численности хорька варьирует по годам, в последнее десятилетие с тенденцией снижения. Так, в охотхозяйствах Беларуси численность хорька оценивалась в 2014 г. в 13 669 особей. Доля изъятия зверей составлял в этот период 13,7 % [14].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шиляева, Л. М. Ресурсы основных видов пушных зверей в СССР и их использование / Л. М. Шиляева, Н. Н. Бакеев // Промысловая териология : сб. ст. – М. : Наука, 1982. – С. 5–27.
2. Приклонский, С. Г. Зимний маршрутный учет охотничьих животных / С. Г. Приклонский // Тр. Окского гос. заповедника. – 1973. – Вып. 9. – С. 35–62.
3. Граков, Н. Н. Учет лесной куницы, соболя и других наземных зверей семейства куньих / Н. Н. Граков // Тр. Окского гос. заповедника. – 1973. – Вып. 9. – С. 129–144.
4. Новиков, Г. А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных / Г. А. Новиков. – М. : Совет. наука, 1953. – 502 с.
5. Блоцкая, Е. С. Популяционная экология мелких млекопитающих юго-западной и центральной Беларуси / Е. С. Блоцкая, В. Е. Гайдук. – Брест : Изд-во БрГУ, 2004. – 187 с.
6. Млекопитающие Советского Союза : в 3 т. / В. Г. Гептнер [и др.]. – М. : Высш. шк., 1961–1976. – Т. 2, ч. 1. – 1967. – С. 318–393.
7. Сержанин, И. Н. Млекопитающие Белоруссии / И. Н. Сержанин. – Минск : Изд-во АН БССР, 1961. – 318 с.
8. Савицкий, Б. П. Млекопитающие Беларуси / Б. П. Савицкий, С. В. Кучмель, Л. Д. Бурко. – Минск : Изд. центр БГУ, 2005. – 319 с.
9. Данилов, П. И. Куньи Северо-Запада СССР / П. И. Данилов, И. Л. Туманов. – Л. : Наука, 1976. – 256 с.

10. Сидорович, В. Е. Куньи в Беларуси: эволюционная биология, демография и биоценологические связи / В. Е. Сидорович. – Минск : Золотой улей, 1997. – 263 с.
11. Биология промыслово-охотничьих наземных позвоночных Брестской области / В. Е. Гайдук [и др.]. – Брест, 1999. – 134 с.
12. Максимов, А. А. Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз / А. А. Максимов. – Новосибирск : Наука, 1984. – 250 с.
13. Сержанин, Ю. И. Географическое распространение и состояние естественных запасов охотничье-промысловых млекопитающих в Белорусской ССР / Ю. И. Сержанин. – Минск : Наука и техника, 1970. – 129 с.
14. Состояние природной среды Беларуси : экол. бюл. 2014 г. / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Минсктиппроект, 2015. – 324 с.
15. Павлов, Б. К. Управление популяциями охотничьих животных / Б. К. Павлов. – М. : Агропромиздат, 1989. – 144 с.
16. Глушков, В. М. Управление популяциями охотничьих животных / В. М. Глушков, Н. Н. Граков, И. С. Козловский. – Киров, 1999. – 211 с.
17. Гайдук, В. Е. Годовые и многолетние биоритмы млекопитающих Беларуси (на примере модельных охотничьих видов) : монография / В. Е. Гайдук. – Брест : Изд-во БрГУ, 2005. – 192 с.
18. Гуринович, А. Проблемы управления ресурсами охотничьей фауны в Беларуси, пути их решения / А. Гуринович // Актуальные проблемы зоологической науки в Беларуси : сб. ст. XI Зоол. Междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к десятилетию основания ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам». – Минск : Изд. А. Н. Вараксин, 2017. – С. 85–95.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 19.12.2019

Gaiduk V. E., Blockaja E. S. Biotopic Distribution, Trophic and Dynamic Quantity of the Polecat (MUSTELA PUTORIUS L.) in the Central and South-West of Belarus

On the basis of perennial (1964–2018) field studies of the polecat in the central and south-west of Belarus, literature and statistical data the authors presents of the dates about biotopic distribution, feeding and population dynamics and population density. During the study period were register 12 peaks of the number of polecats, which are repeated in 3–4 years.

УДК 581.821

С. Э. Кароза

канд. биол. наук, доц. каф. зоологии и генетики
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
e-mail: karoza01@yandex.by

**ВЛИЯНИЕ СТЕРОИДНЫХ ГЛИКОЗИДОВ НА НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ РОСТА
И УРОЖАЙНОСТЬ ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ
(*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.)
В ЛАБОРАТОРНЫХ И ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ (БРЕСТСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Изучено действие стероидных гликозидов (мелонгозида, сомелонгозида, никотианозида и рустикозида) на рост, развитие и урожайность гречихи посевной в Брестском районе в 2017 г. Установлено, что в лабораторных условиях разные препараты оказывали положительное и отрицательное влияние на энергию прорастания, всхожесть, высоту растений и длину корней гречихи посевной. Оптимальное время обработки семян гречихи в растворах стероидных гликозидов с концентрацией 10^{-7} % составило 3 часа. В полевых условиях обработка семян раствором мелонгозида в концентрации 10^{-7} % повышала всхожесть, массу, высоту растений и их продуктивность. Никотианозид в той же концентрации проявил отрицательное влияние на эти показатели.

Введение

Доля крупяных культур вместе с зерновыми и зернобобовыми в структуре посевных площадей Республики Беларусь постепенно уменьшается (в 2010 г. 46,1 %, в 2017 г. – 41,6 %), что объясняется разными причинами [1]. Их урожайность, особенно гречихи посевной, является нестабильной и изменяется в зависимости от многих факторов, прежде всего от погодных условий. Так, в 2017 г. валовый сбор был значительно ниже, чем в 2014 и 2015 гг., хотя и несколько выше, чем в 2016 [2]. Поэтому производство гречихи является малорентабельным, и белорусские производители зачастую не могут конкурировать с зарубежными, прежде всего российскими, хотя и у них ситуация с уменьшением посевных площадей аналогичная. Таким образом, проблема повышения конкурентоспособности производства гречихи является весьма актуальной, и решить ее можно только благодаря повышению стабильности роста и развития растений. Этому противодействуют в первую очередь неблагоприятные погодные условия, а также вредители растений. Повышение урожайности возможно благодаря созданию более благоприятных условий развития этой культуры за счет улучшения питания растений с помощью удобрений и защиты от вредителей с помощью пестицидов, но передозировка удобрений делает продукцию малоприспособленной для питания, а применение инсектицидов является опасным для других насекомых, прежде всего для перепончатокрылых, являющихся опылителями гречихи. Поэтому сейчас особенно активно развивается направление, основанное на стимуляции роста, развития и иммунитета растений, в том числе и сельскохозяйственных культур, с помощью биологически активных веществ, которые используются в очень малых дозах и поэтому не наносят ущерба окружающей среде. К таким веществам, влияющим на физиологические и биохимические процессы растений, относятся стероидные гликозиды. Стимулирующий и иммунизирующий эффект этих соединений интенсивно исследуется с 1980-х гг. [3].

Стероидные гликозиды – это низкомолекулярные соединения, которые продуцируются многими высшими растениями и в максимальном количестве накапливаются в корнях, клубнях и семенах. Из культурных растений для полупромышленного производства таких препаратов используют семена томатов, перцев и других культур. Поскольку они являются отходами пищевой промышленности, это снимает проблему сырья и делает их производство экономически выгодным [4]. Физиологическое дей-

стве этих соединений на живые организмы очень разнообразно. Выяснено, что они обладают гормоноподобной, антибактериальной, фунгицидной и рострегулирующей активностью [5]. В сравнительно высоких концентрациях они оказывают фунгицидное действие, но это свойство выражено у них слабее, чем у синтетических фунгицидов, поэтому применение их в этом качестве нецелесообразно [6]. Они могут применяться для защиты растений от патогенов, повышают всхожесть, скорость прорастания растений и их устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам [7]. Стероидные гликозиды выделяются из растительного сырья в лабораторных условиях как в виде индивидуальных соединений, так и в виде трудноразделимых смесей нескольких веществ, но они обладают достаточно высокой биологической активностью. Она изучалась на различных культурах, для некоторых препаратов получены патенты на применение для повышения устойчивости и урожайности растений, установлена гормоноподобная активность некоторых гликозидов [8]. Но включение стероидных гликозидов в технологию культивирования определенных культур и сортов в конкретных почвенно-климатических зонах требует проведения отдельных исследований.

Целью работы являлось определение в лабораторных и полевых условиях наиболее перспективных для повышения продуктивности гречихи посевной стероидных гликозидов путем оценки их рострегулирующей активности и влияния на урожайность и качество полученного посевного материала.

Материалы и методы исследования

Объектом для проведения исследования являлась гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench.) сорта «Александрина». Этот тетраплоидный сорт индетерминантного типа, районированный для всех шести областей Республики Беларусь, был включен в реестр сортов в 2006 г. (регистрационный номер 2003061, заявитель – РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию») [9]. Для него характерны хорошая дружность созревания плодов, высокая масса 1 000 плодов и их выровненность. Период вегетации составляет 90–95 дней. Высота растений в среднем 100–105 см. Зерно крупное, масса 1 000 плодов 37–44 г. Технологические качества высокие: выход крупы – 74 %, выход крупной фракции до – 99 %. Содержание белка в зерне – 14,1 %. Для сорта характерна большая стабильность урожайности благодаря снижению размаха ее изменчивости в зависимости от условий.

Предметом исследования являлось влияние стероидных гликозидов на рост, развитие и продуктивность гречихи посевной. Для этой цели использовали четыре фураностаноловых препарата: мелонгозид, сомелонгозид, никотианозид, рустикозид. Эти соединения были выделены сотрудниками лаборатории скрининга биологически активных веществ и экзогенной регуляции генома Института экологической генетики АН Молдовы из различных культурных растений. Сомелонгозид представляет собой сумму четырех стероидных гликозидов ряда фуростана и в сухом виде является порошком светло-коричневого цвета. Он негигроскопичен, нелетуч, легко растворяется в воде, этиловом и метиловом спиртах, но нерастворим в ацетоне, хлороформе и диэтиловом эфире. Мелонгозид – гликозид, выделенный из семян баклажан. Он содержит трудно-разделимую смесь гликозидов с одинаковым олигосахаридным фрагментом (два остатка D-глюкозы), но разными агликонами (тигогенин и диосгенин). Никотианозид и рустикозид также относятся к гликозидам ряда фуростана, выделенным из надземной части табака и махорки соответственно [4].

Препараты представляли собой кристаллические порошки белого или желтоватого цвета. Содержание основного вещества в них составляло не менее 95 %, что подтверждалось методами количественного анализа – фотометрическим и тонкослойной хроматографией. Из них готовили спиртовые маточные растворы в концентрации 10^{-2} %,

а затем путем поэтапного разбавления дистиллированной водой – растворы необходимых концентраций.

Методика проведения лабораторного эксперимента включала в себя определение показателей (энергия прорастания, всхожесть, высота проростков и длина корешков), характеризующих рост и развитие гречихи посевной. Проращивание семян производилось в рулонах фильтровальной бумаги в термостате согласно СТБ 1073–97 [10]. Предварительно для определения действующих доз производили их замачивание на 3 часа в растворах испытываемых соединений, т. к. это время было определено как оптимальное в ранее проведенных нами исследованиях на зерновых культурах [11; 12]. Кроме того, на такое же время производилась обработка в аналогичном эксперименте с использованием brassinosteroidов [13]. В лабораторном эксперименте использовали 4 концентрации с разницей на порядок: 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} и 10^{-8} %.

Полевой эксперимент проводили на опытном поле агробиологического Центра БрГУ имени А. С. Пушкина в вегетационный период 2017 г. Почва участка была легкая, дерново-подзолистая, pH = 7,1, содержание гумуса – 3,61 %, азота – $0,531 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$, фосфора – $0,067 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$. При весенней обработке вносили расчетную дозу удобрений. Посев был после достижения благоприятных температурных условий. Семена гречихи перед посевом замачивались в растворах исследуемых веществ в концентрации 10^{-7} % на 3 часа. В схему опыта были включены 20 участков с пятью вариантами (мелонгозид, сомелонгозид, никотианозид, рустикозид и контроль), распределенные рандомизировано [14]. Норма высева составляла 250 семян на 1 делянку площадью 1 м^2 , что соответствует норме высева при рядовом посеве для тетраплоидных сортов [15].

В процессе исследования оценивали влияние БС на полевую всхожесть, высоту проростка, длину корешка и массу растений. Для определения морфометрических показателей использовали 80 растений одного варианта – по 20 с каждой повторности. Позже определяли урожайность. Определение массы тысячи семян проводили по стандартной методике (СТБ 1123–98) [10].

Статистическая обработка результатов лабораторного и полевого экспериментов осуществлялась по стандартной методике с помощью составленных нами шаблонов таблиц Excel с определением степени достоверности по критерию Стьюдента [16].

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенные исследования по определению оптимальных концентраций стероидных гликозидов при предварительной обработке семян методом замачивания в их растворах на 3 часа показали неоднозначные результаты, сильно зависящие от концентрации (таблица). По отношению к энергии прорастания положительной активностью обладали сомелонгозид в концентрации 10^{-5} %, рустикозид в концентрации 10^{-6} % и мелонгозид в концентрации 10^{-8} %. При использовании остальных концентраций или не наблюдалось достоверных отличий от контроля, или же проявлялось подавляющее действие на этот показатель, особенно сильно выраженное у мелонгозида в концентрации 10^{-6} %. Положительное влияние на всхожесть семян гречихи оказал мелонгозид в концентрациях 10^{-5} , 10^{-7} и 10^{-8} %, рустикозид и сомелонгозид – 10^{-5} %. Подавляющее действие оказал сомелонгозид в концентрациях 10^{-6} и 10^{-8} %. Максимальное положительное действие на длину корешка было выражено у рустикозида и мелонгозида в концентрации 10^{-6} %. В то же время рустикозид и мелонгозид оказали сильное подавляющее действие в концентрации 10^{-5} %. На высоту проростка положительное влияние оказали сомелонгозид во всех используемых концентрациях и никотианозид во всех, за исключением 10^{-6} %. Подавляющее действие оказали мелонгозид и особенно рустикозид.

На основе анализа всех полученных данных и с учетом ранее осуществленных полевых исследований для проведения полевого эксперимента была отобрана одинаковая для всех соединений концентрация – 10^{-7} %, что дает возможность сравнения действия стероидных гликозидов как друг с другом, так и с брассиностероидами.

Таблица. – Влияние стероидных гликозидов на морфометрические показатели начальных этапов роста и развития гречихи посевной сорта Александрина

Концентрация, %	Энергия прорастания	Всхожесть	Длина корешка		Высота проростка	
	%		мм	% к контролю	мм	% к контролю
Мелонгозид						
Контроль	40,0 ± 0,8	55,0 ± 1,3	56,0 ± 1,8	100,0	107,7 ± 4,4	100,0
10^{-5}	33,0 ± 1,29	60,5 ± 2,22*	44,4 ± 2,06	79,3	105,6 ± 5,28	98,0
10^{-6}	32,0 ± 1,41	53,5 ± 1,7	66,5 ± 2,08***	118,8	100,4 ± 4,39	93,2
10^{-7}	37,0 ± 1,29*	56,0 ± 1,63	55,9 ± 1,58	99,8	100,9 ± 3,87	93,7
10^{-8}	40,5 ± 1,5	58,5 ± 1,26*	49,0 ± 2,06**	87,5	106,8 ± 5,29	99,2
Сомелонгозид						
Контроль	39,0 ± 1,9	60,0 ± 1,8	60,4 ± 2,4	100,0	103,3 ± 3,8	100,0
10^{-5}	41,0 ± 1,0	62,0 ± 1,63	59,4 ± 2,23	98,3	114,3 ± 2,05**	110,6
10^{-6}	32,5 ± 2,63	54,0 ± 2,16*	61,0 ± 2,38	101,0	108,4 ± 2,12	105,0
10^{-7}	35,5 ± 1,7	56,5 ± 1,5	61,0 ± 1,48	101,0	121,2 ± 4,51**	117,3
10^{-8}	34,5 ± 2,5	55,0 ± 2,65	69,2 ± 1,39***	114,6	114,4 ± 4,27*	110,7
Никотианозид						
Контроль	40,5 ± 1,5	62,5 ± 1,7	60,0 ± 1,8	100,0	114,6 ± 4,6	100,0
10^{-5}	36,3 ± 1,65*	62,0 ± 0,62	74,8 ± 6,5**	124,7	124,9 ± 9,52*	109,0
10^{-6}	40,3 ± 0,31	62,0 ± 0,75	70,8 ± 4,84**	118,0	104,7 ± 7,05*	91,37
10^{-7}	34,8 ± 0,48*	58,0 ± 0,55*	50,0 ± 5,29**	83,17	122,7 ± 8,62*	107,13
10^{-8}	38,8 ± 0,18	58,5 ± 0,18*	56,7 ± 4,57	94,5	122,9 ± 7,55*	107,24
Рустикозид						
Контроль	41,0 ± 1,29	61,5 ± 2,0	72,4 ± 2,8	100,0	112,0 ± 2,9	100,0
10^{-5}	38,0 ± 0,82	64,5 ± 0,96	43,0 ± 1,71***	59,4	101,0 ± 4,36*	90,0
10^{-6}	42,0 ± 1,41	63,0 ± 1,29	63,0 ± 1,69***	146,5	102,6 ± 3,64*	91,6
10^{-7}	37,5 ± 1,71*	60,0 ± 1,83	47,4 ± 1,69	65,5	101,3 ± 3,94*	90,4
10^{-8}	40,0 ± 2,18	60,5 ± 2,22	63,0 ± 2,04**	87,0	113,3 ± 4,44	101,2

Примечание – * – достоверно при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$; *** – при $P \leq 0,001$.

В полевом эксперименте результаты воздействия стероидных гликозидов на разные показатели также заметно отличались друг от друга. Во-первых, было отмечено более раннее (на 1 день) появление всходов на участках с обработкой мелонгозидом по сравнению с контролем, а обработка никотианозидом, наоборот, несколько замедлила прорастание гречихи. Анализ влияния исследуемых препаратов на полевую всхожесть гречихи показал, что она составила от 81,8 до 87,5 %, что в целом является хорошим показателем для гречихи. Максимальную положительную активность проявил мелонгозид, никотианозид незначительно ухудшил этот показатель, остальные препараты оказали очень слабое положительное влияние (рисунок 1). Из-за небольшой повторности

мелкоделяночного опыта разница между всеми результатами по критерию Стьюдента является недостоверной, поэтому можно говорить лишь о тенденции к повышению полевой всхожести для двух препаратов.

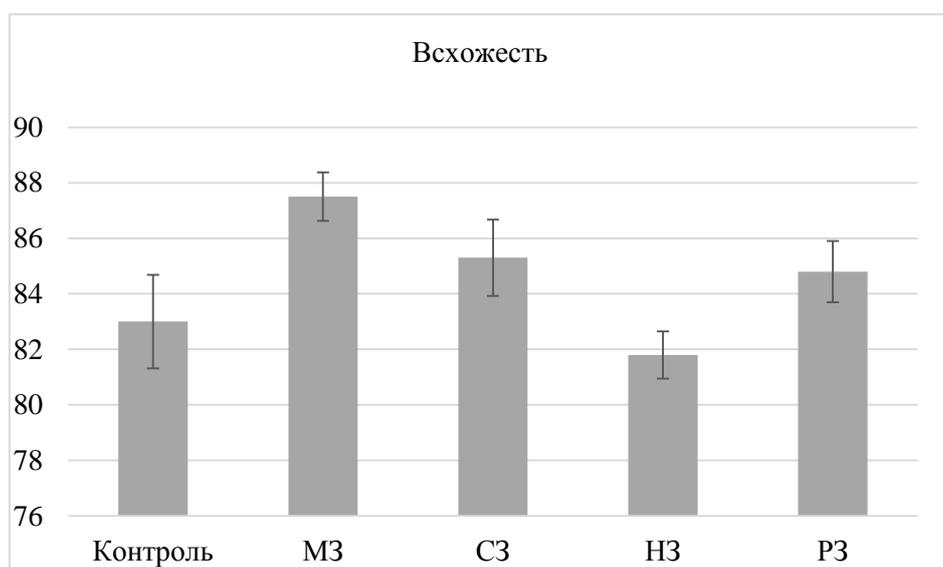


Рисунок 1. – Влияние стероидных гликозидов на полевую всхожесть, %

Статистический анализ данных по оценке влияния стероидных соединений на начальные этапы роста и развития гречихи показал, что в концентрации 10^{-7} % наибольшее ростстимулирующее действие из стероидных гликозидов проявил мелонгозид, который достоверно повышал по сравнению с контролем высоту растений и длину корешков (105,2 и 110,9 % соответственно). Результаты представлены на рисунках 2 и 3.

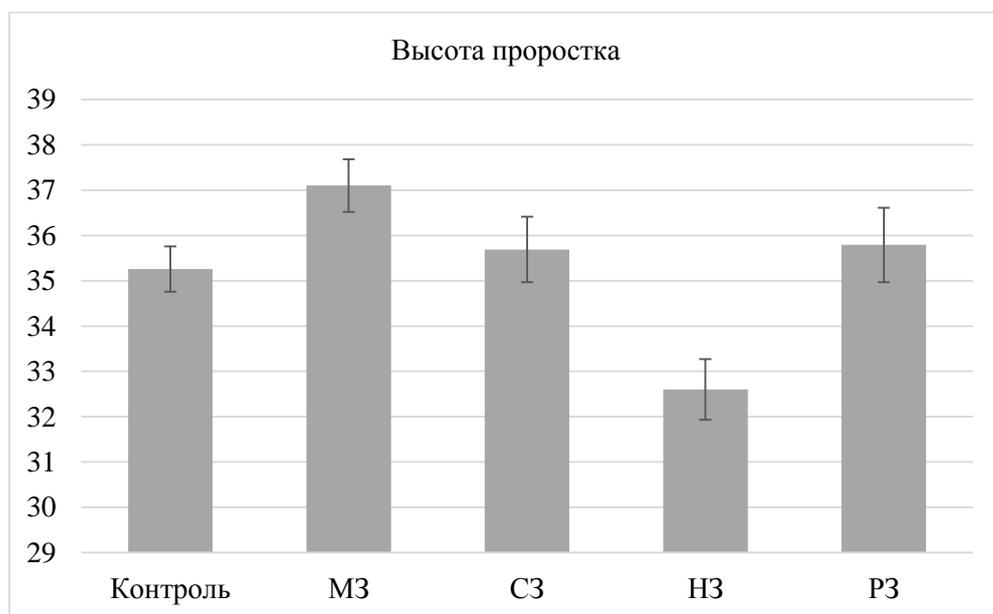


Рисунок 2. – Влияние стероидных гликозидов на высоту растений, см

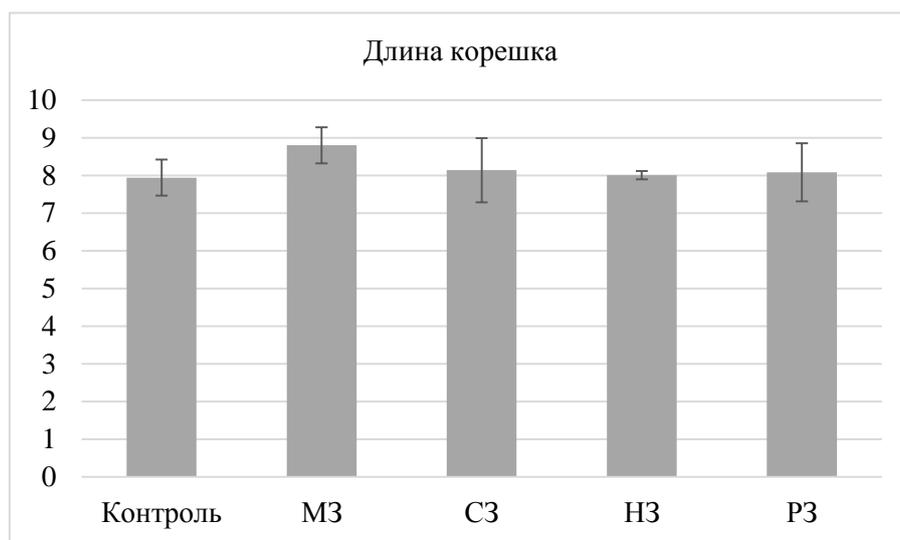


Рисунок 3. – Влияние стероидных гликозидов на длину корней, см

Более значительно с максимальной степенью достоверности он повлиял на среднюю массу растений (вместе с корневой системой), которая составила 130,8 % по сравнению с контролем (рисунок 4). Остальные стероидные гликозиды в данной концентрации не дали выраженного стимулирующего эффекта, а никотианозид оказал даже достоверное ингибирующее влияние как на высоту растений (92,5 % к контролю), так и на их массу (84,0 %), но практически не повлиял на длину корешков (101,7 %).

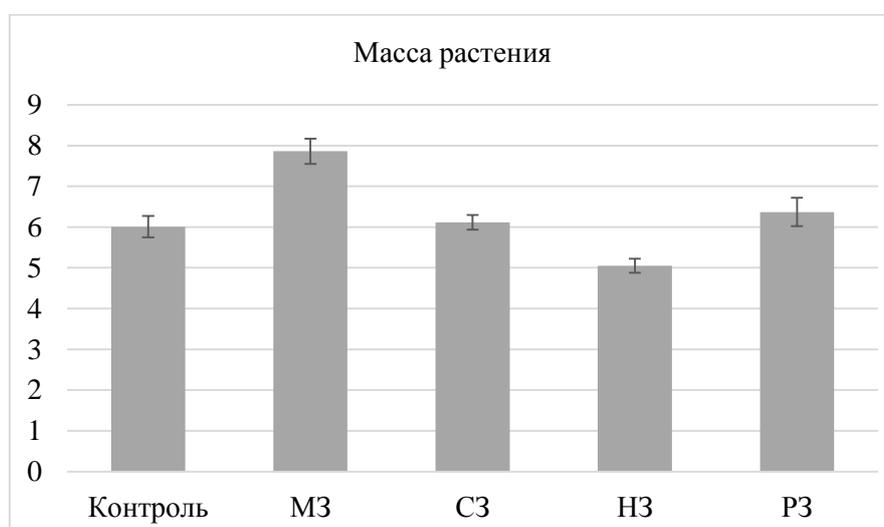


Рисунок 4. – Влияние стероидных гликозидов на массу растений, г

Анализ массы плодов растений с экспериментальных участков показал, что урожайность в целом была выше, чем в среднем по Беларуси, где, по данным ЦСУ, она не превышает 11,6 ц/га, но ниже, чем максимальная для данного сорта за годы испытания (32,7 ц/га). Статистический анализ данных показал, что в концентрации 10^{-7} % наибольшее стимулирующее действие на этот показатель из стероидных гликозидов проявил мелонгозид, который достоверно повышал урожайность на 27,6 % по сравнению с контролем (рисунок 5). Для варианта с обработкой сомелонгозидом было характерно увеличение урожайности на 10,9 %, а с никотианозидом, наоборот – понижение на 8,5 %, но разница в результатах недостоверна в связи с разбросом данных по повторностям.

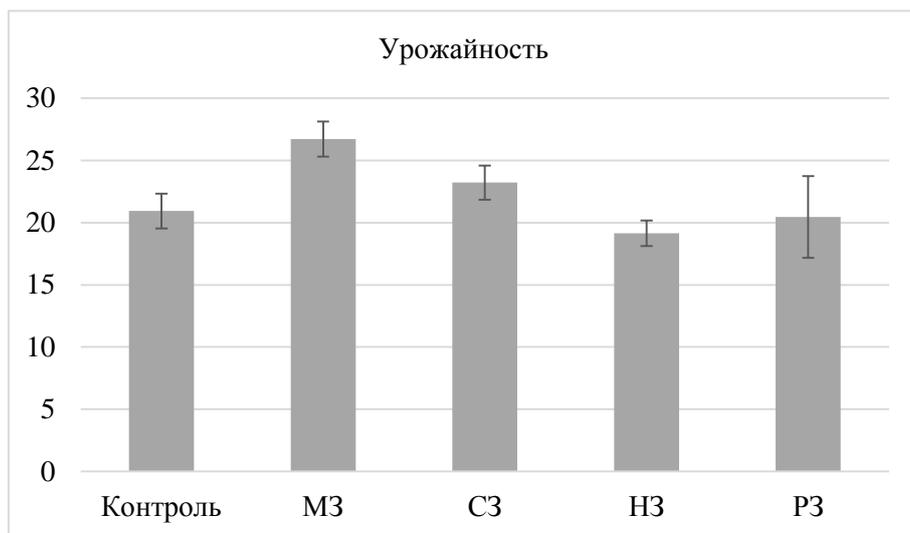


Рисунок 5. – Влияние стероидных гликозидов на урожайность, ц/га

Масса 1 000 плодов колебалась вокруг 35 г, что является вполне удовлетворительным. Мелонгозид, как и следовало ожидать из значения урожайности, достоверно повышал этот показатель на 4,9 %, а никотианозид также достоверно уменьшал на 4,4 %, несмотря на отсутствие достоверной разницы в урожайности в этом варианте (рисунок 6).

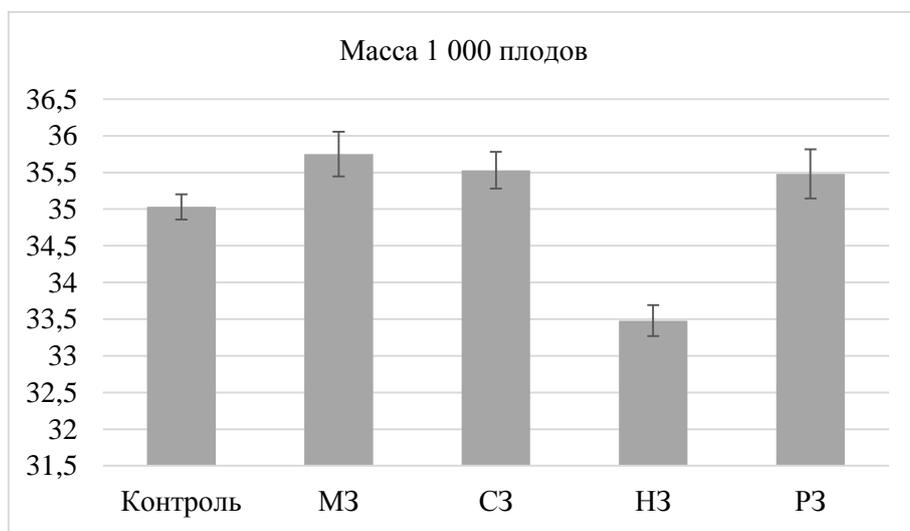


Рисунок 6. – Влияние стероидных гликозидов на массу 1 000 плодов, г

Заклучение

По комплексу морфометрических показателей для обработки семян гречихи посевной сорта «Александрина» методом замачивания в растворах стероидных гликозидов в лабораторных условиях оптимальной являлась концентрация 10^{-7} %.

В лабораторном эксперименте не был выявлен один наиболее перспективный стероидный гликозид, так как разные препараты оказывали определенное положительное влияние на различные показатели, характеризующие процессы роста и развития гречихи посевной.

В полевых условиях обработка мелонгозидом в концентрации 10^{-7} % оказала положительное влияние на процессы роста, развития и продуктивность гречихи посевной, а никотианозид в той же концентрации оказал противоположное влияние на эти показатели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Структура посевов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/graficheskii-material-grafiki-diagrammy-_3/struktura-posevov/. – Дата доступа: 10.02.2018.
2. Валовой сбор и урожайность зерновых и зернобобовых культур [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/graficheskii-material-grafiki-diagrammy-_3/valovoi-sbor-i-urozhainost-zernovyh-i-zernobobovyh-kultur/. – Дата доступа: 10.02.2018.
3. Физер, Л. Стероиды / Л. Физер, М. Физер. – М. : Мир, 1986. – 184 с.
4. Кинтя, П. К. Строение и биологическая активность стероидных гликозидов ряда спиростана и фуростана / П. К. Кинтя, Г. В. Лазурьевский. – Кишинев : Штиинца, 1987. – 144 с.
5. Степура, И. С. Анализ ауксино- и цитокининоподобной активности некоторых стероидных гликозидов и брассиностероидов / И. С. Степура // Природа, человек и экология : сб. материалов регион. студенч. науч.-практ. конф., Брест, 26 апр. 2012 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Л. Н. Усачева (гл. ред.) [и др.]. – Брест : БрГУ, 2012. – С. 64–65.
6. Кароза, С. Э. Регуляторные особенности действия стероидных гликозидов на устойчивость ячменя к грибной инфекции : автореф. дис. ... канд. биол. наук / С. Э. Кароза. – Минск, 1993. – 20 с.
7. Ковганко, Н. В. Стероиды: экологические функции / Н. В. Ковганко, А. А. Ахрем. – Минск : Наука і тэхніка, 1990. – 224 с.
8. Шуканов, В. П. Гормональная активность стероидных гликозидов растений / В. П. Шуканов, А. П. Вольнец, С. Н. Полянская. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 244 с.
9. Государственный реестр сортов Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sorttest.by/gosudarstvennyu-reyestr-sortov-2018>. – Дата доступа: 29.05.2018.
10. Семена зерновых культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия : СТБ 1073–97. – Введ. 01.10.97. – Минск, 1986. – 18 с.
11. Воробьева, О. С. Анализ влияния стероидных гликозидов и брассиностероидов на всхожесть, рост и урожайность ячменя и пшеницы / О. С. Воробьева, Ю. С. Себрукович // XV Респ. науч.-метод. конф. молодых ученых, Брест, 17 мая 2013 г. : сб. материалов : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. В. В. Здановича. – Брест : БрГУ, 2013. – С. 3–4.
12. Кароза, С. Э. Рострегулирующая активность стероидных гликозидов и брассиностероидов в лабораторном и полевом эксперименте / С. Э. Кароза // Проблемы оценки, мониторинга и сохранения биоразнообразия : материалы Респ. науч.-практ. экол. конф., Брест, 23 нояб. 2017 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Н. В. Шкуратова [и др.]. – Брест, 2017. – С. 216–220.
13. Кароза, С. Э. Влияние брассиностероидов на морфометрические показатели гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench.) в лабораторных и полевых условиях (Брестская область) / С. Э. Кароза // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2018. – № 2. – С. 37–43.

14. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1965. – 423 с.
15. Рекомендации по возделыванию гречихи на зерно в 2017 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mshp.gov.by/information/materials/zem/agriculture/a2a79-b4c2e716d60.html>. – Дата доступа: 10.03.2018.
16. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Ураджай, 1973. – 320 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 27.06.2019

Karoza S. E. Effect of Brassinosteroids on the Morphometric Parameters of Buckwheat (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* Moench.) in the Laboratory and Field Conditions (Brest Oblast)

The effect of steroid glycosides (melongoside, somelongoside, nicotyanoside and rusticoside) on the growth, development, and productivity of buckwheat in the Brest region in 2017 is determined. In laboratory conditions, various substances had a positive and negative effect on germination energy, germination, plant height and buckwheat root length sowing. The optimal treatment time for buckwheat seeds in solutions of brassinosteroids with a concentration of 10^{-7} % was 3 hours. In the field, the treatment of seeds with a solution of melongoside in a concentration of 10^{-7} % increased germination, mass, height of plants and their productivity. Nicotyanoside at the same concentration showed a negative effect on these indicators.

УДК 612.176

Н. К. Саваневский¹, Г. Е. Хомич²

^{1,2}канд. биол. наук, доц. каф. анатомии, физиологии и безопасности человека
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
e-mail: medicine@brsu.brest.by

СОСУДОДВИГАТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПРИ НАХОЖДЕНИИ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА В АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛОЖЕНИИ

Импедансометрическим методом у девушек при постуральных воздействиях определялся тонус мелких кровеносных сосудов ног по амплитуде револвны большого пальца ноги и тонус крупных кровеносных сосудов по амплитуде револвны голени. В результате выполнения ортостатической пробы обнаружены однонаправленные констрикторные реакции мелких и крупных сосудов нижних конечностей. При нахождении в антиортостатическом положении выявлены три типа реакций кровеносных сосудов ног: одновременное расширение микро- и макрососудов; дилатация только крупных сосудов и отсутствие расширения микрососудов; уменьшение тонуса и расширение только крупных кровеносных сосудов и увеличение тонуса и сужение микрососудов.

Введение

В процессе обычной жизнедеятельности человек, даже не занимающийся физкультурой и спортом, многократно изменяет положение своего тела в пространстве. Переходя из горизонтального положения в вертикальное, т. е. вставая, он фактически выполняет ортостатическую пробу (ОП), а ложась из вертикального положения, осуществляет клинорстатическую пробу. Указанные пробы, проводимые активно, т. е. с участием мышц, или пассивно с помощью поворотного стола, широко используются при тестированиях сердечно-сосудистой системы спортсменов, а также активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы [1]. Гораздо реже человек бывает в положении, когда его краниальная часть тела находится ниже брюшной части тела и нижних конечностей, т. е. в так называемом антиортостатическом положении. В спорте такие положения кратковременно наблюдаются в акробатике, гимнастике, фристайле, прыжках в воду с трамплина и др.

Изменения положения тела человека вызывают гравитационное (под действием силы тяготения Земли) перераспределение крови, оказывающее выраженное действие на весь организм. Интенсивность и продолжительность эффектов от такого воздействия зависит как от характеристик самого воздействия, так и от состояния организма. Эти возможности используются в лечебной физкультуре. Такие «постуральные действия», оказывающие положительный оздоровительный эффект как на отдельные системы, так и на организм в целом, получили заслуженное признание и распространение для профилактики и реабилитации больных с различными заболеваниями. При этом направленное применение постуральных воздействий (ПВ) позволяет вызывать значимые положительные и специфичные реакции организма [2].

При переходе из горизонтального положения в вертикальное увеличивается общее периферическое сопротивление сосудов, частота сердечных сокращений и артериальное давление, уменьшается систолический и минутный объем крови. Это объясняется включением компенсаторных физиологических механизмов, направленных на сохранение венозного возврата при действии силы тяжести на жидкие среды организма в вертикальном положении [3; 4].

В норме у здоровых лиц выполнение ОП приводит к небольшим физиологическим сдвигам со стороны сердечно-сосудистой системы [5]. Действие силы тяжести затрудняет возврат крови к сердцу из расположенных ниже этой точки вен, в которых

даже у здоровых лиц при расслабленных мышцах нижних конечностей дополнительно задерживается от 500 до 1 000 мл крови, уменьшая объем циркулирующей крови в среднем на 10 % [6]. Компенсация этого неблагоприятного воздействия осуществляется в первую очередь за счет учащения сердечных сокращений. Кроме того, важное значение имеют и изменения сосудистого тонуса. Специальные исследования показали, что приспособительные гемодинамические реакции в ответ на ортостаз обеспечиваются повышением активности симпатoadреналовой системы [7].

При переходе человека из горизонтального положения в положение головой вниз, т. е. при выполнении антиортостатической пробы (АОП), происходит возрастание венозного возврата крови к сердцу по системе вен нижних конечностей и брюшной полости. При этом возникает гравитационное перераспределение масс крови. Приток крови к головной части тела по магистральным артериям при выполнении АОП облегчен, а отток по венам затруднен [8; 9]. В кровеносных сосудах нижних конечностей наблюдается противоположная картина. Повышение регионарного венозного давления уже на первых секундах антиортостатической нагрузки вызывает включение компенсаторных механизмов по типу веноулярно-артериолярных эффектов. Эти механизмы ограничивают приток крови к головному мозгу, предохраняя его от венозного застоя и отека [10].

В информационном обзоре [2] делается вывод, что гемодинамические реакции обусловлены значительным перераспределением крови в организме и при этом во многом противоположны для ортостатических и антиортостатических ПВ. Однако физиологические основы процессов, происходящих при динамически изменяющемся положении тела человека, до конца не изучены. В связи с этим целью исследования явилось изучение сосудодвигательных реакций мелких и крупных кровеносных сосудов нижних конечностей на поструральные воздействия.

Объект и методика исследования

По методике А. А. Астахова [11] на полифункциональном мониторе кровенаполнения «Кентавр» импедансометрическим способом исследовался тонус кровеносных сосудов нижних конечностей у нетренированных девушек возрастом 19–22 лет. Обследуемая девушка во время эксперимента помещалась на электродное одеяло, закрепленное вместе с девушкой на поворотном столе. Электрическое сопротивление, или импеданс, тканей между электродами измерялось с помощью реографа Р4-02. С реографа сигналы поступали в монитор кровенаполнения «Кентавр», где производилась их компьютерная обработка.

В качестве функциональной дозированной нагрузки на кровеносную систему применялась пассивная 5-минутная ОП под углом 90° к горизонту. АОП в положении тела лежа на спине вниз головой под углом 30° к горизонту длилась 2 минуты. Интервалы для восстановления после каждого из положений составляли 5 минут.

Определение исходного тонуса мелких кровеносных сосудов (микрососудов) осуществлялось с каждым ударом пульса по значениям амплитуды реоволны большого пальца ноги (АРП), а крупных кровеносных сосудов (макрососудов) – по значениям амплитуды реоволны голени (АРГ). Измерение этих гемодинамических показателей проводилось в течение 5-й минуты пассивного выполнения испытуемым ОП, 2-й минуты выполнения АОП и 5-й минуты восстановления, которое осуществлялось после каждой ортостатической или антиортостатической пробы. При нормальном тонусе и, соответственно, диаметре кровеносных сосудов у взрослого человека АРП составляет 80–150 мОм, а АРГ – 80–130 мОм. При повышении тонуса сосудов и их сужении значения АРП и АРГ значительно уменьшаются, а при снижении тонуса и расширении сосудов величины АРП и АРГ возрастают – 150 и 130 мОм соответственно [12].

Для статистической обработки полученных результатов был использован соответствующий пакет программы Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение

В предыдущих исследованиях [13] было установлено, что изменения гемодинамики в нижних конечностях при постуральных воздействиях во многом зависят от фоновое состояния мелких и крупных кровеносных сосудов ног, что характерно и для других сосудистых регионов [14]. В связи с этим для участия в эксперименте были отобраны девушки, имевшие примерно одинаковый (в данном случае фоновый высокий) тонус микро- и макрососудов ног со значениями АРП ниже 25 мОм и АРГ – ниже 35 мОм соответственно.

В результате проведенных исследований было обнаружено, что у 37 девушек из 40, участвовавших в эксперименте, наблюдались компенсаторные сосудодвигательные реакции на ортостатическую пробу. Эти реакции проявлялись в увеличении тонуса и сужении мелких и крупных сосудов ног, о чем судили по уменьшению значений АРП и АРГ, что уменьшало гравитационный отток крови от головной части тела. У трех девушек обнаружена дистоническая реакция на ОП, т. е. тонус кровеносных сосудов ног уменьшался и они расширялись. В результате у девушек наблюдались «мушки перед глазами» и головокружение. Эти три девушки были освобождены от дальнейшего участия в эксперименте.

При выполнении АОП у девушек были выявлены три разнохарактерные компенсаторные реакции микро- и макрососудов нижних конечностей, препятствующие чрезмерному притоку крови к головной части тела.

У большинства девушек ($n = 19$, или 51,4 %) наблюдались однонаправленные сосудорасширяющие реакции мелких и крупных сосудов ног, что отражалось на увеличении значений АРП и АРГ. В таблице 1 приведены результаты измерений АРП и АРГ у одной из девушек первой группы при выполнении ОП, АОП и восстановлении после этих ПВ.

Таблица 1. – Значения АРП и АРГ в покое, при выполнении ОП, АОП и восстановлении у одной из девушек первой группы

№ серии	Положение в пространстве	АРП ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)	АРГ ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)
1	Горизонтальное положение (фон)	24,52 ± 0,29	16,75 ± 0,19
2	ОП	13,31 ± 0,27*	9,44 ± 0,16*
3	Горизонтальное положение после ОП	25,21 ± 0,41	16,56 ± 0,31
4	АОП	35,26 ± 0,53*	27,74 ± 0,23*
5	Горизонтальное положение после АОП	24,77 ± 0,38	17,49 ± 0,29

*Примечание – * отмечены достоверные различия по отношению к значению исследуемого показателя в горизонтальном положении (фон).*

Как видно из таблицы, перевод девушки с помощью поворотного стола из горизонтального в вертикальное положение, т. е. пассивное выполнение ОП, приводило к компенсаторному сужению мелких и крупных кровеносных сосудов ног, о чем свидетельствует уменьшение на 5-й минуте выполнения ОП средних значений АРП на 45,72 %, а АРГ – на 43,64 % (таблица 1, серия 2).

После выполнения ОП на 5-й минуте восстановления значения АРП и АРГ достоверно не отличались от фона (таблица 1, серия 3).

При нахождении девушки в положении вниз головой под углом 30° к горизонту происходило компенсаторное расширение микро- и макрососудов ног, препятствующее чрезмерному приливу крови к голове, что обнаруживалось по увеличению показателей АРП и АРГ (таблица 1, серия 4). На 2-й минуте АОП по сравнению с фоном средняя величина АРП возросла на 43,8 %, а АРГ – на 65,6 %.

После прекращения выполнения АОП значения АРП и АРГ постепенно восстанавливались и на 5-й минуте достоверно не отличались от фона (таблица 1, серия 5).

У 10 девушек (27,0 %), составивших вторую группу, наблюдалась аналогичная предыдущей группе девушек сосудосуживающая реакция при пассивном выполнении ОП. Так, на 5-й минуте нахождения в ортостазе средняя величина АРП уменьшилась на 80,06 %, а АРГ – на 67,52 % (таблица 2, серия 2).

На 5-й минуте восстановления в горизонтальном положении после выполнения ОП значения АРП и АРГ существенно не отличались (таблица 2, серия 3) от наблюдавшихся в контроле.

Иными оказались сосудодвигательные реакции нижних конечностей испытуемых этой группы при пассивном выполнении антиортостатической пробы.

Таблица 2. – Значения АРП и АРГ в покое, при выполнении ОП, АОП и восстановлении у одной из девушек второй группы

№ серии	Положение в пространстве	АРП ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)	АРГ ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)
1	Горизонтальное положение (фон)	6,77 ± 0,14	19,86 ± 0,16
2	ОП	1,35 ± 0,11*	6,45 ± 0,19*
3	Горизонтальное положение после ОП	6,64 ± 0,17	19,4 ± 0,18
4	АОП	6,81 ± 0,16	28,9 ± 0,21*
5	Горизонтальное положение после АОП	6,72 ± 0,15	19,95 ± 0,19

*Примечание – * отмечены достоверные различия по отношению к значению исследуемого показателя в горизонтальном положении (фон).*

Так, на 2-й минуте нахождения в антиортостатическом положении не наблюдалось достоверного изменения тонуса микрососудов, но при этом существенно уменьшался тонус и увеличивался просвет магистральных сосудов ног. Подтверждением этому являлось увеличение АРГ на 45,5 % (таблица 2, серия 4). Следовательно, у девушек из второй группы в компенсаторном противодействии гравитационным перемещениям крови в АОП участвуют только крупные кровеносные сосуды нижних конечностей.

На 5-й минуте восстановления после выполнения АОП значения АРП и АРГ достоверно не отличались от фона (таблица 2, серия 5).

У 8 девушек (21,6 %) 3-й группы, так же как и 1-й и 2-й групп, при нахождении в ортостазе происходило сужение мелких и крупных кровеносных сосудов нижних конечностей. Об этом свидетельствовало уменьшение АРП на 66,3 %, а АРГ – на 44,6 % (таблица 3, серия 2). На 5-й минуте восстановления после выполнения ОП значения АРП и АРГ достоверно не отличались от фона (таблица 3, серия 3). Выполнение АОП девушками этой группы приводило к компенсаторной сосудорасширяющей реакции микрососудов при отсутствии достоверных изменений тонуса крупных кровеносных

сосудов нижних конечностей. В таблице 3 приведены средние значения АРП и АРГ, измеренные с каждым ударом пульса у одной из девушек 3-й группы.

Как видно из таблицы, на 2-й минуте выполнения АОП средняя величина АРП возрастала в 4,9 раза, при отсутствии достоверных изменений АРГ (таблица 3, серия 4). Значительное увеличение АРП указывает на вазодилатацию и увеличение объема депонированной крови в микрососудистом русле. Это свидетельствует о том, что у девушек из третьей группы в компенсаторном противодействии перемещению крови в сосудах под действием силы тяжести при нахождении в АОП участвуют только мелкие кровеносные сосуды нижних конечностей.

Таблица 3. – Значения АРП и АРГ в покое, при выполнении ОП, АОП и восстановлении у одной из девушек третьей группы

№ серии	Положение в пространстве	АРП ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)	АРГ ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)
1	Горизонтальное положение (фон)	14,27 ± 0,16	18,52 ± 0,19
2	ОП	4,79 ± 0,17*	10,26 ± 0,25*
3	Горизонтальное положение после ОП	13,59 ± 0,26	18,21 ± 0,21
4	АОП	10,77 ± 0,40*	31,1 ± 0,33*
5	Горизонтальное положение после АОП	14,38 ± 0,21	20,09 ± 0,48

*Примечание – * отмечены достоверные различия по отношению к значению исследуемого показателя в горизонтальном положении (фон).*

После прекращения выполнения АОП на 5-й минуте восстановления значения АРП и АРГ достоверно не отличались от фона (таблица 3, серия 5).

Заключение

1. В ортостатическом положении при отсутствии дистонических проявлений тонуса сосудов происходят сосудосуживающие компенсаторные реакции мелких и крупных кровеносных сосудов ног, препятствующие чрезмерному оттоку крови от краниальной части тела, что согласуется с данными литературы [8; 9].

2. Выявлены три типа компенсаторных реакций мелких и крупных кровеносных сосудов нижних конечностей при нахождении человека в антиортостатическом положении. Более часто встречается однонаправленная реакция снижения тонуса и расширения одновременно микро- и макрососудов ног, повышающая кровенаполнение нижних конечностей и препятствующая чрезмерному притоку крови к сердцу и головной части тела.

3. Реже при выполнении АОП встречаются два других типа компенсаторных реакций, в одном из которых депонирование крови и препятствие чрезмерному притоку к краниальной части тела берут на себя только крупные кровеносные сосуды, а в другом – только мелкие сосуды нижних конечностей.

4. Можно предположить, что компенсаторные антигравитационные сосудорасширяющие реакции одновременно мелких и крупных сосудов ног более физиологичны и адекватны для организма в положении, когда голова человека находится ниже остальной части тела. Косвенным подтверждением этому является большее число девушек с таким типом компенсаторных реакций, обнаруженное в проведенном нами эксперименте.

5. Определение типа компенсаторных антигравитационных сосудодвигательных реакций может оказаться полезным при организации тренировочного процесса у гимна-

стов, акробатов и в других видах спорта, где спортсмену какое-то время следует находиться в антиортостатическом положении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский, Р. М. Введение в донозологическую диагностику / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М. : Слово, 2008. – 176 с.
2. Влияние постуральной коррекции гемодинамики на параметры сердечного ритма / Г. А. Софронов [и др.] // Мед. академ. журн. – 2014. – Т. 14, № 3. – С. 38–51.
3. Баевский, Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М. : Медицина, 1997. – 236 с.
4. Усов, Г. В. Анализ показателей гемодинамики у студентов с различным уровнем двигательной активности по данным импедансной реографии / Г. А. Усов // Изв. Челяб. науч. центра. – 2005. – № 2 (28). – С. 110–114.
5. Fessel, J. Orthostatic Hypertension: when pressor reflexes overcompensate / J. Fessel, D. Robertson // Clinical Practice Nephrology. – 2006. – № 2. – P. 424–431.
6. Robertson, D The pathophysiology and diagnosis of orthostatic hypotension / D. Robertson // Clinical Auton. Res. – 2008. – № 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. Osadchiy // Aviakosm. Ekolog. Med. – 2003. – № 37. – P. 27–29.
8. Осадчий, Л. И. Сосудистые факторы ортостатических реакций системной гемодинамики / Л. И. Осадчий, Т. В. Балуева, И. В. Сергеев // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2003. – № 3. – С. 339–346.
9. 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.
10. Адаптация организма человека к моделированной невесомости: клинические исследования / Э. И. Мацнев [и др.] // Физиология человека. – 2003. – Т. 29, № 5. – С. 102–107.
11. Астахов, А. А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики в анестезиологии (с помощью системы «Кентавр») / А. А. Астахов. – Челябинск, 1996. – 330 с.
12. Виноградова, Т. С. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы / Т. С. Виноградова. – М. : Медицина, 1986. – 416 с.
13. Саваневский, Н. К. Реакции кровеносной системы на изменение положения тела человека в пространстве / Н. К. Саваневский, Г. Е. Хомич // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навуки аб зямлі. – 2011. – № 2. – С. 53–57.
14. Исупов, И. Б. Системный анализ церебрального кровообращения человека / И. Б. Исупов. – Волгоград : Перемена, 2001. – 138 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 09.01.2020

Savaneuski M. K., Khomich H. E. Vasomotor Reactions of Blood Vessels of the Lower Extremities when the Human Body is in an Antiorthostatic Position

When performing an orthostatic test, unidirectional constrictor reactions of small and large vessels of the lower extremities were detected. When in an anti-orthostatic position, three types of reactions of blood vessels in the legs were detected: simultaneous expansion of micro- and macro-vessels; dilation of only large vessels and absence of microvessel expansion; reduction of tone and expansion of only large blood vessels and increase in tone and narrowing of microvessels.

УДК 504.06 (476)

Г. В. Толкач¹, С. М. Токарчук², К. Э. Куцко³, А. Л. Жук⁴¹*ст. преподаватель каф. зоологии и генетики**Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина*²*канд. геогр. наук, доц., доц. каф. географии и природопользования**Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина*³*студентка биологического факультета**Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина*⁴*студентка географического факультета**Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина**e-mail: zoology@brsu.brest.by*

СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ г. БРЕСТА

Исследование проводилось в двух типах объектов – в естественных водотоках (реках) и в пределах искусственных водоемов (водохранилищах и прудах). При выполнении работы проводился подсчет общего количества элементов микропластика в пробе воды, а также таких элементов, как гранулы, нити, пленки, шарики, фрагменты. Полученные результаты можно использовать для реализации мер по улучшению качества вод рек и водоемов города, а также для увеличения информированности населения, государственных и общественных организаций об особенностях содержания в водах городских объектов элементов микропластика.

Введение

В современных условиях наблюдается существенное антропогенное воздействие на все виды водных объектов. Наиболее значимым воздействием отмечаются городские территории, для которых характерна высокая плотность застройки, существенно преобразованная водосборная поверхность территории, большое количество потенциальных источников загрязнения, различные виды поступающих загрязняющих веществ и др.

В целом по характеру воздействия на ресурсы, режим и качество водных объектов в пределах городской территории все антропогенные факторы можно объединить в три основные группы:

1) непосредственно воздействующие на водный объект путем прямых изъятий воды и сбросов природных и сточных вод (системы промышленного и коммунального водоснабжения, коллекторы сточных вод) или за счет преобразования морфологических элементов водотоков и водоемов (выемки грунта из рек и водоемов, создание искусственных берегов и т. п.);

2) воздействующие на водный объект посредством изменения поверхности речных водосборов (асфальтирование территории, трансформация рельефа и т. п.);

3) воздействующие на основные элементы влагооборота в пределах речных водосборов (формирование в пределах города т. н. «острова тепла» и увеличение количества осадков).

Таким образом, значительную актуальность приобретают исследования, направленные на изучение геоэкологического состояния водных объектов в пределах городской среды, а также факторов, оказывающих на это непосредственное влияние.

Одной из весьма серьезных гидроэкологических проблем является загрязнение экосистем микропластиком, поскольку пластик – это один из наиболее востребованных материалов и используется практически во всех областях промышленности. Его физико-химические свойства, обеспечивающие прочность, легкость и долговечность, в сочетании с низкой себестоимостью делают этот материал практически незаменимым при производстве изделий бытового назначения, в строительстве и на производстве.

Пластиковые отходы, включая микропластик, представляют собой значительную угрозу водным экосистемам. Кроме того, необходимо учитывать, что существует физическое накопление пластиковых частиц в телах гидробионтов, которое приводит к нарушению пищеварительного процесса и последующей их гибели.

Исследованием содержания частиц микропластика в настоящее время занимаются многие ученые мира [1–6], причем работы ведутся как на высоко научном уровне (в крупных лабораториях научно-исследовательских институтов), так и на уровне школьных и студенческих исследований и исследований общественных организаций. В то же время следует отметить, что наибольшее число работ посвящено изучению содержания частиц микропластика в морских водах, в то время как изучению поверхностных вод (рек, озер, водохранилищ) уделяется крайне незначительное внимание.

Материалы и методы исследования

Цель исследования – выполнить оценку содержания элементов микропластика в водных объектах г. Бреста.

Под микропластиком в данном исследовании понимаются твердые частицы синтетических полимеров размером менее 5 мм (от 100 нм до 5 мм) [7].

Элементы микропластика, обнаруженные в окружающей среде, представляют собой очень разнородную группу частиц, различающихся по размеру, форме, химическому составу и удельной плотности. Основой для проведения исследования выступали методические разработки, подготовленные для изучения элементов микропластика в водных объектах территории Беларуси [8].

При проведении исследования проводился подсчет общего количества элементов микропластика в пробе воды, а также количества отдельных элементов микропластика, таких как гранулы, нити, пленки, шарики, фрагменты.

Исследование проводилось в двух типах объектов: в естественных водотоках (реках) и в пределах искусственных водоемов (водохранилищах и прудах).

Среди рек отбор образцов проводился как в пределах самого города (в реках Мухавец и Западный Буг), а также в пределах реки Лесная, протекающей сразу за чертой города. Нумерация мест отбора образцов проводилась с учетом названия реки и порядкового номера пробы.

Среди водохранилищ и прудов было отобрано 30 репрезентативных водоемов в черте города. Репрезентативные водоемы отбирались по нескольким признакам:

- 1) равномерное распределение по территории города (в пределах каждого планировочного микрорайона города отобрано не менее одного водоема; чем больше водоемов в микрорайоне, тем больше репрезентативных водоемов там выбиралось);
- 2) наличие водоемов разных типов (по площади, назначению и др.);
- 3) возможность открытого доступа к водоему, а также отбора образцов воды в объемах, необходимых для исследования.

Для крупных водоемов производился отбор образцов с нескольких мест. Нумерация мест отбора образцов из водотоков проводилась с учетом микрорайона города, в котором находится водоем, и порядкового номера репрезентативного водоема в пределах данного микрорайона. Если из водоема отбиралось несколько образцов, это указывалось как дополнительный номер (в скобках).

Выполнение полевых исследований проводилось с использованием специальной фильтровальной установки, состоящей из двух труб и фильтра, и проводилось в весенне-летний период на репрезентативных водосборах. Для получения фильтра с элементами микропластика через установку пропускалось 120 литров воды. Исследование проб на наличие микропластика проводилось путем изучения фильтров под микроскопом

с использованием визуального метода, двигаясь челночным шагом от края к краю. В протоколе отмечались обнаруженные частицы пластика (цвет, форма, размер частиц) и проводился их подсчет. Для правильной интерпретации результатов были составлены оценочные матрицы определения уровня содержания микропластика. Полученные результаты были собраны в электронные базы данных, которые впоследствии были преобразованы в интерактивные карты.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования количества частиц микропластика в *речных системах* представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Содержание элементов микропластика в водотоках

Название водотока, № отбора пробы	Координаты места отбора пробы		Количество элементов микропластика					
	долгота	широта	гранулы	нити	пленки	фрагменты	шарики	всего
Западный Буг – 1	23,650800	52,08224	0	0	0	0	0	0
Лесная-1	23,642575	52,14297	0	3	1	1	0	5
Лесная-2	23,643883	52,14303	0	2	0	0	0	2
Лесная-3	23,643572	52,14236	0	3	0	0	0	3
Мухавец-1	23,707463	52,08306	0	3	0	1	1	5
Мухавец-2	23,703709	52,07887	0	0	0	0	0	0
Мухавец-3	23,702871	52,07923	0	3	0	0	0	3
Мухавец-4	23,704888	52,08080	0	0	0	1	0	1
Мухавец-5	23,703450	52,08134	0	2	0	0	0	2
Мухавец-6	23,701583	52,08258	0	4	0	0	0	4
Мухавец-7	23,698632	52,08169	0	1	0	0	1	2

Как видно из таблицы 1, в пробах речной воды не было обнаружено ни одного элемента *гранул* микропластика.

Во всех образцах речной воды был обнаружен *21 элемент нитей* микропластика. Элементы были обнаружены во всех местах отбора на реке Лесная, а также в большинстве образцов р. Мухавец.

Пленки микропластика были обнаружены только в одном образце, отобранном на реке Лесная.

Количество *фрагментов* микропластика в отобранных образцах речной воды составило три элемента, по одному элементу в каждом из образцов. Всего был обнаружен *один фрагмент* микропластика в образцах р. Лесная и *два* – в образцах р. Мухавец.

В образцах речной воды было обнаружено *2 шарика* микропластика. Этот вид частиц микропластика находился в двух образцах, взятых из вод Мухавца.

Таким образом, всего в образцах, полученных для речных экосистем, было обнаружено *27 частиц микропластика*, что составляет в среднем *2,5 частицы* на один образец воды.

В двух местах отбора (на р. Западный Буг и в одном из образцов р. Мухавец, который отбирался в пределах залесенного водосбора и низкой степени антропогенного воздействия) не было обнаружено ни одной частицы микропластика.

Наибольшее количество *элементов микропластика* (4-5) было обнаружено в пределах одного из образцов на р. Лесная (образец отобран в месте со слабой проточ-

ностью, заросшем высшей водной растительностью, берег загрязнен отходами рекреационной деятельности), а также в образцах Мухавец-1 (Центральный городской пляж) и Мухавец-6 (пристань теплохода «Гродно»). Как видно из описания мест отбора образцов, они расположены в местах со слабым течением воды и высокой степенью антропогенной нагрузки.

В большинстве образцов воды из речных экосистем было обнаружено только по одному виду элементов микропластика.

Результаты исследования количества микропластика в *репрезентативных водоемах* представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Содержание элементов микропластика в репрезентативных водоемах

Название водоема	Координаты места отбора пробы		Количество элементов микропластика					
	долгота	широта	гранулы	нити	пленки	фрагменты	шарики	всего
Волынка-Гершоны – 1 (1)	23,67945	52,08055	0	10	0	0	0	10
Волынка-Гершоны – 1 (2)	23,67904	52,07947	0	8	0	1	0	9
Волынка-Гершоны – 2	23,67974	52,07550	0	5	2	0	0	7
Волынка-Гершоны – 3	23,72390	52,04747	0	0	0	0	0	0
Волынка-Гершоны – 4	23,72502	52,04742	0	0	0	0	0	0
Волынка-Гершоны – 5	23,72582	52,05149	0	0	2	0	0	2
Волынка-Гершоны – 6	23,70683	52,05910	1	0	0	0	0	1
Волынка-Гершоны – 7 (1)	23,71228	52,05849	0	1	0	1	0	2
Волынка-Гершоны – 7 (2)	23,71768	52,05639	0	0	1	0	0	1
Волынка-Гершоны – 8	23,67537	52,08048	0	5	1	0	0	6
Волынка-Гершоны – 9	23,73444	52,04711	0	0	2	0	0	2
Волынка-Гершоны – 10	23,70980	52,04209	2	6	0	0	0	8
Вулька-1	23,74446	52,04869	0	0	0	0	0	0
Вулька-2	23,74455	52,04650	1	2	0	0	0	3
Задворцы-1	23,77554	52,13061	0	3	0	1	0	4
Ковалево-1	23,77021	52,05874	0	0	1	2	4	7
Ковалево-2	23,76157	52,06604	0	0	0	3	0	3
Козловичи-1	23,62395	52,11538	0	0	0	0	0	0
Козловичи-2	23,61347	52,13333	0	0	2	0	0	2
Красный Двор – 1 (1)	23,82574	52,08555	0	2	2	0	0	4
Красный Двор – 1 (2)	23,83448	52,08377	1	0	0	0	0	1
Плоска-1	23,70560	52,14389	0	1	0	1	0	2
Плоска-2	23,70562	52,13111	0	0	0	0	0	0
Плоска-3	23,73908	52,12992	0	2	1	0	0	3
Тельмы	23,80278	52,12414	1	0	0	0	0	1
Центр-1	23,67478	52,09181	0	2	0	0	0	2
Центр-2	23,67396	52,09431	0	0	1	0	0	1
Ямно-Вычулки – 1	23,80059	52,10190	4	0	1	0	0	5
Ямно-Вычулки – 2 (1)	23,81252	52,10178	0	4	9	0	0	13
Ямно-Вычулки – 2 (2)	23,80351	52,09873	2	2	0	0	0	4

В репрезентативных водоемах города обнаружено всего 12 частиц гранул, в среднем это составляет 0,4 гранулы на водоем. В большинстве водоемов (23) гранул обнаружено не было. Наибольшее число гранул (4) было обнаружено в водоеме Ямно-

Вычулки – 1 (озеро Зеркалка), большую роль в загрязнении микропластиком этого водоема играет его использование в рекреационных целях.

Количество *нитей микропластика* в водоемах составляет *53 частицы* (в среднем *1,8 частицы нитей* на водоем). Нити микропластика встречаются в 12 водоемах города. В основном водоемы, в которых встречаются нити микропластика, представлены карьерами, которые в настоящее время используются для водного отдыха, а также другими водными объектами, используемыми в рекреационных целях. Лидерами по количеству являются Волянка-Гершоны – 1 (водохранилище Малые Сои), где оба образца содержали *10 и 8 нитей микропластика* соответственно. Среднее количество *нитей микропластика* было обнаружено в более крупных водных объектах, таких как Волянка-Гершоны – 2 (Большие Сои) – *5 частиц*, Ямно-Вычулки – 2 (*1,2*) (озеро Вычулки) – *6 частиц*, Волянка-Гершоны-10 – *6 частиц*. На показатель также влияет рекреационная нагрузка на водоемы.

В репрезентативных водоемах города обнаружено *25 частиц пленок*, в среднем это составляет *0,88 частицы пленок* на водоем. В большей части водоемов (*18 пленок микропластика*) не обнаружено. Максимальное количество пленок (*9*) было обнаружено в водоеме Ямно-Вычулки – 2 (озеро Вычулки). Водоем является самым большим на территории г. Бреста. В остальных водоемах количество нитей микропластика составляет *1-2 частицы*.

Фрагменты микропластика в количестве *9 частиц* обнаружены лишь в 6 водоемах (в среднем это составляет *0,3 частицы фрагментов микропластика* на водоем). *Частицы* были обнаружены только в малых по размеру водоемах в разных частях города.

В репрезентативных водоемах города было обнаружено *4 шарика* микропластика. В среднем это составляет *0,18 частицы шарика* на водоем. Этот вид частиц микропластика был обнаружен всего лишь в одном водоеме – Ковалево – 1 в пределах жилой застройки.

Всего в репрезентативных водоемах было обнаружено *103 частицы микропластика*, это в среднем *3,4 частицы* на водоем.

Максимальное количество *частиц микропластика* (более *15*, с учетом двух мест отбора образцов) было обнаружено в водоемах Волянка-Гершоны – 1 и Ямно-Вычулки – 2. Среднее количество *элементов микропластика* (*7-8*) было зарегистрировано в водоемах, как Волянка-Гершоны – 2, Волянка-Гершоны – 10 и Ковалево – 1. В пяти водоемах было обнаружено только *по одной частице микропластика* и в пяти водоемах *частиц микропластика* вообще обнаружено не было.

В среднем в репрезентативных водоемах встречается *1-2 типа микропластика*. Наиболее часто встречаемые типы – это *частицы нитей и пленок микропластика*.

Сравнительная характеристика содержания элементов микропластика в **разных типах водных объектов** (таблица 3) показывает, что большее количество *элементов микропластика* было обнаружено в образцах из водоемов (в среднем *3,4* на один образец). *Нити, фрагменты и шарики* встречаются в образцах из водотоков и водоемов примерно в сравнимом количестве раз.

В целом из *элементов микропластика* наиболее часто встречаемыми являются *нити* (*57 %* из всех обнаруженных элементов); *20 %* всех *элементов микропластика* представляют *пленки*.

Наиболее редкими *элементами микропластика* являются *шарики* (*5 %*).

Таблица 3. – Содержание частиц микропластика в репрезентативных водоемах

Тип водного объекта	Общее количество, всего / на один образец	Гранулы, всего / на один образец	Нити, всего / на один образец	Пленки, всего / на один образец	Фрагменты, всего / на один образец	Шарики, всего / на один образец
Водотоки	27/2,45	0/0	21/1,91	1/0,09	3/0,27	2/0,18
Водоемы	103/3,43	12/0,4	53/1,77	25/0,83	9/0,3	4/0,13
<i>Всего</i>	<i>130/3,17</i>	<i>12/0,29</i>	<i>74/1,80</i>	<i>26/0,63</i>	<i>12/0,29</i>	<i>6/0,15</i>

Если рассматривать процентное соотношение *разных элементов микропластика* в отдельных типах водных объектов, то следует отметить, что в образцах речной воды *нити* составляют практическое большинство (78 %), а в образцах, полученных из водоемов, только половину (51 %).

Удельная доля *других элементов микропластика* в разных типах водных объектов существенно отличается. Так, в образцах, полученных при исследовании речной воды, наиболее часто встречаемыми типами являются *фрагменты* (11 %) и *шарики* (7 %), а *гранулы* не были обнаружены ни в одном из образцов.

В образцах, полученных при обследовании водоемов, кроме *нитей* доминирующими *элементами микропластика* являются *пленки* (24 %) и *гранулы* (12 %) (рисунок 1).

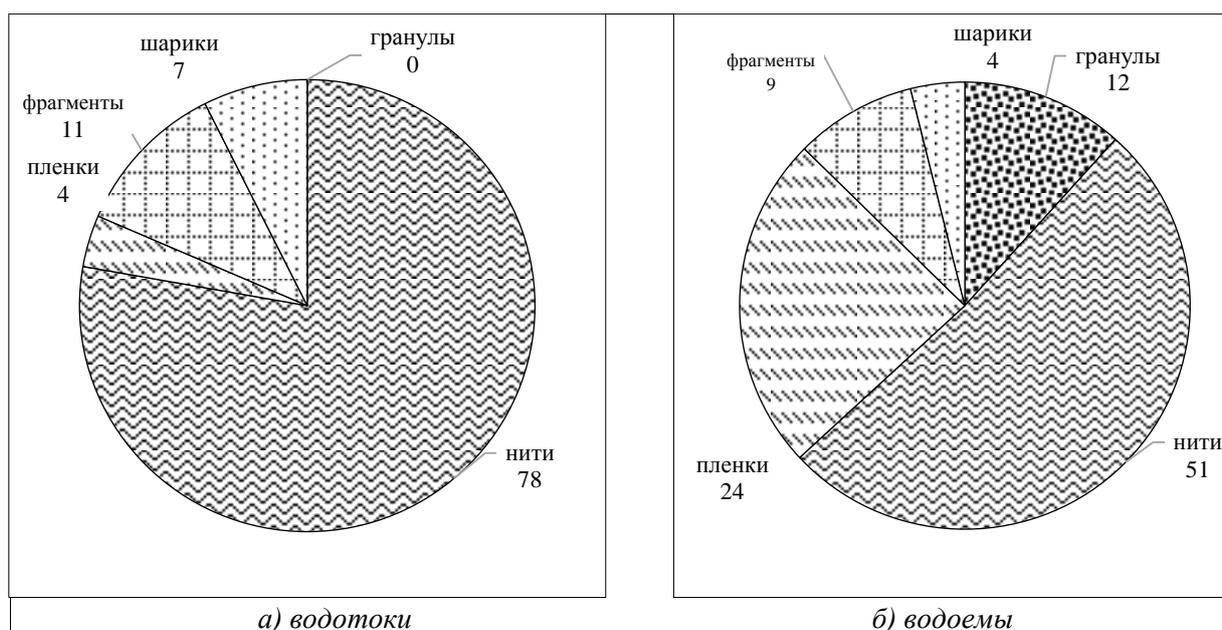


Рисунок 1. – Частота встречаемости различных элементов микропластика, %

В среднем в полученных образцах чаще всего встречается 1-2 типа *элементов микропластика* (рисунок 2): к этим группам по количеству элементов микропластика относится 64 % всех образцов из водотоков и 80 % образцов из водоемов.

В одинаковой доле образцов из рек и водоемов (18 и 17 %) вообще не было обнаружено *элементов микропластика*.

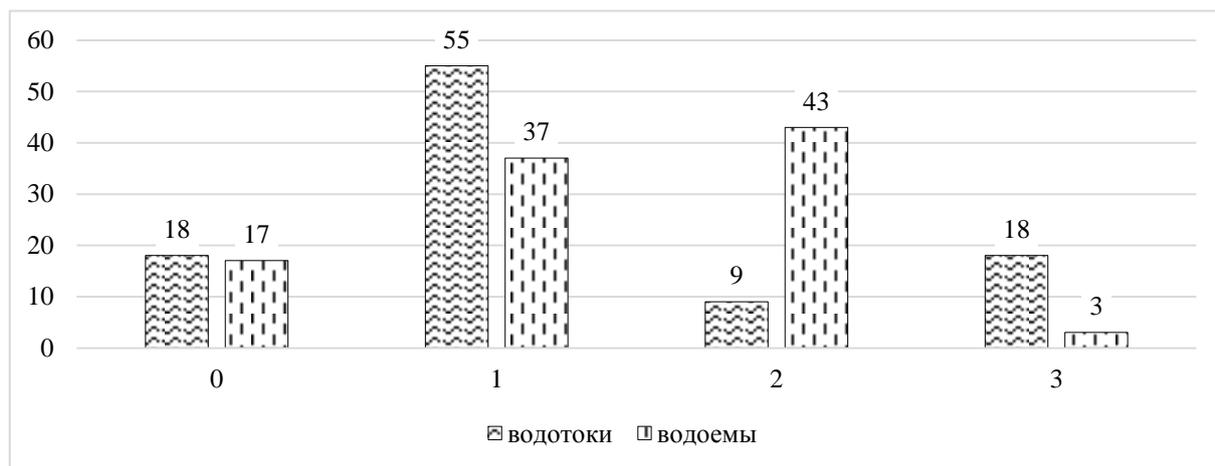


Рисунок 2. – Группировка водных объектов по количеству встречаемых элементов микропластика, %

Результаты выполненного исследования были представлены не только в табличном, но и в картографическом виде. Для этого были разработаны методические подходы к созданию интерактивных карт содержания частиц микропластика средствами облачной платформы картографирования ArcGIS Online [9]. На основе созданных карт выполнен ряд картографических веб-приложений, отображающих полученные при проведении полевых исследований результаты.

В частности, были составлены два интегральных приложения, которые объединили результаты исследований по каждому из типов водных объектов:

- 1) «Содержание частиц микропластика в водотоках города Бреста» [10],
- 2) «Содержание частиц микропластика в водоемах города Бреста» [11].

Заключение

В результате реализации поставленной цели была выполнена оценка содержания разных элементов микропластика в двух типах водных объектов города Бреста: естественных водотоках (реки) и искусственных водоемах (водохранилища и пруды).

Полученные результаты можно использовать для реализации мер по улучшению качества вод рек и водоемов города, а также для увеличения информированности населения, государственных и общественных организаций об особенностях содержания в водах городских объектов элементов микропластика.

Исследование водных объектов на загрязнение микропластиком можно расширять и дополнять, а также применить в других регионах Республики Беларусь. Разработанную методику можно использовать на водоочистных комплексах для установления частиц микропластика, поступающих со сточными водами. Важно применение методики исследования в водоемах заповедников, национальных парков и заказниках для установления антропогенной роли данного вида загрязнения.

С помощью построенных карт и картосхем можно продолжать исследование, изучая влияние микропластика на растительные и животные объекты и его распределение по пищевым цепочкам, а также изучать основные факторы, влияющие на поступление элементов микропластика в водные объекты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Classify plastic waste as hazardous / С. М. Rochman [et al.] // Nature. – 2013. – Vol. 494. – P. – 169–171.

2. Microplastic Abundance, Characteristics, and Removal in Wastewater Treatment Plants in a Coastal City of China / Z. Long [et al.] // Water Research. – 2019. – Vol. 155. – P. 255–265.
3. The Deposition and Accumulation of Microplastics in Marine Sediments and Bottom Water from the Irish Continental Shelf / J. Martin [et al.] // Scientific Reports. – 2017. – № 7.
4. Есюкова, Е. Е. Особенности распределения микропластика на песчаных пляжах Калининградской области (Балтийское море) / Е. Е. Есюкова, И. П. Чубаренко // Регион. экология. – 2018. – № 1 (51). – С. 108–121.
5. Зобков, М. Б. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов / М. Б. Зобков, Е. Е. Есюкова // Океанология. – 2017. – Т. 58, № 1. – С. 149–157.
6. Румянцев, В. А. К вопросу о проблеме микропластика в континентальных водоемах / В. А. Румянцев, Ш. Р. Поздняков, Л. Н. Крюков // Рос. журн. прикладной экологии. – 2019. – № 2 (18). – С. 60–62.
7. Микропластик невидимая проблема [Электронный ресурс] : информ. бюл. // Plastic Free Baltic. – Режим доступа: <https://ecoidea.by/ru/media/microplastic>. – Дата доступа: 23.10.2019.
8. Верес, Ю. К. Руководство по общественному мониторингу микропластика в водных объектах / Ю. К. Верес. – Минск : Центр экол. решений. – 2017. – 38 с.
9. Жук, А. Л. Создание интерактивных карт содержания частиц микропластика в водоемах Бреста средствами облачной платформы картографирования ArcGIS Online [Электронный ресурс] / А. Л. Жук, С. М. Токарчук // ГИС-технологии в науках о Земле : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 13 нояб. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Н. В. Жуковская (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2019. – С. 44–48.
10. Содержание частиц микропластика в водотоках города Бреста [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arcg.is/0jOm0G0>. – Дата доступа: 25.12.2019.
11. Содержание частиц микропластика в водоемах города Бреста [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arcg.is/0Pq1Xr>. – Дата доступа: 25.12.2019

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 24.01.2020

Tolkach G. V., Tokarchuk S. M., Kutsko K. E., Zhuk A. L. The Content of Microplastic Elements in Water Bodies of the City of Brest

Current article discusses the study results of microplastic particles content in urban water bodies of Brest. The study was carried out in two types of objects: natural watercourses (rivers) and artificial reservoirs (reservoirs and ponds). During work performing the total number of microplastic elements in the water sample was counted, as well as such elements as granules, threads, films, balls, fragments. The results can be used for measures implementation to improve the water quality of city rivers and ponds, as well as to increase the citizens awareness, state and public organizations informing about the microplastic content features in urban water objects.

УДК 581.574.24+343.98

А. Н. Хох¹, В. Б. Звягинцев²¹зав. лаб. исследования материалов, веществ и изделий

Научно-практического центра

Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь

²канд. биол. наук, доц., зав. каф. лесозащиты и древесиноведения

Белорусского государственного технологического университета

e-mail: 1ann1hoh@gmail.com

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ АНАТОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛЕТОЧНОЙ СТРУКТУРЫ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

*Рассматривается вопрос о влиянии географических условий места произрастания на особенности анатомических структур годичных слоев древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Объектами исследования являлись спелые древостои, произрастающие в условиях Беларуси. Всего по принятым в области лесоведения и лесной таксации методикам было заложено 12 временных пробных площадей в мшистом типе леса (*Pinetum pleuroziosum*). Определены величины таких показателей, как количество ранних и поздних трахеид, размеры их полостей в радиальном и тангенциальном направлениях, толщина и площадь клеточных стенок. По результатам исследований выявлены устойчивые тенденции изменчивости размерных характеристик трахеид в зависимости от географической широты. Приведенные в работе факты могут иметь практическое значение для сравнительных исследований древесины сосны в целях ориентировочного определения интересующего участка местности.*

Введение

В Республике Беларусь установить место произрастания срубленных деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с использованием какого-либо одного метода зачастую не представляется возможным, поскольку все они имеют недостаточную для решения данной задачи разрешающую способность, а потому с их помощью исследуемые объекты относят только к достаточно большим по площади территориям.

Так, в случае с дендрохронологическим методом ограничения в основном связаны с отсутствием выраженных климатических факторов, которые бы лимитировали радиальный прирост. Химические методы работают только в пределах геохимических провинций, площадь которых насчитывает тысячи квадратных километров. Биохимические методы сталкиваются с проблемой изменчивости биохимических показателей популяции в зависимости от сезона рубки ствола дерева и от изменчивости климатических характеристик, влияющих на обмен веществ в дереве.

Нельзя не отметить и наиболее надежные среди всех перечисленных выше – генетические, однако и они позволяют идентифицировать только популяцию, из которой происходит срубленная древесина.

Таким образом, в настоящее время следует признать оправданным дальнейшее расширение комплекса взаимодополняющих методов для установления места произрастания, которые дадут возможность разносторонне оценить совокупность признаков и выделить важнейшие критерии, по которым с большой достоверностью можно будет судить о региональной принадлежности лесоматериалов из древесины сосны.

Перспективным направлением для решения указанной задачи является анатомо-экологическое исследование клеточных структур годичных слоев.

Известно, что жизненная форма растений генетически детерминирована и определяется наследственными качествами.

Однако в зависимости от условий места произрастания в природе наблюдается некоторая вариационность не только внешних особенностей одних и тех же растений,

но и признаков их анатомического строения [1, с. 12; 2, с. 3–44]. При этом индивидуальные особенности и наиболее узкие групповые признаки формируются именно под воздействием условий окружающей среды, т. е. растения адаптируют свою структуру. Эта адаптация происходит во время процессов деления и дифференцировки клеток.

Поскольку древесина хвойных пород в основном состоит из удлинённых клеток – трахеид, которые занимают свыше 90 % общего объёма древесины, мы брали именно их за основу в нашем исследовании.

В начале сезона роста формируется ранняя древесина, состоящая из клеток с тонкими стенками – ранние трахеиды, к концу вегетации – поздняя древесина, т. е. клетки меньшего радиального размера с более толстыми стенками – поздние трахеиды. Ранние трахеиды лучше приспособлены для проведения восходящих потоков жидкости, в то время как поздние – для выполнения механической функции.

Экспериментальные исследования указывают [3, с. 2; 4, с. 209], что соотношение между ранней и поздней древесиной, а также сам переход от формирования ранних трахеид к формированию поздних в ходе вегетации связаны с физиологическими особенностями сезонного роста и развития дерева, а также с динамикой температурных условий и условий увлажнения.

Цель работы заключалась в количественной оценке вариаций отдельных размерных параметров клеточных структур древесины сосны из насаждений лесного фонда Беларуси в связи с географическими особенностями произрастания для получения дополнительной информации, которая в дальнейшем могла бы использоваться в экспертной практике при решении идентификационных задач, связанных с локализацией участка местности.

Материалы и методы

Исследованиям подвергались сосняки мшистые как доминирующая лесная формация на территории Беларуси [5].

В исследовании использован экспериментальный дендрохронологический материал (буровые керны), полученный с 12 временных пробных площадей (далее – ВПП), заложенных в 2015–2016 гг. на территории Республики Беларусь по принятым в области лесоведения и лесной таксации методикам [6–8].

Отбор образцов был произведен в рамках реализации задания 3.2.01 «Разработка новых подходов к исследованию объектов растительного происхождения при проведении судебно-экспертных исследований» по государственной программе научных исследований «Информатика, космос и безопасность» (подпрограмма 5.3 «Научное обеспечение безопасности человека, общества и государства», раздел 2 «Методы и технологии судебно-экспертной деятельности», номер госрегистрации 20160444).

Расположение ВПП показано на рисунке 1 (по условным линиям с севера на юг и с запада на восток). Минимальное расстояние между ними составило 70 км, максимальное – 138 км.



Рисунок 1. – Схема расположения объектов исследования

Изучение анатомического строения древесины в таких древостоях остается актуальным, хотя стоит отметить, что вопросы зависимости ширины годичного слоя у сосны от географической широты и условий места произрастания в пределах Беларуси досконально изучены А. И. Русаленко на примере сосняков лишайниковых, мшистых, черничных и насаждений, произрастающих на переходных и низинных болотах [9, с. 137–143].

При подборе объектов исследования старались добиться максимальной однородности по почвенным условиям и условиям увлажненности (таблица 1). Все насаждения имели естественное происхождение.

Таблица 1. – Некоторые лесоводственно-таксационные показатели насаждений на ВПП

№ ВПП	Координаты		Тип условий местопроизрастания	Состав	Возраст, лет	Класс бонитета
	Широта	Долгота				
1	55°57'33.7"N	28°38'31.7"E	A2	10С	130	2
2	54°43'22.7"N	28°17'26.6"E	A2	10С+Б	90	2
3	53°58'35.1"N	27°18'52.0"E	A2	9С1Б	130	1
4	53°24'01.9"N	27°44'21.5"E	A2	9С1Е+Б	85	1
5	52°10'31.7"N	27°47'05.9"E	A2	10С	80	1
6	51°43'45.2"N	28°08'55.5"E	A2	9С1Б	130	2
7	53°53'24.6"N	23°35'53.2"E	A2	10С	100	2
8	53°59'04.4"N	24°41'09.4"E	A2	10С ед. Б	85	2
9	53°49'55.9"N	26°29'59.9"E	A2	9С1Б	110	1
10	53°53'33.5"N	29°43'10.7"E	A2	10С	80	1
11	53°47'16.9"N	31°05'29.3"E	A2	8С2Е	125	1
12	53°20'53.0"N	32°35'44.0"E	A2	9С1Е	110	1

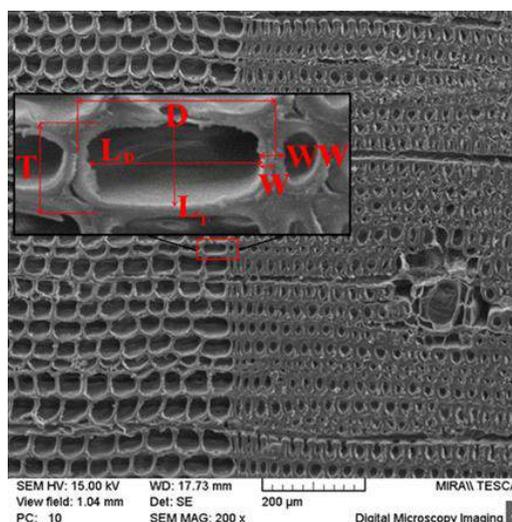
С каждой ВПП исследовали по 10 буровых кернов, отобранных с господствующих и согосподствующих деревьев (I–II классы Крафта) возрастом не менее 80 лет по принятой в криминалистике методике [10]. Перед непосредственным проведением измерений керны замачивали на 10–15 минут в горячей воде, затем ножом pistolетным с выдвигаемым лезвием в поперечном сечении срезали верхнюю часть толщиной 1–1,5 мм. Старались добиться максимально ровной и гладкой поверхности, а также избежать

образования царупин и других изъянов. Затем образцы просушивали при комнатной температуре и анализировали.

Количество ранних и поздних трахеид подсчитывали в последних 20 годичных слоях образца, размерные характеристики трахеид изучали по направлению от коры к сердцевине по 10 рядов клеток в каждом слое (т. е. от 300 до 600 трахеид в каждом керне), начиная от ранней древесины к поздней. Клетки, имеющие нестандартную форму поперечного сечения, при расчетах средних параметров не учитывались.

Цифровые изображения трахеид получали с помощью сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения MIRA3 фирмы Tescan (Чехия) при увеличении $\times 200$ на базе ГУ «Научно-исследовательский институт порошковой металлургии». Размерные характеристики рассчитывали в программе MCview (LOMO-Micro-systems), полученные данные в дальнейшем автоматически преобразовывались в сводную электронную таблицу формата Microsoft Office Excel. Для разграничения ранних и поздних трахеид применяли «правило Морка» [11, с. 54].

Для каждой трахеиды определяли размер клетки и полости по радиальному и тангенциальному направлениям, а также толщину одинарной и двойной клеточной стенки (рисунок 2).



T – тангенциальный размер клетки; *D* – радиальный размер клетки;
L_T – тангенциальный размер полости; *L_D* – радиальный размер полости;
W – толщина двойной клеточной стенки; *WW* – толщина двойной клеточной стенки

**Рисунок 2. – Участок годичного слоя *Pinus sylvestris* L.
 (на примере ранней трахеиды) (ВПП № 9)**

Расчет площади клеточной стенки ($S_{кc}$) и площади полости ($S_{п}$) проводили по следующим формулам [11, с. 22]:

$$S_{кc} = WW \times (T + D - WW), \quad (1)$$

$$S_{п} = D \times T - S_{кc}. \quad (2)$$

Для проведения статистического анализа использовался программный пакет Statistica, version 10.0 (StatSoft, США). Оценку статистической значимости различий средних значений проводили методом однофакторного дисперсионного анализа (oneway ANOVA) и теста Дункана для множественных сравнений (Duncan's multiple range tests).

Для построения классификационной модели методом главных компонент (РСА-анализ) использовали программное обеспечение The Unscrambler X (CAMO, США).

В целом работа основана на системном подходе, включающем рассмотрение лесоводственно-таксационных характеристик сосновых насаждений, их возрастной структуры в сочетании с анализом анатомического строения массового дендрохронологического материала. Такой подход позволил получить общее представление об изменениях размерных характеристик поперечных разрезов ранних и поздних трахеид древесины сосны в зависимости от географо-территориального расположения.

Результаты исследований и их обсуждение

Средние значения показателей радиального прироста и размерных характеристик ранних и поздних трахеид на поперечном разрезе древесины представлены в таблице 2 для каждой ВПП.

Таблица 2. – Количественные характеристики анатомического строения трахеид древесины *Pinus sylvestris* L. на поперечном разрезе

При- знак	Пара- метр	Временная пробная площадь											
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10	№ 11	№ 12
Радиальный прирост	ГС _{ср} (mm)	1,3	1,6	1,39	1,45	2,8	3,5	1,95	1,8	1,8	2,05	2,1	2,0
	SD	0,59	0,5	0,37	0,51	1,02	0,93	0,52	0,77	0,54	0,71	1,02	0,96
	ПД _{ср} , μm	0,3	0,3	0,5	0,5	0,9	1,2	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8
	SD	0,02	0,04	0,09	0,06	0,11	0,21	0,08	0,06	0,11	0,12	0,11	0,09
	% ПД _{ср}	23	19	36	34	32	34	36	39	33	34	38	40
Ранние трахеиды	N _{ср}	24	31	27	30	28	29	26	19	27	18	38	48
	SD	1,15	1,24	1,72	1,14	2,13	2,80	1,74	1,21	1,20	1,16	2,21	2,36
	T _{ср} , μm	29,93	33,8	34,2	34,81	35,11	35,47	34,8	34,8	34,8	34,8	36,01	35,78
	SD	0,42	0,89	0,92	1	0,64	0,32	1,01	0,34	0,87	0,99	0,67	0,73
	D _{ср} , μm	32,12	36,01	35,87	35,92	39,81	39,69	35,82	36	35,78	35,85	39,84	39,91
	SD	0,96	0,58	0,67	0,53	0,78	0,99	0,96	0,36	0,76	1	0,79	0,93
	L _T ср, μm	26,41	29,92	29,1	28,9	30,2	30,1	28,8	28,94	29,1	29,4	28,99	30,03
	SD	0,41	0,51	0,4	0,36	0,6	0,21	0,8	0,41	0,73	0,6	0,52	1,02
	L _D ср, μm	28,62	35,01	34,87	34,92	37,12	36,69	34,82	35	34,78	34,85	36,84	36,98
	SD	0,96	0,58	0,67	0,53	0,78	0,67	0,96	0,36	0,76	1	0,79	0,93
	W _{ср} , μm	1,82	2,1	2,34	2,57	2,61	2,65	2,36	2,31	2,34	2,3	2,34	2,36
	SD	0,21	0,13	0,06	0,31	0,27	0,33	0,09	0,11	0,08	0,12	0,21	0,09
	WW _{ср}	3,59	4,09	4,75	5,11	5,3	5,29	4,61	4,6	4,62	4,59	4,6	4,58
	SD	0,56	0,62	0,71	0,24	0,41	0,31	0,56	0,67	0,81	0,62	0,16	0,12
	S _{кеср} μm ²	497,0	637,96	755,92	827,31	906,51	907,13	736,12	736,00	737,54	732,84	782,46	777,23
S _{пср} μm ²	959,5	1215,0	1224,4	1247,8	1395,1	1405,1	1244,1	1250,4	1242,8	1245,2	1432,3	1425,6	
Поздние трахеиды	N _{ср}	19	16	18	19	16	13	18	12	19	26	24	19
	SD	1,32	1,22	1,21	1,17	1,74	1,76	1,36	1,11	1,13	1,24	1,22	1,45
	T _{ср} , μm	26,41	29,92	29,1	28,9	30,2	30,1	28,8	28,94	29,1	29,4	28,99	30,03
	SD	0,41	0,51	0,4	0,36	0,6	0,21	0,8	0,41	0,73	0,6	0,52	1,02
	D _{ср} , μm	17,6	18,6	19,6	18,6	20,6	20,3	19,6	18,8	19	18,6	19,9	21,1
	SD	0,21	0,93	0,55	0,65	0,57	0,69	0,71	0,75	0,59	0,67	0,45	0,61

Окончание таблицы 2

Поздние трахеиды	$L_{T\text{ ср}}$, μm	22,76	26,71	25,47	25,33	26,81	26,64	25,04	25,72	25,76	26,1	25,45	27,02
	SD	0,45	0,24	0,63	0,6	0,44	0,48	0,41	0,37	0,26	0,37	0,33	0,39
	$L_{D\text{ ср}}$, μm	13,84	14,61	15,85	14,82	17,12	16,84	15,84	15,58	15,66	15,3	16,36	18,09
	SD	0,05	0,23	0,23	0,16	0,14	0,17	0,05	0,06	0,39	0,06	0,11	0,05
	$W_{\text{ ср}}$, μm	4,02	3,53	3,99	3,93	3,73	3,81	4,14	3,54	3,67	3,63	3,89	3,31
	SD	0,09	0,05	0,16	0,31	0,17	0,33	0,09	0,11	0,78	0,12	0,21	0,09
	$WW_{\text{ ср}}$, μm	8,04	6,95	7,77	7,74	7,41	7,28	8,15	6,97	7,13	7,29	7,71	6,68
	SD	0,32	0,48	0,49	0,34	0,36	0,36	0,72	0,74	0,41	0,25	0,24	0,22
	$S_{\text{к с р}}$ μm^2	429,68	453,52	488,27	470,55	503,07	492,00	497,66	444,56	455,41	460,65	488,88	473,34
	$S_{\text{п с р}}$ μm^2	461,17	553,30	566,73	533,97	618,73	607,57	560,72	540,85	549,56	543,54	573,36	630,62

Примечание – $ГС_{\text{ ср}}$ – средняя ширина годичного слоя; $ПД_{\text{ ср}}$ – средняя ширина зоны поздней древесины; $\% ПД_{\text{ ср}}$ – процент поздней древесины от общей ширины годичного слоя; $N_{\text{ ср}}$ – среднее количество трахеид в 1 годичном слое; $T_{\text{ ср}}$ – средний тангенциальный размер трахеиды; $D_{\text{ ср}}$ – средний радиальный размер трахеиды; $L_{T\text{ ср}}$ – средний тангенциальный размер полости трахеиды; $L_{D\text{ ср}}$ – средний радиальный размер полости трахеиды; $W_{\text{ ср}}$ – толщина клеточной стенки; $WW_{\text{ ср}}$ – толщина двойной клеточной стенки; $S_{\text{к с р}}$ – площадь клеточной стенки трахеиды; $S_{\text{п с р}}$ – площадь полости трахеиды; SD – среднеквадратичное отклонение параметра.

Обработка полученных результатов показала, что все средние значения статистически значимы ($p \leq 0,05$), эмпирический t-критерий Стьюдента находится в интервале от 9 до 124.

Сравнивая приведенные в таблице 1 значения исследуемых параметров, можно отметить, что средняя ширина годичного слоя у деревьев сосны с исследованных ВПП изменяется в больших пределах (от 1,3 до 3,5 мм). Это объясняется разнообразием факторов, действующих на прирост деревьев. Однако различия показателей радиального прироста между отдельными деревьями на ВПП недостоверны ($p > 0,05$), что указывает на однородность модельного материала и возможность его использования для целей нашего исследования.

Повышенной изменчивостью параметров радиального прироста характеризуются ВПП № 5, 11, 12, которые расположены в южной части республики, одной из причин этого может являться неустойчивость увлажнения данных территорий [9, с. 221].

В целом по абсолютной величине изменение показателей радиального прироста, а именно ширины поздней древесины и годичного слоя в целом, подчиняется правилу: чем лучше условия произрастания, тем больше показатели радиального прироста, исключение составляет соотношение ранней и поздней древесины. Из исследованных объектов наибольшим радиальным приростом характеризовались древостои на ВПП № 5 и № 6, в которых ширина поздней древесины равна 0,9 и 1,2 мм, годичного слоя в целом – 2,8 и 3,5 мм, а наименьшим – древостой на ВПП № 1, где эти величины соответственно составляют 0,3 и 1,3 мм.

Соотношение ранней и поздней древесины в годичном слое в изученных нами древостоях колеблется от 0,6 до 4,3, что соответствует доле участия поздней древесины от 19 до 40 %. У сосны в условиях местопроизрастания, приближающимся к оптимальным, соотношение ранней и поздней древесины составляет величину, близкую к 1 [9, с. 103]. В наших исследованиях наибольший процент поздней древесины установлен для ВПП № 12, в связи с чем можно предположить, что сосняки на данной территории произрастают в условиях, близких к оптимальным.

Проанализированные размерные показатели анатомического строения древесины сосны также характеризуются достаточно сильной изменчивостью (таблица 1).

Результаты проведенных исследований показывают, что вне зависимости от места произрастания количество ранних трахеид в одном годичном слое в среднем в 1,6 раза больше, чем поздних; их радиальный размер, поперечное сечение – в 1,9 раза (размер полостей в 2,2 раза), в то время как тангенциальный в 1,2 раза (размер полостей в 1,1 раза).

Таким образом, поздние трахеиды имеют более сдавленную в радиальном направлении форму, чем ранние.

Поздняя древесина сосны обыкновенной имеет в 1,6 раза большую толщину стенок трахеид. В среднем площадь клеточной стенки одной трахеиды ранней древесины равняется $753 \mu\text{m}^2$, а поздней $471 \mu\text{m}^2$, т. е. ранние трахеиды имеют большую площадь поперечного сечения в примерно в 1,6 раза.

Еще более резкие различия наблюдаются при сравнении площадей полостей трахеид. Площадь полости у ранних трахеид в $\approx 2,3$ раза больше, чем у поздних. Отметим, что максимальные размеры как ранних, так и поздних трахеид наблюдались у образцов с ВПП № 5, 6, минимальные – с ВПП № 1.

Это можно объяснить тем, что на размерные характеристики трахеид большое влияние оказывает продолжительность вегетационного периода. В среднем этот показатель составляет в южных регионах Беларуси около 205 дней, а в северных – около 180 дней [12, с. 230].

Для выявления различий между исследованными ВПП были построены предсказательные классификационные модели [13] методом главных компонент (РСА-анализ) на основе рассчитанных размерных характеристик ранних и поздних трахеид (рисунок 3).

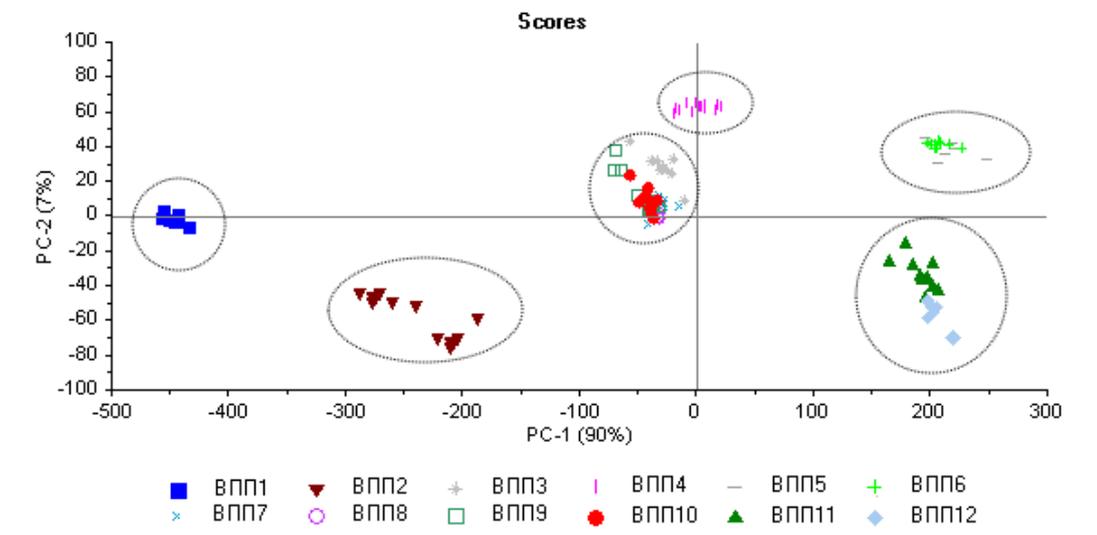


Рисунок 3. – Результаты РСА-анализа данных

Для того чтобы оценить качество моделей, была осуществлена их проверка с помощью метода кросс-валидации [12, с. 7], по результатам которой установлено, что все построенные модели являются устойчивыми и стабильными, а потому могут быть использованы для дифференциации исследованных ВПП.

На рисунке 4 представлено распределение Хоттеллинга (T^2 -распределение) [13].

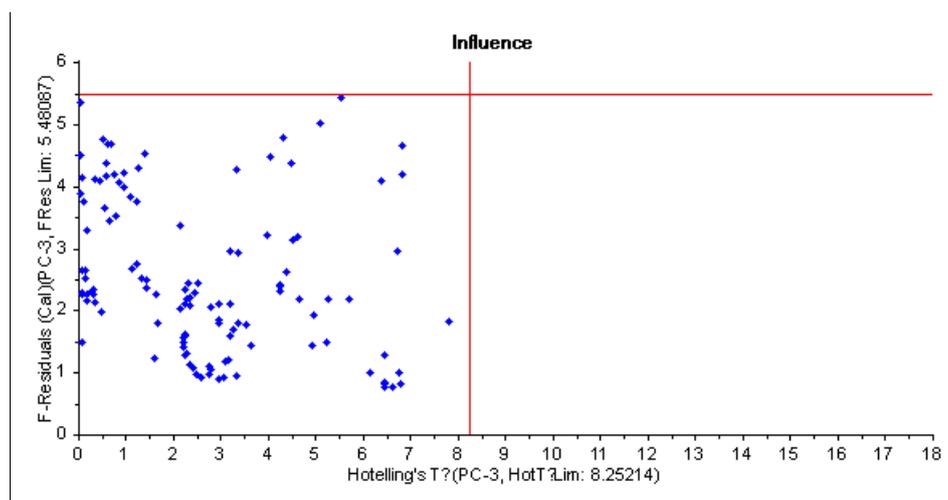


Рисунок 4. – Распределение Хоттеллинга по всем исследованным образцам

Как следует из распределения Хоттеллинга (T^2 -распределение) [14, с. 310], все исследованные образцы находятся в левом нижнем квадранте графика, а это позволяет сделать вывод, что полученные классификационные модели не содержат в себе грубых погрешностей (промахов).

Таким образом, использованные предсказательные модели позволили разделить (классифицировать) исследованные образцы на 6 хорошо различающихся групп. Образцы с ВПП № 1 (Россонский район Витебской области), ВПП № 2 (ГПУ «Березинский биосферный заповедник», Витебская область), ВПП № 4 (Пуховичский район Минской области) сформировались в индивидуальные группы, что позволяет их выделить с помощью метода главных компонент.

Образцы с ВПП № 5 (Житковичский район Гомельской области) и ВПП № 6 (Лельчицкий район Гомельской области) формируют единый кластер, что может быть обусловлено сходными климатическими факторами (например, температурный режим летних месяцев) и для данных ВПП совпадает с агроклиматическим районированием.

Также единый кластер формируют ВПП № 3 (Минский район), ВПП № 7 (Гродненский район), ВПП № 8 (Щучинский район Гродненской области), ВПП № 9 (РЛЗ «Налибокский», Минская область), ВПП № 10 (Бельничский район Могилевской области). Этот факт можно объяснить тем, что пробные площади расположены примерно на одной географической широте.

Однако наблюдается отчетливое отделение ВПП № 11 (Чаусский район Могилевской области) и ВПП № 12 (Хотимский район Могилевской области), которые расположены примерно на той же широте, однако формируют собственный кластер (группу), который расположен в правой зоне отрицательных значений по оси фактора 2. В то же время для ВПП № 3, 7–10 величина фактора 2 в большинстве случаев характеризуется положительной величиной, кроме того, все они расположены в левой зоне.

Возможно, причина кроется в том, что территория, на которой расположены ВПП № 11, 12, находится в зоне радиоактивного загрязнения (пятно, расположенное на севере Гомельской области и в центральной части Могилевской). Отметим: для буровых кернов с данных ВПП наблюдалось также и наибольшее количество выбракованных из эксперимента трахеид с нестандартной формой поперечного сечения ($\approx 9,8\%$).

Заклучение

Обобщая полученные результаты, можно отметить, что территория Республики Беларусь является благоприятной для произрастания сосновых древостоев. Однако в связи с воздействием целого комплекса формирующих климат факторов неизбежно наблюдается некоторая вариационность как общих параметров радиального прироста, так и анатомических характеристик годичного слоя.

В целом выполненные экспериментальные исследования позволили сделать следующие выводы.

1. Размерные параметры трахеид годичных слоев древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) подвержены влиянию географических факторов места произрастания и отличаются большей чувствительностью, чем общие параметры радиального прироста.

2. В большей степени, по сравнению со всеми исследованными параметрами, от условий местопроизрастания зависит соотношение ранней и поздней древесины.

3. Сравнительный анализ анатомического строения годичных слоев может использоваться для дифференциации образцов древесины. Необходимым условием для правильной интерпретации полученных результатов является применение хемометрических алгоритмов анализа (например, анализ главных компонент, сопоставление кластеров и т. д.).

4. Выявленные закономерности изменчивости размерных характеристик трахеид могут иметь практическое значение в случае перевода сравнительных исследований в целях верификации легальности или доказательства происхождения срубленной древесины с места незаконной рубки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wilson, K. The anatomy of wood: its diversity and variability / K. Wilson, D. J. B. White. – Stobart & Son, 1986. – 309 p.
2. Crang, R. Plant Anatomy: A Concept-Based Approach to the Structure of Seed Plants / R. Crang, S. Lyons-Sobaski, R. Wise. – Springer International Publishing, 2018. – 725 p.
3. Formation of new networks of earlywood vessels in seedlings of the deciduous ring-porous hardwood *Quercus serrata* in springtime / K. Kudo [et al.] // *Trees*. – 2018. – P. 1–10.
4. Babushkina, E. A. Earlywood and Latewood Features of *Pinus sylvestris* in Semiarid Natural Zones of South Siberia / E. A. Babushkina, L. V. Belokopytova // *Russian Journal of Ecology*. – 2018. – Vol. 49, № 3. – P. 209–217.
5. Гельтман, В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В. С. Гельтман. – Минск : Наука и техника, 1982. – 328 с.
6. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки : ОСТ 56-69-83. – Утв. приказом Гос. комитета СССР по лесному хозяйству № 72 от 23 мая 1983 г.
7. Мелехов, И. С. Лесоведение : учеб. для вузов / И. С. Мелехов. – 3-е изд., стер. – М. : МГУЛ, 2004. – 398 с.
8. Мелехов, И. С. Лесоводство / И. С. Мелехов. – М., 1989. – 302 с.
9. Русаленко, А. И. Годичный прирост деревьев и влагообеспеченность / А. И. Русаленко. – М. : Наука и техника, 1986. – 238 с.
10. Методические рекомендации по исследованию лесоматериалов дендрохронологическим методом в судебно-ботанической экспертизе / А. Н. Хох [и др.]. – Минск : Право и экономика, 2018. – 46 с.
11. Bardarov, N. Influence of some anatomical features on the density of wood / N. Bardarov, C. Novoselets // *Innovation in woodworking industry and engineering design*. – 2013. – Vol. 2. – P. 53–58.

12. Основные результаты мониторинга изменения климата на территории Республики Беларусь / В. И. Мельник // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 6–7 апр. 2016 г. – С. 228–235.

13. Kessler, W. A Handy Tool for Chemometrics: The Unscrambler X / W. Kessler, R. Kessler // Scientific Computing. – 2010. – Vol. 27, № 4. – 13 p.

14. Zhang, W. Pricing of Shared-Parking Lot: An Application of Hotelling Model / W. Zhang, S. Wang // International Conference on Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services. – Smart Innovation, Systems and Technologies. – 2018. – Vol 98. – P. 310–317.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 25.06.2019

Khokh A. N., Zvyagintsev V. B. Geographic Conditionality of the Anatomical Characteristics of Cell Structure of Scots Pine Wood in Conditions of Belarus

The article considers the issue of the influence of geographical conditions of growing location on of the peculiar anatomical structure of tree layers of Scots pine (Pinus sylvestris L.). The objects of research were old-growth forest stands on the territory of the Republic of Belarus. In total, 12 temporary sample plots were laid in mossy pine forests (Pinetum pleuroziosum), according to the methods adopted in the field of forest science and dendrometry. The values of such indicators as the number of early and late tracheids, the dimensions of their cavities and wall thickness were determined. The study findings revealed steady tendencies of variability of the dimensional characteristics of tracheids in accordance with geographic latitude. The revealed facts may be of practical importance in the case of comparative studies of the Scots pine wood in order to roughly determine the area of interest.

УДК 551.1/4(476)

М. А. Богдасаров¹, Ю. Д. Кожанов², А. Н. Маевская³

¹д-р геол.-минерал. наук, проф., зав. каф. географии и природопользования

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

²магистр геогр. наук, учитель географии ГУО «Средняя школа № 28 г. Бреста»

³магистр геогр. наук, аспирант каф. географии и природопользования

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

e-mail: ¹bogdasarov73@mail.ru

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПАЛЕОГЕН-НЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БРЕСТСКОГО РАЙОНА

Актуализированы данные по буровым скважинам, вскрывшим палеоген-неогеновые отложения Брестского района. Детализированы стратиграфические, литологические и минералого-петрографические особенности палеоген-неогеновых отложений, дана краткая палеогеографическая характеристика палеогенового и неогенового этапа применительно к территории исследований. В программной среде ArcGIS 10.5 построены серии структурно-геологических карт, выступающие основой для анализа особенностей залегания граничных поверхностей (кровли и подошвы пластов), а также распределения мощности отложений палеогеновой и неогеновой систем территории Брестского района.

Введение

Палеоген-неогеновые отложения территории Брестского района представлены комплексом разнофациальных морских и континентальных пород, вмещающих в себя полезные ископаемые, которые представляют собой основу для развития местной строительной индустрии. Литологическое разнообразие отложений, их своеобразный комплекс, использование в качестве региональной ресурсной базы строительных материалов и твердого топлива определяет актуальность проведения работ в данном направлении. В тектоническом отношении территория района охватывает юго-западную часть Подляско-Брестской впадины (в пределах Беларуси), западную часть Луковско-Ратновского горста и северную часть Волынской моноклинали Вольно-Азовской плиты [1].

Материалы и методы исследования

Информационную базу исследования составили данные описания скважин, пробуренных в пределах рассматриваемой территории в разное время специалистами РУП «Белгеология». Получена информация о вещественном составе отложений и их принадлежности к определенным стратиграфическим подразделениям. Авторами также использовались литературные источники и серии опубликованных карт (тектонические, геологические, дочетвертичных отложений).

Результаты и их обсуждение

В основу расчленения толщи палеоген-неогеновых отложений исследуемой территории положена стратиграфическая схема палеогеновых и неогеновых отложений Беларуси. В 2017 г. в качестве официальной стратиграфической основы для научных исследований и практики геологических работ были утверждены стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси 2010 г. (постановление Минприроды Республики Беларусь от 23.01.2017 № 8) [2]. При этом схема по неогену была утверждена с изменениями, касающимися объема системы в связи с принятием нижней границы четвертичной системы/периода на территории Беларуси на уровне 2,58 млн лет в соответствии с Международной хроностратиграфической шкалой [3].

Решение о перемещении вышеуказанной границы с уровня 1,8 млн лет на уровень 2,58 млн лет принято Стратиграфической комиссией, которая начала действовать в Беларуси с 2017 г. Комиссия была образована Минприроды Республики Беларусь (постановление от 30.11.2016 № 39) в соответствии с Кодексом Республики Беларусь о недрах фактически для осуществления функций национального стратиграфического комитета. Решения Стратиграфической комиссии обязательны для исполнения всеми заинтересованными резидентами после того, как Минприроды Республики Беларусь утвердит их в виде своих постановлений [4].

На основании проведенных исследований установлено, что палеогеновые отложения на территории района занимают значительные площади, залегая на меловых образованиях и подстилая неогеновые, а в некоторых случаях – непосредственно четвертичные. По литологическому составу выделены отложения верхней части среднего эоцена, верхнего эоцена и олигоцена. Поверхность морских палеогеновых отложений наклонена преимущественно в северо-западном направлении. Абсолютные отметки подошвы изучаемых отложений 50–140 м (рисунок 1а). Средняя глубина залегания 55–60 м, на юге района (в пределах Луковско-Ратновского горста) – 25–30 м.

Средняя мощность толщи палеогеновых отложений составляет 9–11 м (рисунок 1б), при этом максимальные показатели (до 35 м) характерны для северных и северо-западных частей района, а минимальная мощность характерна для южной части района и варьирует в пределах 1–2 м. Средняя мощность отложений киевского горизонта составляет около 8–10 м, максимальная – 25 м (в северо-западной и северо-восточной частях района). При этом южнее линии деревни Леплевка – Рудня – Черск – Новосады мощность отложений не превышает 2–3 м. Средняя мощность отложений харьковского горизонта составляет 1–2 м. Абсолютные отметки кровли палеогеновых отложений 60–75 м (рисунок 1в). Мощность перекрывающих отложений варьирует от 15–20 м на юге района до 80–90 м на севере (рисунок 1г).

Отложения киевского горизонта представлены зеленовато-серыми, мелкозернистыми глауконитово-кварцевыми песками, бескарбонатными зеленовато-серыми алевритами, светло-серыми мергелями и подстилают четвертичную толщу в виде узких, линейно вытянутых полос в направлении городов Высокое, Каменец, Брест. На юге района происходило нарушение порядка площадной дифференциации материала в морском бассейне: дельтовые песчано-галечные отложения крупной палеореки, текущей с Украинского щита, вытеснили из разреза морские мергели и алевриты на северном склоне Ратновского выступа [5].

Отложения харьковского горизонта представлены толщей мелкозернистых глауконитово-кварцевых песков, местами глинистых, ожелезненных, иногда слабоцементированных глинисто-кремнистым цементом. В харьковское время в пределах района начали формироваться мелководные отложения терригенно-регрессивной формации. В южной части района над уровнем моря (район Луковско-Ратновского горста) выступал крупный остров. Мелкие острова и подводные поднятия с превышением 40–50 м возникли в местах развития локальных структур. В рельефе поверхности дна харьковского моря отсутствовали какие-либо значительные переуглубления, столь характерные для среднеэоценового киевского водоема. Это может быть связано с тем, что на рубеже среднего – позднего эоцена территория района испытала определенное поднятие. Постепенное обмеление и сокращение площади моря в раннем олигоцене, прерываемое ингрессиями, обусловило непрерывную миграцию береговой линии. Ее многочисленные подвижки привели к активизации деятельности глубинных течений, русла которых наследовали опущенные зоны сочленения тектонических структур [6].

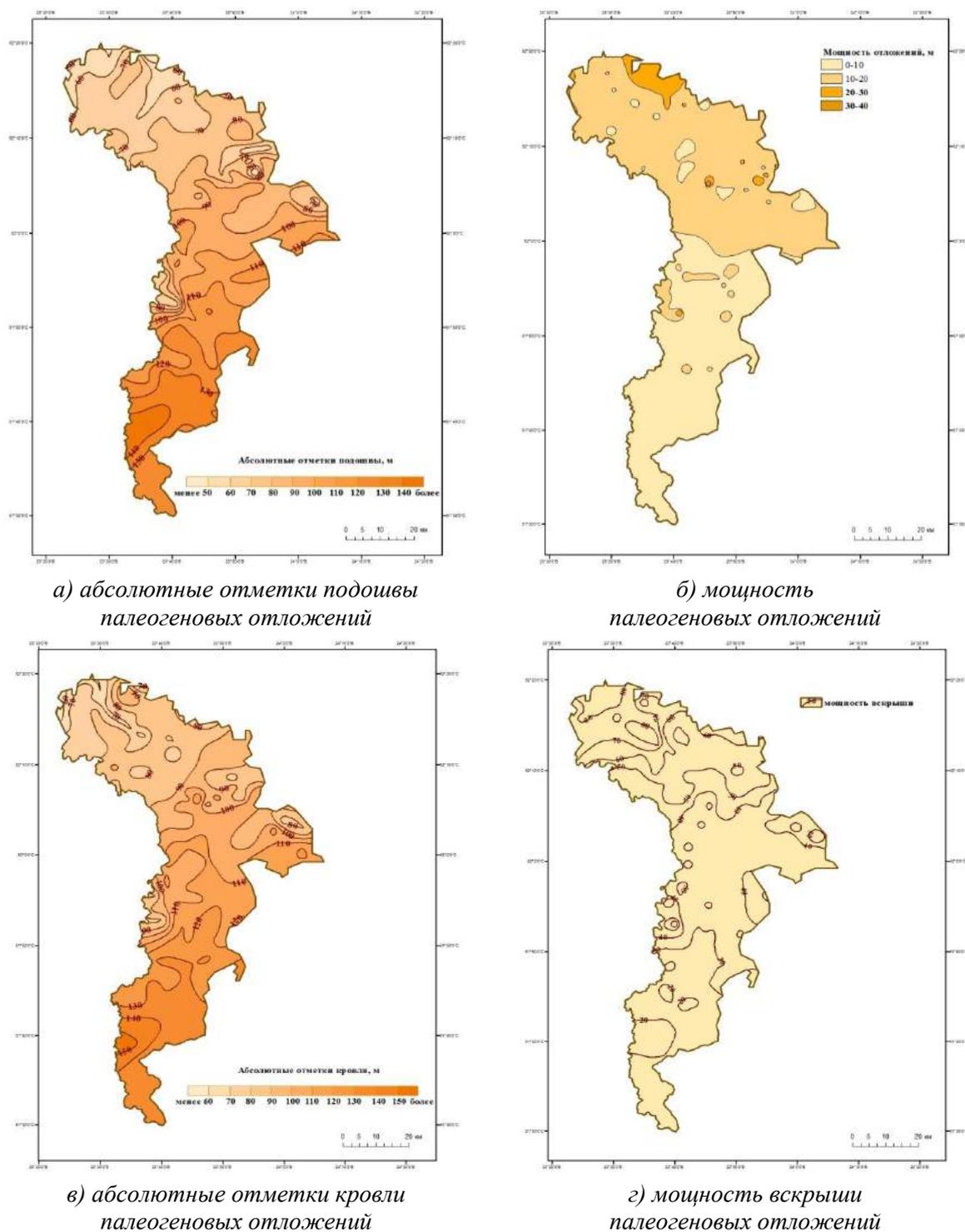


Рисунок 1. – Особенности залегания палеогеновых отложений на территории Брестского района Брестской области

Неогеновые отложения в пределах данной территории занимают значительные площади, непосредственно подстилая четвертичные. На основании данных спорово-пыльцевого анализа в неогеновой толще выделены отложения нижнего, среднего, верхнего миоцена и отложения нижнего и верхнего плиоцена [2]. Абсолютные отметки подошвы изучаемых отложений 60–150 м (рисунок 2а). Средняя глубина залегания – 50–60 м, на севере и северо-западе района – 70–80 м, на юге района – 20–25 м.

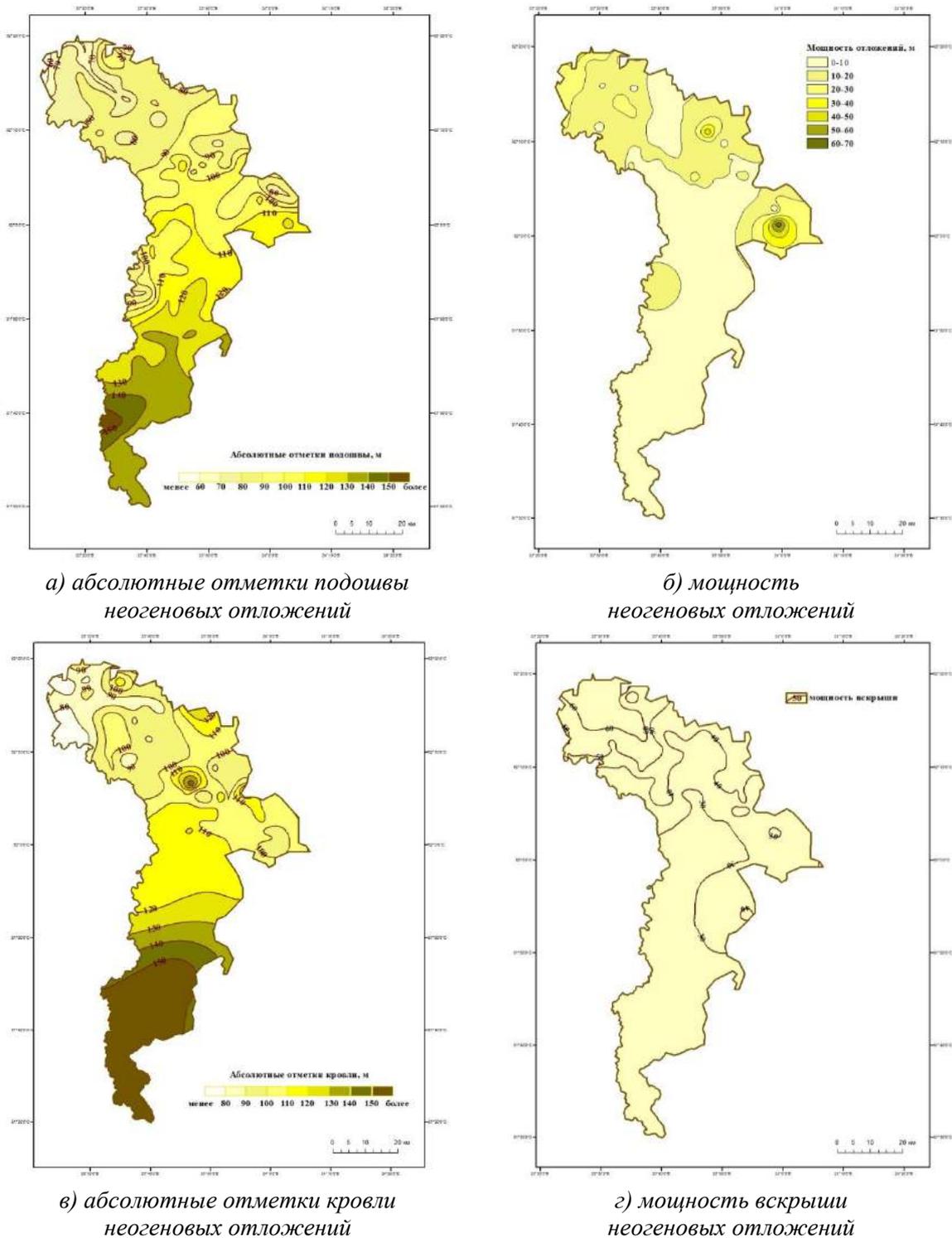


Рисунок 2. – Особенности залегания неогеновых отложений на территории Брестского района Брестской области

Средняя мощность неогеновой толщи составляет 8–10 м (рисунок 2б), при этом максимальные показатели (до 60–70 м) характерны для крайней восточной части района (окрестности д. Радваничи), а минимальная мощность характерна для его южной части и составляет 2–3 м. Абсолютные отметки кровли отложений – 70–120 м (рисунок 2в).

Мощность перекрывающих отложений варьирует в пределах от 20–30 м на юге района и 55–65 м на севере и северо-западе (рисунок 2г).

Нижнемиоценовые отложения представлены аллювиальными, озерными и болотными фациями – серыми, темно-серыми мелко- и разнозернистыми кварцевыми песками с примесью углистого материала и небольшими по мощности прослоями бурого угля. Граница между образованиями нижнего и среднего миоцена установлена по палеоботаническим данным, поскольку литологически толща довольно однообразна.

В раннем миоцене территория района представляла собой заболоченную местность, где в результате тектонических подвижек и активной деятельности быстро развивающихся рек с их долинами, поймами, террасами накапливались аллювиальные и аллювиально-озерные фации. В условиях континентального режима происходит размыв и переотложение более древних образований (палеогеновых, верхнемеловых) [7].

Отложения среднего миоцена на рассматриваемой территории развиты более широко и представлены разнофациальными (аллювиальными, озерными, болотными) образованиями, сложенными кварцевыми песками серыми или темно-серыми, в разной степени углистыми, мелкозернистыми, изредка с примесью крупных, хорошо окатанных зерен кварца.

В разрезах пойменного типа, где встречены угольные пласты, как правило, именно они относятся к среднемиоценовым, сформировавшимся в условиях пойменных болот с различной обводненностью и проточностью [8]. В среднемиоценовое время на территории района продолжалось накопление осадков (пески, алевриты, глины) исключительно или преимущественно в палеодолинах, образованных в результате работы крупных и мелких рек (Зап. Буг, Лесная, Мухавец и др.), на протяжении длительного периода. Палеодолины более интенсивно развивались во время усиленных проявлений альпийского орогенеза [7].

Отложения верхнего миоцена в пределах территории исследования развиты наиболее широко, среди них преобладают глины серые со слабым светло-голубоватым оттенком, темно-серые вследствие значительной примеси разложившейся органики. Нередко в толще этих глин отмечаются пестроцветные глины с ржаво-желтыми или ржаво-красными (реже) пятнами на сером и светло-сером фоне.

В позднем миоцене в юго-западной части Беларуси в результате проявлений альпийского орогенеза происходило опускание территории [5], что создало благоприятные условия для проникновения сюда с запада вод Познанского бассейна, регрессировавшего к этому времени до крупных реликтовых, постепенно опресняющихся озер [9].

Пониженные зоны образовавшегося пресноводного водоема заполнялись тонкодисперсной монтмориллонитовой и монтмориллонитово-каолинитовой (в верхней части разреза с примесью гидрослюда) глиной благодаря наличию слабощелочной среды, способствовавшей трансформации переотложенного из морских палеогеновых пород глауконита в монтмориллонит [10].

Отложения плиоцена представлены в изученных разрезах в основном алевритами светло-серыми и серыми с зеленоватым, реже голубоватым и буроватым оттенком. По всему разрезу алевриты в разной степени песчанистые и глинистые, местами с горизонтальной слоистостью и растительными остатками.

На исследуемой территории хорошо проявилось раннеплиоценовое потепление (климатический оптимум всего плиоцена), претегеленское похолодание, приведшее к резкому преобразованию флоры, а также максимум акчагыльской трансгрессии в позднем плиоцене [11].

Заклучение

Палеогеновые образования в пределах Брестского района представлены комплексом морских (киевский и харьковский горизонты), прибрежно-морских и лиманно-дельтовых (страдабский горизонт), разнофациальных континентальных (крупейский горизонт) пород. Мощность непостоянна, в среднем 8–10 м.

В разрезах преобладают пески и алевроиты, глауконитово-кварцевые и кварцевые, с прослоями мергеля, песчаника, глин и других отложений. Основными палеогеографическими событиями, произошедшими в палеогене на рассматриваемой территории, были регрессия последнего морского бассейна и окончательное повсеместное установление геократической обстановки, похолодание климата от тропического до умеренного и изменение его от морского до континентального.

Неогеновые отложения состоят из фаций континентальных образований – аллювиальных, накопившихся в русле рек, на пойме во время разливов, в старичных и карстовых озерах пойм, а также озерных и болотных аккумуляциях застойных озерных водоемов и болот, часто возникавших в краевых частях озер или полностью занимавших обмелевшие озерные ванны и карстовые воронки. Средняя мощность неогеновых отложений составляет 8–10 м.

Разрезы неогена состоят из слоев кварцевых песков, изредка переходящих в слабо сцементированные углистым и глинистым веществом песчаники, а также из глин и алевроитов темно-серых и серых с различными оттенками, прослоями и линзами бурого угля, сапропелита, часто с включением растительных остатков и створок диатомовых водорослей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология Беларуси / под ред. А. С. Махнач, Р. Г. Гарецкого, А. В. Матвеева. – Минск : ИГН НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
2. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объясн. зап. / С. А. Кручек [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 282 с.
3. The ICS International Chronostratigraphic Chart / К. М. Cohen [et al.] // Episodes. – 2013. – Vol. 36, № 3. – P. 199–204.
4. Стратиграфическая схема квартера Беларуси: новая редакция в связи с увеличением объема системы / С. В. Демидова, Т. В. Якубовская, Т. Б. Рылова // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований : материалы X Всерос. совещ. по изучению четвертич. периода, Москва, 25–29 сент. 2017 г. – М. : ГЕОС, 2017 – С. 117–118.
5. Палеогеография кайнозоя Беларуси / А. В. Матвеев [и др.] ; под ред. А. В. Матвеева. – Минск : ИГН НАН Беларуси, 2002. – 228 с.
6. Новые данные по стратиграфии и палеогеографии палеогеновых отложений запада европейской части СССР / А. А. Григялис [и др.] // Совет. геология. – 1988. – № 12. – С. 43–54.
7. Невмержицкая, З. М. Условия образования палеоген-неогеновых отложений в Подляско-Брестской и Припятской впадинах / З. М. Невмержицкая, Л. Н. Аракчеева // Неогеновые отложения Белоруссии (стратиграфия, литология, геохимия). – Минск : Наука и техника, 1982. – С. 104–115.
8. Ажгиревич, Л. Ф. Буроугольная формация кайнозоя Белоруссии / Л. Ф. Ажгиревич ; под ред. А. В. Матвеева. – Минск : Наука и техника, 1981. – 206 с.
9. Dyjor, S. Młodotrzeciorzędowy i eopleistoceniński rozwój sieci kopalnych dolin w Polsce na tle ewolucji paleogeograficznej obszaru bruzdy środkowoeuropejskiej / S. Dyjor // Problemy młodszego neogenu i eoplejstocenu w Polsce. – Wrocław ; Łódź, 1987. – S. 13–42.

10. Зайцева, Н. В. Глины среднего олигоцена-плиоцена Белоруссии / Н. В. Зайцева. – Минск : Наука и техника, 1987. – 240 с.

11. Бурлак, А. Ф. Новые литологические данные к стратиграфии и корреляции палеогеновых отложений запада СССР / А. Ф. Бурлак // Флора и фауна кайнозоя Беларуси. – Минск, 1992. – С. 105–107.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 31.01.2020

Bogdasarov M. A., Kozhanov Yu. D., Mayevskaya A. N. Structural Features and Material Composition Paleogen-Neogenic Deposits of the Brest District

The work has updated the data on boreholes that have discovered Paleogene-Neogene deposits of the Brest region. The stratigraphic, lithological, and mineralogical-petrographic features of the Paleogene-Neogene deposits are detailed, a brief paleogeographic characteristic of the Paleogene and Neogene stages is given in relation to the study area. A series of structural-geological maps have been built in the ArcGIS 10.5 software environment, which serve as the basis for analyzing the features of the occurrence of boundary surfaces (roof and sole of formations), as well as the distribution of sediment thickness of Paleogene and Neogene systems in the Brest region.

УДК 911.3:61

О. О. Дорожко¹, О. И. Грядунова², М. А. Богдасаров³¹магистр геогр. наук, аспирант каф. географии и природопользования

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

²канд. геогр. наук, доц., доц. каф. географии и природопользования

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

³д-р геол.-минерал. наук, проф., член-корр. НАН Беларуси,

зав. каф. географии и природопользования

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

e-mail: 1dorozhko070996@mail.ru

БИОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлен анализ биоклиматических факторов Брестской области с 2001 по 2019 г., который включает расчет и оценку частных индексов патогенности (температуры воздуха, межсуточного изменения температуры воздуха, влажности воздуха, межсуточного изменения атмосферного давления, скорости ветра и облачности). На основании полученных значений частных индексов рассчитан комплексный индекс патогенности, позволяющий выявить комфортные и дискомфортные погодные условия на исследуемой территории. Для оценки тенденций изменения комплексного индекса патогенности рассчитывались среднее квадратическое отклонение, коэффициент наклона линии тренда, коэффициент детерминации и коэффициент вариации. Полученные результаты указывают на тенденцию уменьшения патогенных условий климата Брестской области.

Введение

Одним из индикаторов благополучия любого общества является здоровье населения. Влияние климата на здоровье человека известно давно, но только в конце XX в. стала развиваться наука медицинская климатология. Многочисленные литературные источники, посвященные медицинской климатологии, экологическим условиям жизнедеятельности человека, биоклиматическим показателям природной среды и другим вопросам, раскрывающим экологическое значение климата, свидетельствуют о том, что комфортность климата как совокупность составляющих его элементов, а также проявление отдельно взятых климатических составляющих оказывают существенное влияние на состояние здоровья населения [1].

Материалы и методы исследования

На территории Беларуси достаточно хорошо апробированы методики биоклиматической оценки климатических факторов, предложенные В. И. Русановым, М. В. Исаевым и В. Г. Бокшей [2–4]. Биоклиматическая оценка, предложенная В. И. Русановым, позволяет получить общие представления о закономерностях распределения комфортности среды обитания. Методика М. В. Исаева определяется тем, что биоклиматические факторы представлены применительно к человеку и характеризуют связь климата с его тепловым состоянием, здоровьем, особенностями рекреации и санитарно-гигиенической оценкой в естественных условиях [5, с. 27].

В настоящей работе использовалась методика расчета индекса погоды, предложенная В. Г. Бокшей, суть которой заключается в определении как частных, так и комплексного индексов патогенности. Для оценки степени раздражающего действия изменений погоды на организм человека используется индекс патогенности метеорологической ситуации I. Комплексный индекс патогенности метеорологической ситуации (в баллах) был рассчитан по формуле:

$$I = it + i\Delta t + if + i\Delta p + iv + in, \quad (1)$$

где I – комплексный индекс патогенности, it – индекс патогенности температуры воздуха, $i\Delta t$ – индекс патогенности межсуточного изменения температуры воздуха, if – индекс патогенности влажности воздуха, $i\Delta p$ – индекс патогенности межсуточного изменения атмосферного давления, iv – индекс патогенности скорости ветра, in – индекс патогенности облачности.

Комплексный индекс патогенности складывается из частных индексов патогенности, каждый из которых пропорционален квадрату параметра патогенности, отражающего динамику погоды в течение суток (температуры воздуха, изменения температуры воздуха, влажности воздуха, скорости ветра, облачности, изменения атмосферного давления). Частные индексы патогенности были рассчитаны по формулам, представленным в таблице 1.

Таблица 1. – Формулы для расчета частных индексов патогенности

Название индекса	Формула расчета
Индекс патогенности температуры воздуха	$it = 0,02 * (18 - t)^2$, где t – среднесуточная температура воздуха, °С
Индекс патогенности межсуточного изменения температуры воздуха	$i\Delta t = 0,03 * (\Delta t)^2$, где Δt – межсуточное изменение температуры воздуха, °С/сут
Индекс патогенности влажности воздуха	$if = 10 * \frac{f-70}{20}$, где f – среднесуточная относительная влажность, %
Индекс патогенности межсуточного изменения атмосферного давления	$i\Delta p = 0,06 * (\Delta p)^2$, где Δp – межсуточное изменение атмосферного давления, гПа/сут
Индекс патогенности скорости ветра	$iv = 0,02 * v^2$, где v – среднесуточная скорость ветра, м/с
Индекс патогенности облачности	$in = 0,06 * n^2$, $n = 10 - \frac{S_{\phi}}{S_{\text{м}}}$, где n – облачность по гелиографу, S_{ϕ} – фактическая продолжительность солнечного сияния, $S_{\text{м}}$ – максимально возможная продолжительность солнечного сияния

В зависимости от величины I условия оцениваются следующим образом: 0–9,9 – оптимальные, 10–16 – слабо раздражающие, 16,1–18 – умеренно раздражающие, 18,1–24 – сильно раздражающие, более 24 – острые [6].

При написании работы использовались материалы, полученные в Государственном учреждении «Брестский областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» по метеорологическим станциям, расположенным в пределах Брестской области (Брест, Высокое, Пружаны, Ивацевичи, Барановичи, Ганцевичи, Пинск, Полесская) за период с 2001 по 2019 г. При этом рассматривались следующие данные: среднесуточная температура воздуха, среднесуточная влажность воздуха, среднесуточные скорости ветра, среднесуточная облачность, среднесуточное атмосферное давление.

Результаты и их обсуждение

Индекс патогенности температуры воздуха (ИПТВ). Среднегодовая величина ИПТВ по Брестской области составляет 3,7, характеризуется постепенным понижением

с севера и севера-востока на юг, достигая своего минимума в г. Бресте. Средние многолетние показатели изменяются от 0,2 до 10,6. Годовой ход ИПТВ характеризуется наибольшими значениями зимой и наименьшими – летом. Весной и осенью наблюдается постепенное возрастание значений ИПТВ. Максимальные значения ИПТВ характерны для января. Отсюда следует, что январь чаще всего является самым неблагоприятным месяцем. Достаточно часто неблагоприятными условиями характеризуется и декабрь. Наиболее высокие значения ИПТВ за период исследования отмечены на большей части Брестской области в январе 2010 г. и феврале 2012 г. и изменялись от 14,9 до 17,8, что объясняется достаточно низкими температурами в этот период. Минимальные показатели ИПТВ за исследуемый период на большей части территории Брестской области отмечались в 2002 г. и составили 0,1.

Анализ ИПТВ показал, что за наблюдаемый период отмечается изменение среднегодовых значений в сторону уменьшения. Однако распределение этих показателей в течение года позволило сделать следующие выводы: в январе и августе отмечается устойчивое повышение ИПТВ, а в марте, сентябре, ноябре и декабре, наоборот, понижение. Самыми низкими показателями за исследуемый период отличаются города Брест и Пинск, а самыми высокими – города Барановичи и Ганцевичи.

Индекс патогенности межсезонного изменения температуры воздуха (ИПМИТВ). Особенности годового хода ИПМИТВ характеризуются максимумом в наиболее холодном месяце – январе (среднее значение по территории Брестской области составляет 2,7), минимумом в теплом сезоне (июль, август). Между этими основными значениями наблюдается несколько промежуточных максимумов, которые отмечаются в мае и октябре. Для января также характерны значительные перепады ИПМИТВ, в то время как для летних месяцев они минимальны. Весна и осень характеризуются промежуточными значениями.

Среднегодовое значение ИПМИТВ за период исследования по территории Брестской области составляет 1,9 и характеризуется максимумом в северо-восточной части и постепенным понижением к юго-западу, достигая своего минимума в городах Брест и Высокое. Самыми благоприятными месяцами по показателю ИПМИТВ являются июль и август, в меньшей степени июнь. Самым неблагоприятным является январь, дискомфортными условиями также отличаются декабрь и февраль. Абсолютные максимумы ИПМИТВ поднимались до 9,8 в 2003 г. на метеостанции Ганцевичи, а минимальные значения ИПМИТВ составляют 0,3 в 2017 г. (г. Пинск и метеостанция Полесская).

В многолетней динамике ИПМИТВ можно отметить, что максимальное снижение показателей за исследуемый период отмечается в холодный период (особенно в ноябре и декабре). В переходные сезоны (особенно в мае и октябре) наблюдается, наоборот, увеличение показателей. Наибольшими контрастами среднемесячных значений ИПМИТВ отличаются весенне-летний, а также летне-осенний период.

Анализ **индекса патогенности режима влажности воздуха (ИПВВ).** Среднегодовой ИПВВ по Брестской области в среднем за период исследования составляет 3,8, а среднегодовые значения изменяются от 2,6 (г. Брест) до 4,8 (метеостанция Полесская). Значения ИПВВ увеличиваются с запада на восток и юго-восток.

Наиболее высокие значения ИПВВ в целом за год отмечены на преобладающей части территории Брестской области в 2009, 2010 и 2017 гг. Показатели изменяются от 4,1 (г. Брест) до 7,1 (г. Барановичи). Это объясняется достаточно высокими значениями показателя в холодный период. Самое низкое среднегодовое значение ИПВВ за исследуемый период наблюдалось в 2014 и 2015 гг., где значения изменялись от -1,4 (г. Ганцевичи) до 2,7 (Полесская). В наибольшей части пунктов наблюдения эти показатели были отрицательными, что связано с высокой относительной влажностью как в теплый, так и в холодный период года.

Годовой ход ИПВВ характеризуется наибольшими значениями осенью и зимой и наименьшими весной и летом. При этом минимум приходится на весенний период (апрель). Отсюда следует, что апрель является самым благоприятным по режиму влажности воздуха. Максимальные значения ИПВВ характерны для декабря. Достаточно часто неблагоприятными условиями характеризуется и январь. В отдельные годы ИПВВ как летних, так и зимних месяцев резко отличался от средних многолетних. Так, минимумы ИПВВ изменяются от $-13,8$ (г. Ивацевичи, 2016 г.) до $-14,8$ (г. Пружаны, 2015 г.), а максимальные значения ИПВВ поднимались до $11,6$ (Полесская, 2015 и 2019 гг.).

В изучении динамики ИПВВ можно отметить, что происходит изменение среднегодовых значений ИПВВ в сторону уменьшения. Холодный период характеризуется значительной временной изменчивостью, а в большинстве месяцев теплого периода наблюдаются отрицательные значения. Наибольшими контрастами среднемесячных значений ИПВВ отличаются зимний и весенне-осенний периоды.

Анализ *индекса патогенности режима атмосферного давления (ИПМИАД)*. Основные особенности годового хода атмосферного давления характеризуются максимумом в наиболее холодном месяце – январе (среднее значение по территории Брестской области составляет 3), минимумом в наиболее теплом месяце – июле. Для января также характерны значительные перепады атмосферного давления, в то время как для летних месяцев они минимальны (средние значения изменяются от 0,6 до 0,8). Весна и осень характеризуются промежуточными значениями.

Среднегодовое значение ИПМИАД за период исследования по территории Брестской области составляет 1,7 и характеризуется максимумом в северной, северо-западной и северо-восточной частях и постепенным понижением к западу и востоку, достигая своего минимума в городах Бресте и Высоком, а также на метеостанции Полесская. Самым благоприятным по показателю ИПМИАД является июль, немного реже июнь и август. Самым неблагоприятным является декабрь, дискомфортными условиями также отличаются январь и февраль.

Наиболее высокие значения ИПМИАД в целом за год отмечены на преобладающей части территории Брестской области в 2003, 2004, 2015 и 2018 гг. Показатели изменяются от 2 (города Брест, Высокое, Барановичи, Полесская, Ганцевичи, Пинск) до 7,2 (города Пружаны и Ивацевичи). Самое низкое среднегодовое значение ИПМИАД за исследуемый период наблюдалось в 2014 и 2019 гг. (1,1–1,3). Абсолютные максимумы ИПМИАД поднимались до 6,6 (г. Барановичи, 2003 г.), а минимум – 0,4 – отмечен в г. Пинск и метеостанции Полесская в 2014 г.

Анализ ИПМИАД в целом по Брестской области за исследуемый период показал, что наблюдается изменение среднемесячных значений в сторону увеличения. Во всех пунктах наблюдения уменьшение патогенных условий фиксируется только в феврале, августе, ноябре и декабре, т. е. в основном в холодный период.

Анализ *индекса патогенности ветрового режима (ИПСВ)*. Среднегодовой ИПСВ по Брестской области за рассматриваемый период составляет 1,6. Наибольшими показателями отличается восточная часть, а наименьшими центральная часть области. В среднем за исследуемый период величина ИПСВ изменяется от 1,1 до 2,4. На большей части Брестской области самые высокие показатели ИПСВ наблюдались в 2012 г. Самое низкое среднегодовое значение за исследуемый период отмечалось в 2003 г. В отдельные годы ИПСВ как летних, так и зимних месяцев резко отличался от средних многолетних. Так, абсолютные максимумы ИПСВ изменяются от 6,8 (Полесская, 2007 и 2017 гг.) до 7,1 (Полесская, 2012 г.), а минимальные значения ИПСВ опускались до 0,3 (г. Ивацевичи, 2003 г.).

Годовой ход ИПСВ характеризуется наибольшими значениями зимой и наименьшими весной и летом. При этом минимум приходится на летний период. В августе

эти значения снижаются до минимума. Максимальные значения ИПСВ характерны для декабря. Поэтому декабрь является самым неблагоприятным месяцем. Часто неблагоприятными условиями характеризуется и январь.

Изучение режима скорости ветра показало, что ИПСВ на территории Брестской области характеризуются неустойчивостью в течение наблюдаемого периода. Наблюдаются значительные различия ИПСВ по сезонам года и от месяца к месяцу. Существенное понижение показателей фиксируется в городах Барановичи и Ивацевичи, а повышение в городах Брест, Пинск и Ганцевичи. Наибольшими контрастами среднемесячных значений ИПСВ отличаются переходные сезоны.

Анализ *индекса патогенности режима облачности (ИПО)*. Общая среднегодовая величина ИПО за период исследования составляет 0,9, и эта величина достаточно однородно распределена по территории Брестской области. Значительная облачность в различные сезоны связана с атмосферными фронтами.

Режим ИПО имеет четко выраженный годовой ход, где максимум отмечается в теплый период года (май, июль и август), а минимумы в холодный период (декабрь). В то же время май, июль и август являются самыми патогенными по режиму облачности, где доминирует количество дней с раздражающими условиями, а зимние месяцы, наоборот, отличаются самыми благоприятными условиями, где доминирует количество дней с оптимальными и щадящими условиями. Наибольшие среднегодовые значения ИПО за исследуемый период характерны для северно-восточной части Брестской области, а по направлению к югу, западу, юго-западу и востоку эти величины постепенно снижаются и достигают своего минимума на метеостанции Полесская.

В изменениях ИПО за исследуемый период следует отметить, что максимальные значения индекса фиксируются в теплом периоде, что не характерно ни для одного из рассматриваемых частных индексов патогенности. В целом отмечается рост значений ИПО на территории Брестской области, однако на метеостанциях Полесская и Пинск наблюдается понижение значений. Самыми неблагоприятными условиями по режиму ИПО отличаются города Пружаны и Ивацевичи, в то время как метеостанция Полесская характеризуется, наоборот, комфортными условиями.

Комплексный индекс патогенности (КИП). По ежедневным метеорологическим данным были сделаны расчеты комплексного индекса патогенности, результаты которых обобщены в таблице 2.

Таблица 2. – Статистические характеристики комплексного индекса патогенности по метеостанциям Брестской области

Месяц	среднее	мах	min	C_v	СКО	КНЛТ	R^2
январь	27	29	25	0,11	2,97	-0,042	0,006
февраль	24	27	21	0,18	4,31	-0,0339	0,3042
март	15	17	13	0,17	2,68	-0,0523	0,0114
апрель	6	8	4	0,48	2,93	-0,0323	0,0036
май	5	7	3	0,54	2,77	-0,04	0
июнь	4	5	2	0,68	2,88	-0,2016	0,1469
июль	5	7	3	0,48	2,46	-0,0958	0,0455
август	5	7	3	0,53	2,58	-0,2317	0,2416
сентябрь	9	10	7	0,29	2,50	-0,1573	0,1185
октябрь	14	16	13	0,20	2,84	-0,2144	0,1707
ноябрь	20	22	18	0,09	1,92	-0,0967	0,0758
декабрь	25	27	23	0,16	4,01	-0,0274	0,1402

Как видно из таблицы, комплексный индекс патогенности имеет хорошо выраженный годовой ход с максимумом показателей в январе (27 баллов) и минимумом – в июне (4 балла). Согласно приведенной выше классификации оптимальные метеорологические условия наблюдаются с апреля по сентябрь, когда среднемесячные значения индекса патогенности изменяются от 4 до 9 баллов. Среднегодовые показатели КИП характеризуются постепенным повышением с юго-запада на северо-восток области.

В марте и октябре преимущественно складываются слабо раздражающие условия погоды, где среднемесячные значения индекса патогенности варьируют от 14 до 15 баллов, сильно раздражающие условия отмечаются в феврале и ноябре. Как правило, в переходные сезоны (весна и осень) наблюдается уменьшение числа дней с комфортными условиями и увеличение количества дней с раздражающими. Самые дискомфортные метеорологические условия отмечаются в зимний сезон, когда среднемесячные значения индекса патогенности достигают 27 баллов и поэтому доминируют острые условия погоды.

Временная изменчивость комплексного индекса патогенности характеризуется коэффициентом вариации (C_v), и совокупность считается однородной, если коэффициент вариации не превышает 0,33 для распределений, близких к нормальному. Из таблицы 2 видно, что наиболее однородные ряды в сентябре, в то время как «разнородные» ряды наблюдаются в основном в теплый сезон (апрель – август).

Временная изменчивость среднемесячных значений комплексного индекса патогенности, характеризуемая значением среднего квадратического отклонения (СКО), также имеет ярко выраженный годовой ход, где максимальные значения наблюдаются в зимний сезон, а минимальные в летний сезон, а также в сентябре. Отсюда следует, что главная роль в увеличении изменчивости индекса патогенности в зимний сезон принадлежит интенсивной циклонической деятельности.

С целью выявления тенденций изменения комплексного индекса патогенности во времени рассчитывались коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ) и коэффициенты детерминации (R^2), показывающие, каков вклад линейного тренда в общую изменчивость комплексного индекса патогенности. Оказалось, что во все месяцы КНЛТ имеет отрицательный знак. При этом в холодный период года значения КНЛТ значительно меньше (декабрь: $-0,0274$), чем в теплый (август: $-0,2317$). Значит, полученные результаты указывают на тенденцию уменьшения патогенных условий климата.

В структуре комплексного индекса патогенности в зимний период максимальная доля принадлежит величинам индекса патогенности температуры воздуха. В зимний и переходные (весна и осень) сезоны уровень биоклиматической благоприятности определяется также значениями индекса патогенности влажности воздуха. Так, значительная доля индекса патогенности межсуточного изменения атмосферного давления летом и весной неблагоприятно сказывается на состоянии человека. Летом также увеличивается доля индекса патогенности облачности. Отличительной особенностью осеннего периода является высокая доля индекса патогенности влажности и увеличение доли ИПТВ.

Проанализировав полученные данные, следует отметить, что в холодное время года (ноябрь – апрель) основной вклад в КИП вносят низкие температуры и высокая относительная влажность. В теплый период года (май – октябрь) влияние индекса патогенности температуры существенно уменьшается, и величина КИП зависит от межсуточной изменчивости температуры, относительной влажности и облачности.

Зима. КИП в зимний период характеризуется максимальными значениями. Многолетние среднегодовые изменения данных незначительны. Среднегодовые показатели не опускаются ниже 21 балла (г. Пинск) и составляют 26 баллов, в то время как максимальные значения КИП составляют 29 баллов и фиксируются на метеостанции Пружаны и Полесская. Основной вклад в значение КИП вносят индексы патогенности темпера-

туры (35 %) и патогенности влажности (32 %). Самым патогенным месяцем данного периода является декабрь. В структуре среднесуточных показателей преобладают дни с острой погодой, реже встречаются дни с раздражающими условиями, в то время как количество дней с оптимальными условиями вообще не наблюдается в зимний период.

Весна. КИП в весенний период изменяется значительно. Диапазон колебаний составляет от 5 до 15 баллов. Самыми дискомфортными условиями отличается г. Пинск, а самыми благоприятными города Брест и Ивацевичи. Многолетние среднегодовые показатели по территории Брестской области составляют 10 баллов. Основной вклад в значения КИП вносят индексы патогенности: температуры воздуха (30 %), межсуточного изменения температуры (19 %), межсуточного изменения атмосферного давления и влажности воздуха (18 %). Самыми неблагоприятными условиями отличается март, а самыми оптимальными характеризуется май. В структуре среднесуточных показателей уменьшается количество дней с острыми условиями и увеличивается количество дней с раздражающими условиями, а также наблюдаются оптимальные условия. Достаточно часто они встречаются в мае. Среди факторов, оказывающих неблагоприятное воздействие на организм человека в весеннее время, следует отметить возвраты холодов, а также частые вторжения циклонов, приносящих пасмурную и ветреную погоду.

Лето. Среднегодовые значения КИП по Брестской области составляют 4 балла. Показатели изменяются от 3 (г. Брест) до 8 (г. Пинск) баллов. Максимальное значение за период исследования наблюдалось в г. Пружаны и составило 11 баллов, а минимальное фиксировалось в г. Пинск (6 баллов). Многолетние среднегодовые показатели по территории Брестской области составляют 5–6 баллов. Основной вклад в значения КИП вносят индексы патогенности межсуточного изменения температуры воздуха (23 %) и патогенности скорости ветра (21 %), несколько меньше индексы патогенности облачности (20 %) и влажности воздуха (19 %). Самыми благоприятными условиями отличаются июль и август, а неблагоприятными характеризуется июнь. В структуре среднесуточных показателей доминируют дни с оптимальными условиями, достаточно редко встречаются раздражающие условия, а острые вообще не фиксируются.

Осень. Среднегодовые значения КИП изменяются от 9 до 23 баллов. Максимальные значения наблюдаются на метеостанции Полесская (23 балла), а минимальные в городах Брест и Пинск (9 баллов). Средние значения КИП по Брестской области составляют 14 баллов. Основной вклад в значения КИП вносят индексы патогенности влажности воздуха (43 %) и патогенности температуры воздуха (18 %). Незначительная доля приходится на индексы патогенности межсуточного изменения температуры воздуха и атмосферного давления, скорости ветра (11 % в структуре КИП), а самой малой долей в структуре КИП отличается индекс патогенности облачности (6 %). Самыми благоприятными условиями отличается сентябрь, а неблагоприятными ноябрь.

Оценка вклада частных индексов в КИП погодных условий показала, что в разные сезоны величина индекса определяется различными метеорологическими компонентами. Проведенный анализ КИП Брестской области за период 2001–2019 гг. позволил выявить изменение среднегодовых значений КИП в сторону уменьшения, что свидетельствует о том, что климат становится более комфортным.

Заключение

1. Анализ ИПТВ показал, что за наблюдаемый период отмечается изменение среднегодовых значений показателя в сторону уменьшения. Однако распределение полученных значений в течение года позволило сделать следующие выводы: в январе и августе отмечается устойчивое повышение ИПТВ; в марте, сентябре, ноябре и декабре, наоборот, понижение. Самыми низкими показателями за исследуемый период отличаются города Брест и Пинск, а самыми высокими – города Барановичи и Ганцевичи.

2. В многолетней динамике ИПМИТВ можно отметить, что максимальное снижение показателей отмечается в холодный период (особенно в ноябре и декабре). В переходные сезоны (особенно в мае и октябре) наблюдается, наоборот, увеличение показателей. Наибольшими контрастами среднемесячных значений ИПМИТВ отличаются весенне-летний, а также летне-осенний период.

3. В изучении динамики ИПВВ можно отметить, что происходит изменение его среднегодовых значений в сторону уменьшения. Холодный период, по сравнению с теплым, характеризуется значительной временной изменчивостью, а также в большинстве месяцев теплого периода наблюдаются отрицательные значения, наибольшими контрастами среднемесячных значений ИПВВ отличаются зимний и весенне-осенний сезоны.

4. Изучение режима скорости ветра показало, что ИПСВ на территории Брестской области характеризуется неустойчивостью в течение наблюдаемого периода. Наблюдаются значительные различия ИПСВ по сезонам года и от месяца к месяцу. Существенное понижение показателей фиксируется в городах Барановичи и Ивацевичи, а повышение – в городах Брест, Пинск и Ганцевичи. Наибольшими контрастами среднемесячных значений ИПСВ отличаются переходные сезоны.

5. Анализ ИПМИАД по Брестской области за исследуемый период показал, что наблюдается изменение среднемесячных значений в сторону увеличения. Однако уменьшение показателей ИПМИАД по всем месяцам отмечается только в г. Пинск. Во всех пунктах наблюдения уменьшение патогенных условий фиксируется только в феврале, августе, ноябре и декабре, т. е. в основном в холодный сезон.

6. В изменениях ИПО за исследуемый период следует отметить, что максимальные значения индекса фиксируются в теплом периоде, что не характерно ни для одного из рассматриваемых частных индексов патогенности. В целом отмечается рост значений ИПО на территории Брестской области, однако на метеостанциях Полесская и г. Пинск наблюдается, наоборот, понижение значений. Самыми неблагоприятными условиями по режиму ИПО отличаются города Пружаны и Ивацевичи, в то время как метеостанция Полесская характеризуется, наоборот, комфортными условиями.

7. Анализ рассчитанных индексов патогенности для различных метеорологических показателей позволяет сделать вывод, что в зимний сезон основной вклад в комплексный индекс патогенности вносят ИПТВ и ИПВВ, в летний период в большей степени сказывается влияние ИПО, ИПВВ, ИПСВ и ИПМИТВ. В осенний и весенний месяцы основной вклад в комплексный индекс патогенности вносят ИПТВ, ИПВВ и ИПМИТВ. Острые условия погоды по КИП формируются в зимнее время года, оптимальные – в летний период, а переходные сезоны (весна и осень) характеризуются, как правило, раздражающими условиями. Также следует отметить, что в целом за исследуемый период отмечается изменение среднегодовых значений КИП в сторону уменьшения. Наибольшими контрастами среднемесячных значений КИП отличаются зимние месяцы, а также переходные, особенно март и ноябрь, когда все еще господствует зимний режим погоды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние климата на здоровье человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017029647>. – Дата доступа: 23.02.2020.
2. Русанов, В. И. Методы исследования климата для медицинских целей : учеб. пособие / В. И. Русанов. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 1973. – 274 с.
3. Исаев, А. А. Экологическая климатология : учеб. пособие / А. А. Исаев. – М. : Науч. мир, 2001. – 458 с.

4. Бокша, В. Г. Медицинская климатология и климатотерапия : учеб. пособие / В. Г. Бокша, Б. В. Богуцкий. – Киев : Здоровье, 1980. – 265 с.

5. Русанов, В. И. Комплексные биометеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей : учеб. пособие / В. И. Русанов. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 1976. – 196 с.

6. Индекс патогенности метеорологической ситуации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.joingeo.ru/gorhs-35-1.html>. – Дата доступа: 23.02.2020.

7. Пространственно-временная изменчивость основных биоклиматических показателей на территории Приволжского Федерального [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/8091387/page:5/>. – Дата доступа: 23.02.2020.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 31.01.2020

Dorozhko O. O., Gryadunova O. I., Bogdasarov M. A. Bioclimatic Factors of Public Health Conditions of Brest Region

The article presents an analysis of bioclimatic factors of the Brest region for the period from 2001 to 2019, which includes the calculation and evaluation of private pathogenicity indices (air temperature, day-to-day changes in air temperature, air humidity, day-to-day changes in atmospheric pressure, wind speed and cloud cover). Based on the obtained values of private indices, a comprehensive pathogenicity index is calculated, which allows identifying comfortable and uncomfortable weather conditions in the study area. To assess trends in the complex pathogenicity index, the mean square deviation, the slope coefficient of the trend line, the determination coefficient, and the coefficient of variation were calculated. The results obtained indicate a tendency to reduce pathogenic climate conditions in the Brest region.

УДК 551.4/4:502.313 (476.2)

А. В. Матвеев¹, В. П. Зерницкая²

¹д-р геол.-минерал. наук, проф., академик НАН Беларуси,
гл. науч. сотрудник лаб. геодинамики и палеогеографии
Института природопользования НАН Беларуси

²канд. геогр. наук, ведущий науч. сотрудник лаб. геодинамики и палеогеографии
Института природопользования НАН Беларуси
e-mail: ¹matveyev@ecology.basnet.by; ²valzern@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ НА СТЕПЕНЬ КОМФОРТНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

На основании построенных схем современных геологических процессов и выполненных в баллах оценок неблагоприятных последствий их проявления проведено районирование территории с выделением и краткой характеристикой площадей с относительно высокой (20 баллов и менее), умеренной (21–30), пониженной (31–40), низкой (41–50) и весьма низкой (более 50 баллов) степенями комфортности среды обитания для населения.

Введение

Геоэкологические последствия проявления современной геодинамики и некоторых особенностей геологического строения на территории Беларуси рассмотрены в ряде публикаций [1–5 и др.]. Однако эти работы нередко имеют достаточно общий характер, в них анализируются проявления только отдельных факторов (зоны разломов, неустойчивые грунты, сейсмичность, эрозия), а вопросам картографирования уделяется недостаточно внимания.

Более комплексный подход к проблеме был предпринят в 2016–2018 гг. при выполнении в Институте природопользования НАН Беларуси исследований по территории западной части Белорусского Полесья [6].

Как продолжение этих работ с 2019 г. начато изучение восточной части Полесского региона.

Полученные результаты по одному из направлений уже выполненных исследований представлены в статье.

Материалы и методы

На территории Полесья, судя по результатам выполненных работ и публикациям [1; 7; 8], определенную трансформацию земной поверхности и покровных отложений вызывают разнообразно проявляющиеся современные геологические процессы, экстремальные формы которых могут наносить материальный ущерб, влиять на условия жизнедеятельности населения, размещение объектов хозяйствования и т. д. Интенсивность и формы подобного воздействия варьируют по территории в зависимости от природных условий и уровня экономического развития региона.

К числу наиболее активно проявляющихся факторов дестабилизации природных комплексов относятся: из эндогенного класса процессов – сейсмичность (возможны сотрясения земной коры до 7 баллов), движения и флюидодинамика в зонах активных разломов и протяженных топо- и космолинеаментов, из экзогенного класса – плоскостная эрозия (до 7,2 мм/год), оврагообразование, дефляция, суффозия, обвалы и оползни, подтопление и болотообразование, из техногенного класса – перемещение грунтов и пород

в районах развития горнодобывающей промышленности, крупных строительных объектов и др.

Комплексное проявление геодинамических факторов привело на отдельных участках к формированию бэдленда, ряд территории исключен из нормального использования из-за существенного химического (включая и радиационное) загрязнения. Вдоль разломов и протяженных топо- и космолинеаментов сформировались опасные зоны из-за существенных геодинамических подвижек, аномалий геофизических полей и концентраций радона в почвенном воздухе. На площадях интенсивных проявлений болотообразовательных процессов и подтоплений также заметно ухудшаются условия хозяйствования и жизни населения.

Чтобы уточнить общую степень дискомфорта, вызываемую проявлением современных геологических условий на территории восточной части Белорусского Полесья, проведен расчет в баллах влияния основных факторов дестабилизации на среду обитания человека. Для этого с использованием ранее выполненных работ [6] оценивалась роль геологических процессов и отдельных особенностей строения недр в деформации природных комплексов и сельхозугодий, ухудшении здоровья населения, ограничении возможностей строительства новых промышленных объектов, микрорайонов и т. д. Кроме того, ориентировочно определялись размеры необходимых материальных затрат для реабилитации нарушенных территорий.

При проведении расчетов учитывались продолжительность проявления факторов (1 балл – раз в десятилетие и реже; 2 – сезонная, раз в несколько лет; 3 – постоянная) и степень интенсивности воздействия (1 балл – незначительная; 2 – умеренная; 3 – повышенная; 4 – значительная; 5 – весьма значительная). Полученные результаты представлены в таблице 1.

Суммируя данные таблицы, можно получить следующие балльные значения влияния каждого из процессов и геологических особенностей на среду обитания населения: сейсмичность – 6–10; геодинамические процессы в зонах разломов – 21; топо- и космолинеаментов – 12; овражная эрозия – 8–11; плоскостная эрозия – 5; дефляция – 7; подтопление и затопление территорий – 8; заболачивание – 9; болотообразовательные процессы – 12; гравитационные процессы – 5–7; карст – 7; суффозия – 7; интегральная оценка интенсивности техногенных процессов более 300 т/км²/год – 8; накопление промышленных отходов более 1 млн т – 14; проявление комплекса техногенных и техногенно обусловленных процессов – 13; радоноопасность территории – 8; геохимические аномалии – 15–23.

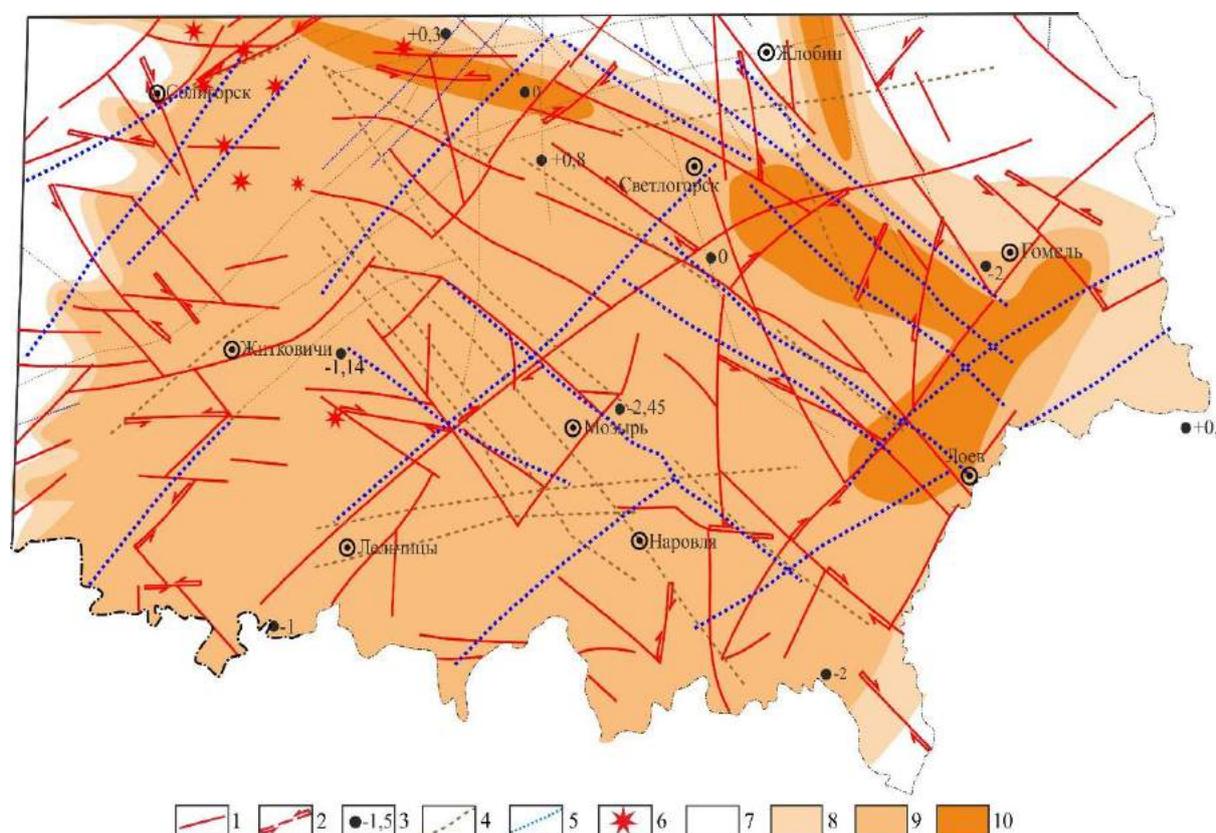
Результаты и их обсуждение

При проведении районирования территории по степени ее комфортности для населения были построены схемы современных геологических процессов (рисунки 1, 2). Отдельно в пределах границ изученной территории составлялась схема квадратов площадью 400 км² каждый. Всего выделено 130 таких квадратов, в пределах которых с использованием таблицы 1 оценивалось возможное влияние основных геологических факторов на среду обитания человека. Для этого использовались не только характеристики процессов, но и площади их развития в пределах квадратов. Затем получаемые цифры суммировались, их значения относились к центрам квадратов и по ним строились изолинии балльных оценок, которые варьируют от 10–20 до 50–58. После этого на основе анализа рубежей, на которых происходят наиболее заметные изменения последствий проявления современной геодинамики и геологических условий, были выделены пять градаций территории с различной степенью комфортности: относительно высокая (20 и менее баллов), умеренная (21–30), пониженная (31–40), низкая (41–50)

и весьма низкая (более 50 баллов) (рисунок 3). Основные особенности проявления геологических процессов на этих типах территории приведены в таблице 2.

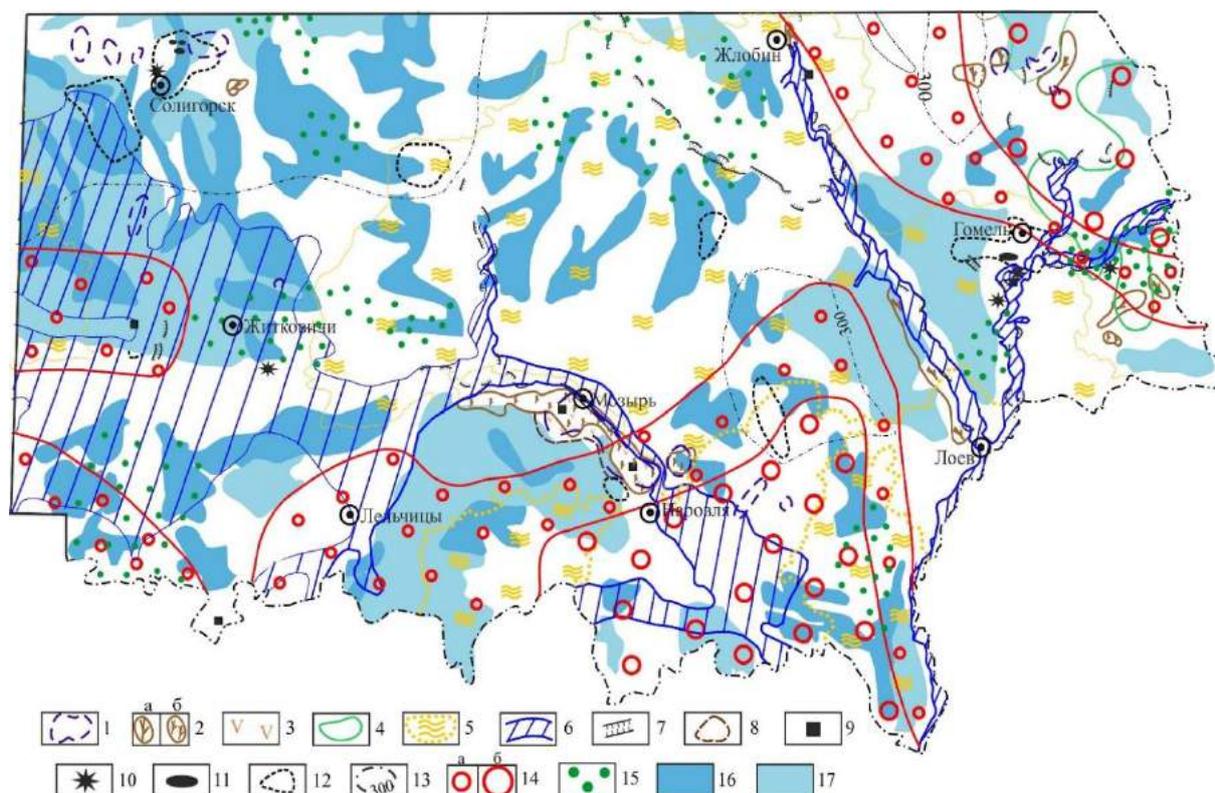
Наиболее благоприятные для проживания и трудовой деятельности населения площади (относительно высокая степень комфортности), балльная оценка которых варьирует в интервале 10–20 баллов, занимают около 16 % поверхности региона. Самый крупный участок таких площадей расположен в центральной части восточного Полесья, примерно между д. Симоновичи Лельчицкого района – д. Челюшевичи Петриковского района – устьем р. Орессы – д. Клинск Калинковичского района – д. Давыдовичи Светлогорского района – г. п. Паричи – д. Дмитровичи Глусского района – северным побережьем оз. Червоное – д. Михедовичи Петриковского района.

Небольшие площади с относительно благоприятной геоэкологической обстановкой выделены также в районе г. п. Красная Слобода, южнее Жлобина, южнее и юго-восточнее Ельска, в крайней юго-восточной части региона вдоль Государственной границы Республики Беларусь с Украиной и Россией.



1 – высокие градиенты скоростей вертикальных движений земной коры в зонах активных разломов; 2 – участки проявления горизонтальных движений; 3 – отдельные значения скоростей вертикальных движений, мм/год; 4 – геодинамические процессы в зонах наиболее протяженных космолинеаментов; 5 – геодинамические процессы в зонах тополинеаментов; 6 – эпицентры землетрясений; 7 – территории, в пределах которых возможны проявления сейсмических процессов интенсивностью менее 5 баллов; 8 – территории, в пределах которых возможны проявления сейсмических процессов интенсивностью 5–6 баллов; 9 – территории, в пределах которых возможны проявления сейсмических процессов интенсивностью 6–7 баллов; 10 – территории, в пределах которых возможны проявления сейсмических процессов интенсивностью 7 баллов [9–11]

Рисунок 1. – Современные эндогенные геологические процессы на территории восточной части Белорусского Полесья



1 – плоскостная эрозия (более 4 мм/год); 2 – овражная эрозия (а – средней и малой интенсивности, б – интенсивная); 3 – суффозия (количество западин – более 10 шт/км²); 4 – потенциальное проявление карстовых процессов; 5 – экстремальные проявления дефляции; 6 – площади затопления и подтопления при паводках; 7 – гравитационные процессы (обвалы, оползни, осыпи); 8 – потенциальные проявления гравитационных процессов; 9 – крупные карьеры; 10 – свалки; 11 – отвалы горной породы; 12 – проявление комплекса техногенных и техногенно обусловленных процессов; 13 – интегральная оценка интенсивности проявления техногенных процессов (более 300 т/км²/год); 14 – геохимические аномалии (а – умеренноопасные, б – опасные); 15 – потенциально радоноопасные территории на отдельных площадях; 16 – болотообразовательные процессы; 17 – заболоченность территории

Рисунок 2. – Современные экзогенные и техногенные геологические процессы на территории восточной части Белорусского Полесья

Таблица 1. – Факторы, влияющие на комфортность геологической среды для населения

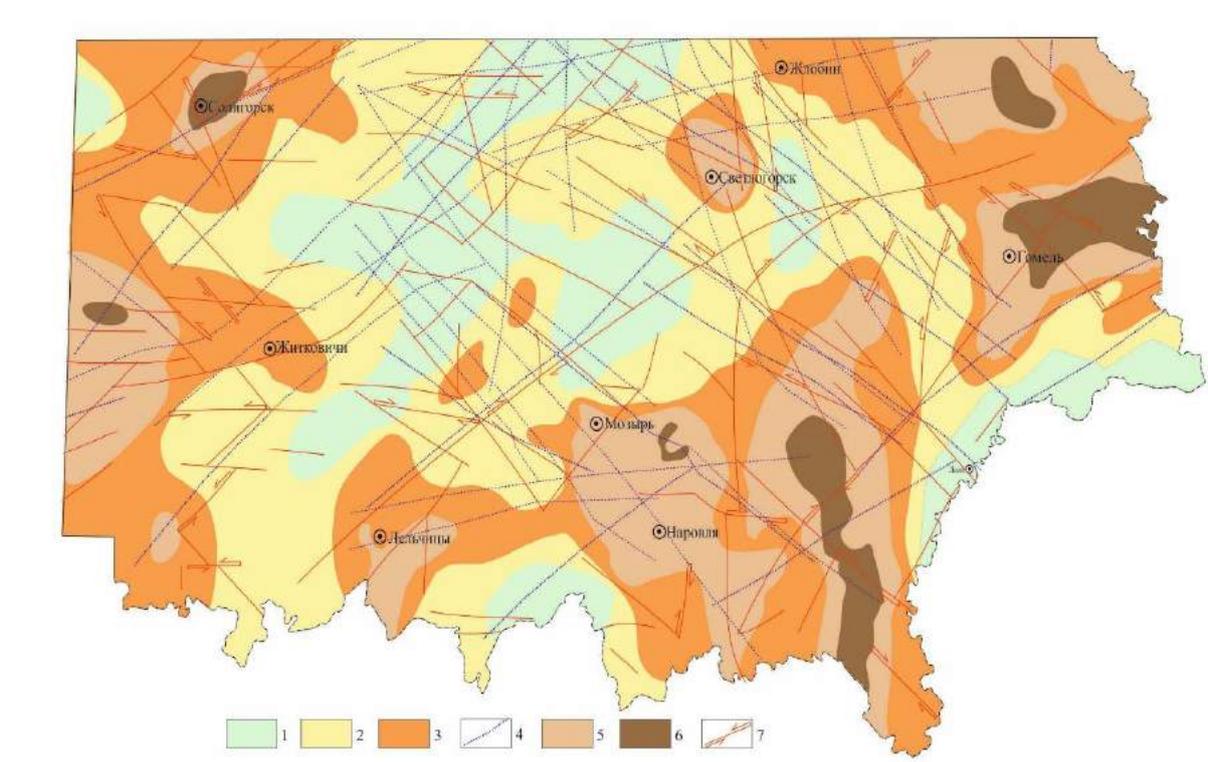
Факторы, влияющие на степень комфортности среды	Оценка последствий проявления факторов, балл				
	Повторяемость воздействия	Вызываемые нарушения природных комплексов и сельхозугодий	Влияние на здоровье населения	Влияние на размещение промышленных объектов	Материальные затраты, необходимые для минимизации неблагоприятных проявлений
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1. Сейсмичность					
до 5 баллов	2	1	1	1	1
до 6 баллов	1	2	1	2	2
до 7 баллов	1	2	1	3	3
2. Геодинамические процессы в зонах активных разломов	3	3	5	5	5
3. Наиболее протяженные космо- и тополинеаменты	3	2	2	3	2
4. Овражная эрозия					
средней и малой интенсивности	2	2	–	2	2
интенсивная	2	3	–	3	3
5. Плоскостная эрозия 4 мм/год и более	2	1	–	–	2
6. Пыльные бури	2	2	1	–	2
7. Геологические процессы при затоплении и подтоплении территории	2	1	1	2	2
8. Процессы заболачивания	3	1	1	2	2
9. Болотообразовательные процессы	3	1	2	3	3
10. Гравитационные процессы					
реальные	2	1	–	2	2
потенциальные	2	–	–	2	1
11. Карст потенциальный	2	–	–	3	2
12. Суффозия	2	2	–	1	2
13. Интенсивность проявления техногенных процессов (более 300 т/км ² /год)	3	1	–	2	2

Окончание таблицы 1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
14. Площади накопления промышленных и бытовых отходов (более 1 млн т)	3	3	3	1	4
15. Проявление комплекса техногенных и техногенно обусловленных процессов	3	3	2	2	3
16. Потенциально радоноопасные территории на отдельных площадях	3	1	2	1	1
17. Геохимические (техногенные) аномалии покровных отложений					
умеренноопасные (1–5 Ки/км ²)	3	3	3	3	3
опасные (10–15 Ки/км ² и более)	3	5	5	5	5

Таблица 2. – Особенности площадей с различной степенью комфортности геологической среды для населения

Степень комфортности	Оценка, балл	Проявление неблагоприятных геологических процессов и условий
Относительно высокая	20 и менее	Невысокая интенсивность гравитационных, дефляционных и техногенных процессов, локальные аномалии радона в почвенном воздухе, потенциальная сейсмичность – до 5 баллов, реже 6 баллов
Умеренная	21–30	Болотообразовательные процессы, подтопление, гравитационное смещение грунтов на склонах речных долин, пыльные бури, локальные аномалии радона в почвенном воздухе, на отдельных участках умеренноопасные концентрации Cs-137 в покровных отложениях, потенциальная сейсмичность – до 5, реже 6 баллов
Пониженная	31–40	Болотообразовательные процессы разной интенсивности, подтопление, пыльные бури, локальное развитие овражной эрозии, гравитационного смещения отложений на склонах, умеренноопасные и локально опасные концентрации Cs-137 в покровных отложениях, на отдельных участках аномалии радона в почвенном воздухе, потенциальная сейсмичность – 5–6, местами 7 баллов
Пониженная в зонах протяженных топо- и космолинементов		Аномалии электромагнитных полей, подъем к земной поверхности минерализованных вод, локальные повышения скоростей вертикальных движений земной коры, повышение на 1 балл фоновых значений потенциальной сейсмичности
Низкая	41–50	Интенсивное проявление эрозионных процессов, на отдельных площадях потенциальное развитие карста, болотообразовательные процессы разной интенсивности, подтопление, пыльные бури, гравитационные процессы, значительные техногенные нагрузки, умеренноопасные и опасные концентрации Cs-137 в покровных отложениях, локальные аномалии радона в почвенном воздухе, потенциальные проявления сейсмичности – до 5–6, местами до 7 баллов
Весьма низкая	более 50	Опасные аномалии Cs-137 в покровных отложениях, интенсивное проявление техногенных, болотообразовательных процессов, повышенные концентрации радона в почвенном воздухе, пыльные бури, потенциальная сейсмичность – 5–6, участками до 7 баллов
Весьма низкая в зонах активных разломов		Комплексные геохимические аномалии, повышенные концентрации радона, тяжелых металлов, Cs-137 в покровных отложениях, проявление горизонтальных движений земной коры, увеличение скоростей вертикальных движений, выходы на земную поверхность минерализованных вод, потенциальная сейсмичность – 5–6 баллов, участками 7 баллов



1 – *относительно высокая (менее 20 баллов); 2 – умеренная (20–30); 3 – пониженная (31–40); 4 – пониженная в зонах топо- и космолинеаментов; 5 – низкая (41–50) 6 – весьма низкая (более 50); 7 – весьма низкая в зонах активных разломов*

Рисунок 3. – Районирование территории восточной части Белорусского Полесья по степени комфортности экологической безопасности геологической среды для населения

На перечисленных участках с поверхности залегают флювиогляциальные, местами моренные и краевые ледниковые образования, в понижениях – аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения и болотные комплексы. Современные геологические процессы в основном имеют невысокую интенсивность и развиты на локальных площадях. Их неблагоприятные последствия не наносят существенного материального ущерба и могут быть заметно ограничены при соблюдении общепринятых норм землепользования, строительства и эксплуатации жилых и производственных комплексов.

Площади с умеренной степенью комфорта для населения (21–30 баллов) занимают 27 % поверхности региона, в основном в его центральной части. Самый крупный контур рассматриваемых территорий объединяет два участка, соединенных узкой полосой, вытянутой от д. Симоновичи Лельчицкого района на г. Петриков. Западная часть этого контура простирается извилистой полосой от д. Глушкевичи Лельчицкого района в северном направлении до границы региона. Восточная часть преимущественно расположена в правобережье Днепра между населенными пунктами д. Страдубка Лоевского района – западнее Жлобина – западнее Октябрьского – севернее Калинковичей – западнее г. Петрикова – северо-западнее Ельска – восточнее Речицы – д. Страдубка. Кроме этого, выделено также несколько небольших по площади участков с умеренной благоприятной геоэкологической обстановкой в юго-восточной, южной и северо-западной частях региона.

На всех перечисленных площадях с поверхности залегают озерно-аллювиальные, флювиогляциальные, нередко заболоченные отложения, локально – моренные и краевые ледниковые образования. Современные преобразования земной поверхности происходят

под влиянием умеренной интенсивности болотообразовательных, дефляционных процессов, смещения грунтов на склонах речных долин, на отдельных участках выделены умеренноопасные концентрации Cs-137, радона в почвенном воздухе и потенциальная сейсмичность до 5, реже 6 баллов. Проявление современной геодинамики и некоторые особенности геологического строения могут нанести определенный материальный ущерб или усложнять отдельные виды хозяйственной деятельности. Однако неблагоприятные проявления геологических факторов вполне могут быть минимизированы при рациональном использовании природных ресурсов, применении современных промышленных и агротехнических технологий, комплексной экологической обоснованности хозяйственных проектов.

Пониженная степень комфортности геологических условий для населения (31–40 баллов) выявлена примерно на 31 % всей территории региона. Подобные условия встречаются практически повсеместно, окаймляя чаще всего в виде полосы разной ширины участки с оценкой степени благоприятности более 40 баллов. На характеризующих площадях состав покровных отложений довольно пестрый, среди них в разных сочетаниях представлены флювиогляциальные, озерно-аллювиальные, краевые ледниковые, моренные отложения и торф. Современные геологические процессы проявляются в основном с умеренной интенсивностью, но на отдельных участках сформировались умеренноопасные, а локально опасные аномалии Cs-137, радона в почвенном воздухе, местами существует вероятность проявления сейсмичности до 7 баллов. Относимые к этой категории земель зоны топо- и космолинеаментов характеризуются раздробленностью горных пород, подъемом ближе к земной поверхности минерализованных вод, некоторым возрастанием скоростей неравномерных движений земной коры.

Проявление современной геодинамики на площадях с пониженной степенью комфортности для населения может вызывать деградацию природных комплексов, наносить материальный ущерб, неблагоприятно влиять на здоровье населения. Для минимизации этих последствий необходимо разработать и реализовать региональные и районные программы рационального природопользования, в которых необходимо предусмотреть определенные материальные расходы на улучшение природной среды, усиление медицинского контроля за здоровьем населения.

На территории с низкой степенью комфортности геологической среды для населения приходится 20 % площади региона. Наиболее крупные участки этих площадей выделены к западу и северу от Давид-Городка, в районе Мозыря – Наровли, по линии Добруш – Гомель – Ветка; в крайней северо-восточной части региона, в районе Солигорска, Светлогорска, Лельчиц, по линии Хойники – Речица – Брагин и др. На этих территориях на земной поверхности распространены флювиогляциальные, краевые ледниковые, озерно-аллювиальные, аллювиальные и болотные отложения. Интенсивно проявляется комплекс экзогенных процессов, сформировались значительные техногенные нагрузки на земную поверхность, существуют умеренно опасные и опасные концентрации Cs-137, радоновые аномалии, возможно проявление сейсмичности до 6–7 баллов. Для снижения неблагоприятных последствий проявления современной геодинамики необходима разработка и реализация программ рационального природопользования, существенные материальные затраты, составление на особенно опасных площадях экологических паспортов районов, отдельных предприятий и населенных пунктов, постоянный мониторинг здоровья населения, запрещение (постоянное или на определенный срок активного освоения природных ресурсов, ограничение другой хозяйственной деятельности).

Наиболее неблагоприятные условия для жизнедеятельности населения сложились примерно на 6 % поверхности региона. Подобные площади выделены в районе Солигорска, между Гомелем – Веткой – Добрушем – юго-восточнее Чечерска, западнее

Микашевичей, между Хойниками и Брагиным. На этих участках с поверхности залегают аллювиальные, озерно-аллювиальные и болотные отложения, реже и локально – ледниковые комплексы. К этой категории земель относятся также зоны активных разломов.

На территории с весьма низкой степенью комфортности для населения особенно активно проявляются эндогенные и техногенные процессы, приведшие к формированию опасных геохимических (включая и Cs-137) и геофизических аномалий, проявление активных горизонтальных и вертикальных движений земной поверхности, сформировались выходы на земную поверхность минерализованных вод, заметно повышена фоновая заболеваемость населения. В результате на этих территориях должно быть ограничено длительное пребывание населения, заметно сокращена хозяйственная деятельность, необходим постоянный мониторинг природных условий, сформировавшихся геохимических и геофизических аномалий, перепрофилирование имеющихся здесь строений и т. д. На каждом из выявленных участков необходимо установить специальные предупреждающие знаки, составить экологические паспорта этих площадей. Для снижения дискомфорта для населения на этих участках, несомненно, необходимо строго выполнять существующие программы их реабилитации.

Заключение

На основании построенных для восточной части Полесья схем современных эндогенных, экзогенных и техногенных геологических процессов рассчитаны балльные оценки неблагоприятных последствий их проявления, проведено районирование территории по степени комфортности среды для жизнедеятельности населения.

Наиболее благоприятные площади для населения (10–20 баллов) занимают около 16 %; площади с умеренной степенью комфорта (21–30 баллов) – 27 %; площади с пониженной степенью комфорта (31–40 баллов) – 31 %; площади с низкой степенью комфорта (41–50 баллов) – 20 %; с весьма низкой (более 50 баллов) – 6 % исследованной территории.

Для наиболее неблагоприятных для населения участков геологической среды необходимо разработать и внедрить комплексы специальных мероприятий по снижению материальных потерь от проявления современной геодинамики и улучшению геоэкологической обстановки, строго выполнять существующие программы реабилитации загрязненных территорий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современная динамика рельефа Белоруссии / под ред. Б. Н. Гурского, А. В. Матвеева. – Минск, 1991. – 102 с.
2. Гарецкий, Р. Г. О постановке геолого-геофизических исследований в геопатогенных зонах / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаев // Літасфера. – 2012. – № 2 (37). – С. 83–94.
3. Гарецкий, Р. Г. Основные проблемы экологической геологии / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаев // Геоэкология. – 1995. – № 1. – С. 28–55.
4. Матвеев, А. В. Районирование территории Беларуси по возможным последствиям проявления природных и природно-антропогенных опасностей литосферного класса / А. В. Матвеев // Докл. НАН Беларуси. – 2018. – Т. 62, № 3. – С. 329–34.
5. Геоэкология Минского региона / В. Н. Губин [и др.]. – Минск, 2015. – 116 с.
6. Матвеев, А. В. Районирование территории западной части Белорусского Полесья по степени комфортности геологической среды для населения / А. В. Матвеев // Природопользование. – 2019. – № 1. – С. 154–162.
7. Матвеев, А. В. Геоактивные зоны на территории Беларуси / А. В. Матвеев // Літасфера. – 2015. – № 1 (42). – С. 64–70.

8. Матвеев, А. В. Особенности современного морфогенеза на территории Беларуси / А. В. Матвеев // *Вопр. географии. Сб. 140 : Современ. геоморфология.* – М., 2015. – С. 380–395.

9. Сейсмоструктура Беларуси и Прибалтики / Р. Е. Айзберг [и др.] // *Літасфера.* – 1997. – № 7. – С. 5–18.

10. Аронова, Т. И. Особенности проявления сейсмоструктурных процессов на территории Беларуси / Т. И. Аронова // *Літасфера.* – 2006. – № 2 (25). – С. 5–18.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 11.02.2020

Matveyev A. V., Zernitskaya V. P. Effect of the Recent Geodynamic Processes on the Degree of Comfort Conditions for the Population Living in the Geological Environment of the Eastern Part of the Belarusian Polesye Area

The schematic diagram of the recent geological processes compiled and the estimates of their geoecological consequences scored in points were used to subdivide the territory of the eastern part of the Belarusian Polesye area into regions and to describe briefly the regions with rather high (less than 20 points), moderate (21–30), lowered (31–40), low (41–50) and very low (more than 50 points) degree of comfort conditions for the population.

УДК 58:[502/504:628.511](477. 81)

В. И. Мельник¹, Н. В. Денисюк²

¹канд. геогр. наук, доц., проф. каф. биологии и здоровья человека
Ровенского государственного гуманитарного университета (Украина)

²ст. преподаватель каф. биологии и здоровья человека
Ровенского государственного гуманитарного университета (Украина)
e-mail: ¹vugmel@gmail.com; ²Natalya_Denysyuk@ukr.net

ПЫЛЕОЧИЩАЮЩАЯ РОЛЬ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ г. РОВНО

На основе характеристик экологических особенностей видового состава дендрофлоры г. Ровно выявлено, что в его парках и скверах произрастает 40 видов деревьев и кустарников с пылезащитными свойствами: 29 видов деревьев, 9 видов кустарников и 2 вида лиан. В результате исследований определено, что основную пылевую нагрузку принимают следующие виды деревьев: *Tilia cordata* L., *Betula pendula* Roth., *Salix alba* L. и *Syringa vulgaris* L. Самый высокий показатель задержанной пыли определен для *Tilia cordata* L. ($1,903 \pm 0,246$ мг/см²), самый низкий – для *Acer platanoides* L. ($0,063 \pm 0,004$ мг/см²). Средние значения массы задержанной пыли на листьях исследуемых древесных растений превышают фоновые в 2,3–11,29 раза в зависимости от вида. Выяснено, что для озеленения города в качестве пылезадерживающего фильтра перспективны следующие виды деревьев: *Tilia cordata* L., *Betula pendula* Roth., *Salix alba* L. и *Syringa vulgaris* L.

Введение

Зеленые насаждения города играют значительную роль в санации воздуха путем пассивного и активного механизмов очистки. Одним из важных показателей состояния зеленых насаждений считается масса пыли, которая осаждается на листьях. Сократить вредные последствия загрязнений помогают зеленые насаждения, которые являются важным естественным воздушным фильтром, аккумулирующим загрязняющие вещества и очищающим воздух до 60 %. Состав пыли и ее распространение отрицательно влияют на состояние здоровья человека: вызывают раздражение слизистой оболочки носа, аллергию и заболевания дыхательной системы. Пыль оказывает отрицательное влияние и на зеленые насаждения города. Оседая на поверхности листьев, пыль затрудняет поглощение света, нарушает водный режим. В процессе недостаточного поглощения инфракрасного света температура стебля и листовой пластины увеличиваются на 2–3 °С [1].

Многочисленные научные исследования доказывают, что зеленые насаждения значительно снижают воздействие пыли и загрязняющих веществ на здоровье человека, благоприятно влияют на его самочувствие. Известно, что древесные и травянистые растения улавливают из воздуха в среднем до 50 % пыли летом и до 37 % зимой, широколиственные виды деревьев в городе задерживают до 30 % общего количества осаждаемой пыли, а хвойные – до 42 %. На 1 м² листьев задерживается от 1,5 до 10 г пыли [2]. Следует отметить, что трава газонов задерживает в 3–6 раз больше пыли, чем почва, но в 10 раз меньше деревьев [3]. Вместе с пылью на деревьях, кустарниках и траве оседает до 60 % диоксида серы, а под кронами его на 24 % меньше. На озелененных участках жилого микрорайона улавливается до 70–80 % пыли и запыленность воздуха на 40 % ниже, чем на открытых площадках [4; 3].

Древесным породам свойственна разная потенциальная возможность аккумулировать пыль и вредные вещества из атмосферного воздуха. Реакцию древесных растений на изменения состава воздуха оценивают по их пылезадерживающей способности, которая зависит от породы дерева и строения листовой поверхности. Высокая поглощающая способность присуща древесным растениям с шероховатыми и морщинистыми листьями, покрытыми тонкими ворсинками: *Sambucus nigra* L., *Sorbus aucuparia* L., *Ulmus scabra* Mill. [5, с. 4], – и с листьями, выделяющими клейкие и смолистые веще-

ства [6]. Известно, что зеленые насаждения городских парков и скверов площадью 1 га на протяжении вегетационного периода очищают от пыли 10–20 млн м³ атмосферного воздуха, при этом хвойные породы осаждают пыли в 1,5 раза больше, чем лиственные [7; 8]. Количество пыли в воздухе атмосферы зависит от влажности, инверсионных процессов, расстояния от источника и уровня его загрязнения [9; 12].

Целью работы является исследование задержания пыли зелеными насаждениями в г. Ровно и оценка их пылезадерживающих свойств. Основная задача заключалась в определении массы пыли на 1 см² листьев наиболее распространенных видов дендрофлоры города и проведении оценки ее задержания.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на протяжении 2017–2019 гг. Территорию г. Ровно, в котором насчитывается 12 парков и 41 сквер, условно поделили на пять районов: северный, восточный, западный, южный и центральный.

Перечень пылеустойчивых видов дендрофлоры установлен по В. Я. Заячуку, С. И. Кузнецову [10; 11], определение запыленности листьев наиболее распространенных видов деревьев: *Acer platanoides* L., *Betula pendula* Roth., *Sorbus aucuparia* L., *Tilia cordata* L., *Juglans regia* L., *Salix alba* L., *Syringa vulgaris* L. – проводили по методике М. И. Калинина [12]. Для определения массы пыли отбирали листья каждого вида дерева в приземном слое атмосферы с 10-кратной повторностью. Взвешивание фильтров АФА проводили на месте отбора проб на электронных весах Pocket Scale MH-200. Массу пыли на 1 см² листа (М) рассчитывали по формуле $M = P / S$, где P – разница между взвешиваниями фильтров, S – площадь листа, см².

Результаты и их обсуждение

На основе характеристик экологических особенностей видового состава дендрофлоры г. Ровно установлено, что в парках и скверах растет 40 видов деревьев и кустарников с пылеустойчивыми свойствами: 29 видов деревьев (*Ginkgo biloba* L., *Picea pungens* Engelm., *P. omorika* (Pank) Purkyne, *Thuja occidentalis* L., *Chamaecyparis lawsoniana* Parl., *Chamaecyparis nootkatensis* Sudw., *Taxus baccata* L., *Magnolia kobus* DC., *Platanus acerifolia* Willd., *Juglans regia* L., *Gleditschia triacanthos* L., *Acer platanoides* L., *Acer negundo* L., *Acer tataricum* L., *Acer saccharinum* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle., *Populus tremula* L., *Caragana arborescens* Lam., *Cotinus coggygria* Scop., *Hippophae rhamnoides* L., *Morus alba* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Populus alba* L., *Populus pyramidalis* Rozier., *Populus nigra* L., *Salix alba* и ее форма *Vittelina pendula*, *Tilia cordata* L., *Fraxinus excelsior* L., 9 видов кустарников (*Berberis vulgaris* L., *B. thunbergii* DC., *Ligustrum vulgare* L., *Deutzia scabra* Thunb., *Euonymus europaea* L., *Spiraea vanhouttei* Zab., *Spiraea media* Schmid., *Syringa vulgaris* L., *Syringa josikaea* Jacq.) и 2 вида лиан (*Parthenocissus quin-quefolia* (L.) Planch., *Hedera helix* L.) (таблица 1).

Таблица 1. – Пылеустойчивые виды дендрофлоры районов города Ровно

Район исследования	Уровень озеленения, %	Общее количество деревьев и кустарников, шт.	Пылеустойчивые виды	
			Количество, шт.	%
Северный	13,59	76	24	31,58
Восточный	17,00	66	22	33,33
Западный	6,93	43	16	37,21
Южный	16,25	75	20	26,67
Центральный	46,23	160	39	24,38

Установлено, что большинство пылеустойчивых видов дендрофлоры сосредоточено в западном, восточном и северном районах города. Максимальный их процент зафиксирован в западном районе при низком уровне его озеленения. Для северного и восточного районов показатели уровня озеленения и обеспечения пылеустойчивыми видами дендрофлоры практически одинаковые.

Результаты исследований показали, что основную пылевую нагрузку принимают следующие виды деревьев: *Tilia cordata* L., *Betula pendula* Roth., *Salix alba* L. и *Syringa vulgaris* L. (таблица 2).

Таблица 2. – Пылевая нагрузка на основные виды деревьев парков и скверов г. Ровно

Название вида деревьев и кустарников	Средние показатели		
	площадь листа, см ²	масса пыли на листке, г	масса пыли на 1 см ² листа, мг/см ²
Северный район			
Парк Текстильщиков			
<i>Tilia cordata</i> L.	35,319 ± 1,411	0,037 ± 0,012	1,046 ± 0,366
<i>Betula pendula</i> Roth.	22,956 ± 3,088	0,017 ± 0,006	0,729 ± 0,259
<i>Acer platanoides</i> L.	89,443 ± 19,139	0,030 ± 0,010	0,346 ± 0,147
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	88,576 ± 21,721	0,013 ± 0,006	0,151 ± 0,047
<i>Juglans regia</i> L.	260,122 ± 7,147	0,09 ± 0,044	0,343 ± 0,156
<i>Salix alba</i> L.	14,331 ± 1,487	0,010 ± 0,000	0,702 ± 0,069
<i>Syringa vulgaris</i> L.	47,279 ± 15,821	0,040 ± 0,010	0,862 ± 0,073
Сквер на ул. Гагарина			
<i>Tilia cordata</i> L.	38,999 ± 6,026	0,073 ± 0,006	1,903 ± 0,246
<i>Betula pendula</i> Roth.	18,933 ± 6,047	0,013 ± 0,006	0,766 ± 0,427
<i>Acer platanoides</i> L.	156,677 ± 27,902	0,020 ± 0,000	0,131 ± 0,026
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	66,557 ± 16,856	0,023 ± 0,006	0,387 ± 0,216
<i>Juglans regia</i> L.	349,573 ± 102,803	0,113 ± 0,046	0,321 ± 0,100
<i>Salix alba</i> L.	15,234 ± 1,750	0,013 ± 0,006	0,876 ± 0,357
<i>Syringa vulgaris</i> L.	39,879 ± 11,925	0,023 ± 0,006	0,605 ± 0,144
Восточный район			
Парк Победы			
<i>Tilia cordata</i> L.	35,281 ± 2,212	0,023 ± 0,006	0,665 ± 0,181
<i>Betula pendula</i> Roth.	14,811 ± 1,302	0,030 ± 0,020	1,972 ± 1,26
<i>Acer platanoides</i> L.	159,189 ± 8,638	0,010 ± 0,000	0,063 ± 0,004
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	34,309 ± 19,950	0,010 ± 0,000	0,362 ± 0,191
<i>Juglans regia</i> L.	394,733 ± 48,413	0,12 ± 0,056	0,319 ± 0,187
<i>Salix alba</i> L.	18,884 ± 3,197	0,013 ± 0,006	0,728 ± 0,362
<i>Syringa vulgaris</i> L.	45,194 ± 5,801	0,033 ± 0,006	0,758 ± 0,242
Сквер Автомобилистов			
<i>Tilia cordata</i> L.	45,966 ± 1,907	0,080 ± 0,035	1,752 ± 0,796
<i>Betula pendula</i> Roth.	17,142 ± 2,478	0,013 ± 0,006	0,812 ± 0,449
<i>Acer platanoides</i> L.	125,168 ± 18,063	0,020 ± 0,000	0,162 ± 0,022
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	50,161 ± 1,987	0,030 ± 0,000	0,599 ± 0,023
<i>Juglans regia</i> L.	408,803 ± 161,572	0,09 ± 0,05	0,210 ± 0,043
<i>Salix alba</i> L.	14,733 ± 3,124	0,010 ± 0,000	0,701 ± 0,161
<i>Syringa vulgaris</i> L.	31,691 ± 8,41	0,017 ± 0,006	0,518 ± 0,085
Западный район			
Парк Юбилейный			
<i>Tilia cordata</i> L.	31,439 ± 7,387	0,027 ± 0,006	0,906 ± 0,378
<i>Betula pendula</i> Roth.	19,400 ± 3,209	0,013 ± 0,012	0,868 ± 0,59
<i>Acer platanoides</i> L.	170,247 ± 46,83	0,027 ± 0,006	0,162 ± 0,049

Окончание таблицы 1

<i>Sorbus aucuparia</i> L.	77,639 ± 22,071	0,013 ± 0,012	0,244 ± 0,214
<i>Juglans regia</i> L.	346,993 ± 43,998	0,090 ± 0,026	0,268 ± 0,106
<i>Salix alba</i> L.	20,098 ± 0,280	0,013 ± 0,006	0,664 ± 0,291
<i>Syringa vulgaris</i> L.	31,279 ± 1,343	0,023 ± 0,006	0,752 ± 0,22
Сквер Юбилейный			
<i>Tilia cordata</i> L.	40,812 ± 10,127	0,020 ± 0,000	0,508 ± 0,111
<i>Betula pendula</i> Roth.	19,429 ± 3,148	0,010 ± 0,000	0,523 ± 0,078
<i>Acer platanoides</i> L.	132,164 ± 7,387	0,027 ± 0,012	0,205 ± 0,101
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	64,054 ± 6,994	0,013 ± 0,006	0,209 ± 0,089
<i>Juglans regia</i> L.	403,480 ± 82,733	0,097 ± 0,023	0,253 ± 0,102
<i>Salix alba</i> L.	13,515 ± 0,952	0,010 ± 0,000	0,742 ± 0,053
<i>Syringa vulgaris</i> L.	39,823 ± 14,942	0,017 ± 0,006	0,423 ± 0,059
Южный район			
Гидропарк II очереди			
<i>Tilia cordata</i> L.	41,673 ± 3,198	0,020 ± 0,000	0,482 ± 0,037
<i>Betula pendula</i> Roth.	26,743 ± 3,604	0,020 ± 0,010	0,755 ± 0,357
<i>Acer platanoides</i> L.	137,588 ± 37,196	0,020 ± 0,000	0,152 ± 0,039
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	57,563 ± 7,769	0,020 ± 0,010	0,336 ± 0,134
<i>Juglans regia</i> L.	340,45 ± 58,886	0,12 ± 0,061	0,356 ± 0,193
<i>Salix alba</i> L.	14,043 ± 3,374	0,010 ± 0,000	0,738 ± 0,16
<i>Syringa vulgaris</i> L.	32,753 ± 6,600	0,027 ± 0,006	0,819 ± 0,145
Сквер Родник			
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	66,667 ± 24,981	0,010 ± 0,000	0,164 ± 0,056
<i>Juglans regia</i> L.	281,880 ± 26,372	0,053 ± 0,006	0,190 ± 0,017
<i>Salix alba</i> L.	8,503 ± 0,45	0,005 ± 0,000	0,589 ± 0,031
Центральный район			
Парк имени Т. Г. Шевченко			
<i>Tilia cordata</i> L.	33,829 ± 3,061	0,037 ± 0,012	1,073 ± 0,253
<i>Betula pendula</i> Roth.	22,841 ± 4,774	0,010 ± 0,000	0,452 ± 0,105
<i>Acer platanoides</i> L.	164,977 ± 25,559	0,020 ± 0,01	0,117 ± 0,047
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	89,599 ± 9,985	0,13 ± 0,006	0,183 ± 0,048
<i>Juglans regia</i> L.	308,093 ± 13,049	0,08 ± 0,044	0,257 ± 0,131
<i>Salix alba</i> L.	24,182 ± 2,388	0,010 ± 0,000	0,416 ± 0,039
<i>Syringa vulgaris</i> L.	50,058 ± 11,507	0,020 ± 0,000	0,412 ± 0,084
Бульвар Независимости			
<i>Tilia cordata</i> L.	36,252 ± 0,499	0,037 ± 0,006	1,013 ± 0,171
<i>Betula pendula</i> Roth.	18,562 ± 2,015	0,010 ± 0,000	0,546 ± 0,66
<i>Acer platanoides</i> L.	155,741 ± 39,971	0,017 ± 0,006	0,105 ± 0,013
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	61,146 ± 13,409	0,010 ± 0,000	0,169 ± 0,039
<i>Juglans regia</i> L.	298,437 ± 96,480	0,133 ± 0,070	0,431 ± 0,145
<i>Salix alba</i> L.	16,447 ± 0,505	0,010 ± 0,000	0,608 ± 0,018
<i>Syringa vulgaris</i> L.	48,152 ± 5,419	0,033 ± 0,015	0,675 ± 0,234
Фоновый участок			
<i>Tilia cordata</i> L.	43,647 ± 7,504	0,004 ± 0,002	0,092 ± 0,036
<i>Betula pendula</i> Roth.	15,886 ± 1,080	0,005 ± 0,001	0,313 ± 0,042
<i>Acer platanoides</i> L.	113,893 ± 15,152	0,007 ± 0,001	0,064 ± 0,004
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	43,442 ± 14,625	0,005 ± 0,002	0,119 ± 0,032
<i>Juglans regia</i> L.	445,433 ± 14,834	0,053 ± 0,015	0,120 ± 0,037
<i>Salix alba</i> L.	24,578 ± 2,180	0,003 ± 0,001	0,138 ± 0,037
<i>Syringa vulgaris</i> L.	43,983 ± 4,049	0,009 ± 0,001	0,197 ± 0,018

Самый высокий показатель задержанной пыли ($1,903 \pm 0,246$ мг/см²) выявлен для *Tilia cordata* L.; самый низкий ($0,063 \pm 0,004$ мг/см²) – для *Acer platanoides* L.

Наибольшая масса пыли задерживается на больших по площади листьях *Juglans regia* L. при незначительной ее массе на 1 см² листа.

Нами рассчитаны средние значения массы задержанной пыли на 1 см² листьев исследуемых древесных пород (рисунок 1).

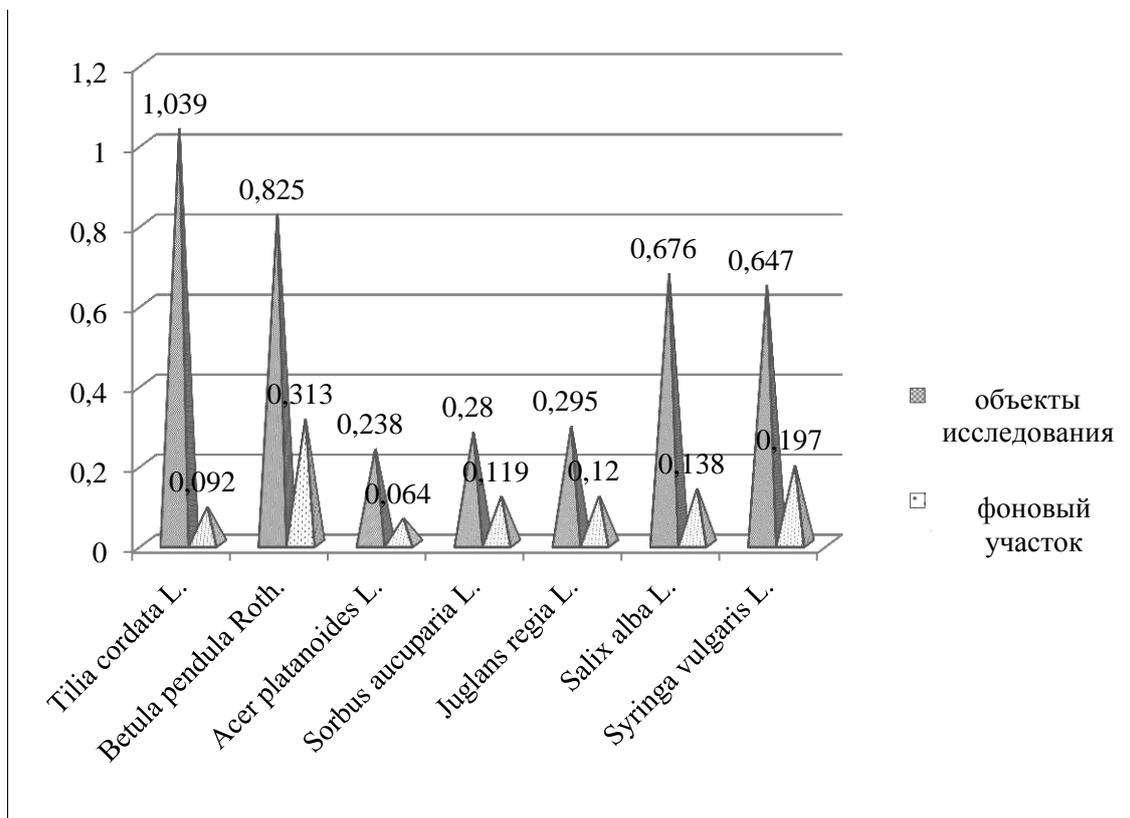


Рисунок 1. – Средние показатели массы пыли на листьях деревьев города, мг/см²

Средние значения массы пыли на листьях *Tilia cordata* L. в 11,29 раза больше по сравнению с фоновым участком, *Salix alba* L. – в 4,9, *Acer platanoides* L. – в 3,72, *Syringa vulgaris* L. – в 3,28, *Betula pendula* Roth. – в 2,64, *Juglans regia* L. – в 2,46, *Sorbus aucuparia* L. – в 2,35 раза.

На количество задержанной пыли одним и тем же видом дерева в различных условиях влияет размещение деревьев и кустарников в насаждениях в том или ином районе города (рисунок 2).

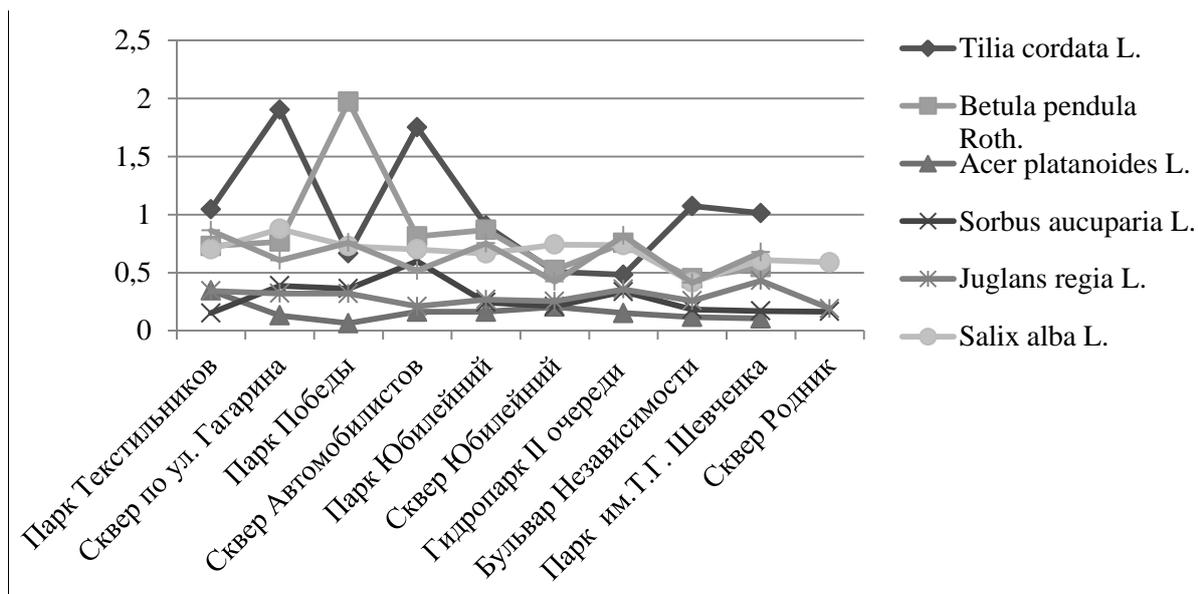


Рисунок 2. – Сравнительный анализ запыленности листьев, мг/см²

Известно, что при накоплении пыли на листовой пластине в период ее формирования замедляются процессы роста, происходит деформация листа [13]. Выявлено, что на исследуемых объектах города вблизи дорог листья *Syringa vulgaris* L. деформированные и скрученные. Листья *Tilia cordata* L. были меньшими по сравнению с листьями деревьев данного вида, которые растут на значительном расстоянии от промышленного объекта и автомагистрали.

Заключение

Впервые был определен перечень пылеустойчивых видов дендрофлоры и проведено исследование пылевой нагрузки на зеленые насаждения общего пользования в г. Ровно. Определено, что для озеленения города в качестве пылездерживающего фильтра перспективны следующие виды: *Tilia cordata* L., *Betula pendula* Roth., *Salix alba* L. и *Syringa vulgaris* L. Путем подбора пылеустойчивых пород и их размещения на территории города можно достичь наибольшего пылеочищающего эффекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радомська, М. М. Оцінювання рівня пилового забруднення атмосферно повітря міста Києва / М. М. Радомська, Ю. Г. Карташ // Наук. вісн. НЛТУ України. – 2016. – Вип. 26.4. – С. 219–224.
2. Чернышенко, О. В. Пылефильтрующая способность древесных растений / О. В. Чернышенко // Лесной вестн. – 2012. – № 3. – С. 7–10.
3. Кучерявий, В. П. Озеленення населених місць : підручник / В. П. Кучерявий. – Львів : Світ, 2005. – С. 174.
4. Озеленение населенных мест : справочник / В. И. Ерохина [и др.] ; под ред. В. И. Ерохиной. – М. : Стройиздат, 1987. – 480 с.
5. Феклисов, П. А. Насаждения деревьев и кустарников в условиях урбанизированной среды г. Архангельска / П. А. Феклисов. – Архангельск : Изд-во АГТУ, 2004. – С. 4.
6. Литвинова, Л. И. Зеленые насаждения и охрана окружающей среды / Л. И. Литвинова, Ф. М. Левон. – Киев : Здоровье, 1986. – 64 с.

7. Рубцов, Л. И. Справочник по зеленому строительству / Л. И. Рубцов, А. А. Лаптев. – Киев : Будивельник, 1971. – 311 с.
8. Горохов, В. А. Зеленая природа в городе : учеб. пособие для вузов / В. А. Горохов. – М. : Архитектура, 2005. – С. 161.
9. Сергейчик, С. А. Устойчивость древесных растений в техногенной среде / С. А. Сергейчик. – Минск, 1994. – 280 с.
10. Заячук, В. Я. Дендрологія / В. Я. Заячук. – Львів : СПОЛОМ, 2014. – 676 с.
11. Кузнецов, С. І. Асортимент дерев, кущів та ліан для озеленення в Україні / С. І. Кузнецов, Ф. М. Левон, В. В. Пушкар. – Київ : Компринт, 2013. – 256 с.
12. Кучерявий, В. П. Фітомеліорація : навч. посібник / В. П. Кучерявий. – Львів : Світ, 2003. – С. 191.
13. Зеленская, Т. Г. Измерение степени запыленности листовой пластины березы повислой, произрастающей вдоль основных автомобильных дорог г. Ставрополя / Т. Г. Зеленская, Е. Е. Степаненко, Ю. А. Мандра // Актуальные вопросы экологии и природопользования : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь : АГРУС Ставропол. гос. аграр. ун-та, 2014. – С. 45–48.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 06.20.2020

Melnyk V. I., Denysyuk N. V. Dust-Cleaner Role of Greenery in Rivne

The article deals with the characteristics of the environmental features of the species composition of dendroflora of the city. In the parks and squares of Rivne grows 40 types of trees and shrubs with dustproof properties. It was determined that the main dust load accept the following types of trees: Tilia cordata L., Betula pendula Roth., Salix alba L. and Syringa vulgaris L. The highest rate of detain dust specified for Tilia cordata L., which consists of $1,903 \pm 0,246 \text{ mg/cm}^2$, and the lowest is for Acer platanoides L. and is $0,063 \pm 0,004 \text{ mg/cm}^2$. The average values of the mass of retained dust on the leaves of the studied woody plants exceed the background by 2.35–11.29 times, depending on the species. It was determined that for the city greening as dust filter are long-range the following species: Tilia cordata L., Betula pendula Roth., Salix alba L. and Syringa vulgaris L.

УДК 91:504; 910.1

И. В. Окоронко

*ст. преподаватель каф. ботаники и экологии
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
e-mail: okoronko2007@ya.ru*

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДОСБОР р. ПИНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Представлена методика геоэкологического анализа антропогенных нагрузок на водосборы малых рек и комплексная оценка экологического состояния бассейна р. Пина с применением ГИС-технологий. Река Пина является уникальным объектом для геоэкологического исследования. Она протекает в юго-восточной части Брестской области в пределах трех административных районов и среди большинства других малых рек Беларуси характеризуется наименьшей антропогенной преобразованностью. Рассматриваются результаты исследования геоэкологического состояния частных водосборов посредством оценки различных показателей природной защищенности территории и факторов антропогенной нагрузки.

Введение

В последние десятилетия ухудшение экологического состояния малых рек вызывает серьезную озабоченность и является одной из актуальных экологических проблем не только на территории Полесья.

В результате интенсивного освоения региона происходит усиление антропогенной нагрузки на окружающую природную среду, что приводит к значительному ухудшению качественного состояния поверхностных вод. Оценка природного потенциала водных ресурсов, факторов формирования их экологического состояния, поиск алгоритмов оптимизации рационального водопользования с применением современных методов ГИС-технологий обуславливает актуальность темы исследования.

Материалы и методы исследований

Целью работы является комплексная геоэкологическая оценка бассейна р. Пина. Объектом исследования выступают малые (частные) водосборы (суббассейны).

ГИС-технологии позволяют научно обоснованно организовать геоэкологический мониторинг в пределах малых речных бассейнов, сходных или различных по ландшафтным особенностям и гидрологическому режиму, в целях регламентации техногенной нагрузки. На основе использования ГИС в картографии развилось отдельное направление – геоинформационное картографирование. Взаимодействие геоинформатики и картографии стало основой для формирования нового направления – геоинформационного картографирования, суть которого составляет автоматизированное информационно-картографическое моделирование природных и социально-экономических геосистем на основе ГИС и баз знаний.

Основная задача геоэкологического картографирования – получение площадной информации и отображение в картографических моделях всех природных и антропогенных факторов, влияющих на геоэкологическую обстановку (от конкретного воздействия до последствий этого воздействия). Создание карт в геоэкологической картографии – базовая основа для определения экологических проблем, рационального их решения, разработки политики для целей сбалансированного регионального развития, а также геоинформационное обеспечение подобных исследований.

Основу методики составляет построение матрицы антропогенных нагрузок на водосборы малых рек по преобладающим источникам загрязнения и степени экологической опасности.

Сущность методики геоэкологического анализа антропогенных воздействий на водосборы малых рек и водных объектов представляет собой определенную последовательность проведения следующих исследований [1; 4].

1. **Выбор операционной типологической единицы рассмотрения (элементарный водосбор, бассейн малой реки и др.).** Посредством геоинформационного картирования было выделено семь малых водосборов (таблица, рисунок 1).

Таблица. – Структуры гидрографической сети и бассейнового строения р. Пина

Название малого водосбора (МВ)	Индекс	Площадь, км ²	Площадь, % от района
МВ Днепровско-Бугского канала до впадения р. Нивка	П1	645,0	32,1
МВ р. Неслуха	П2	398,3	19,8
МВ р. Нивка	П3	184,5	9,2
МВ р. Филипповка	П4	155,4	7,7
МВ кан. Завышанский	П5	210,0	10,5
МВ р. Пина от впадения р. Филипповка до впадения в р. Припять	П6	178,8	8,9
МВ р. Пина от впадения Завышанского канала до впадения в р. Припять	П7	237,5	11,8

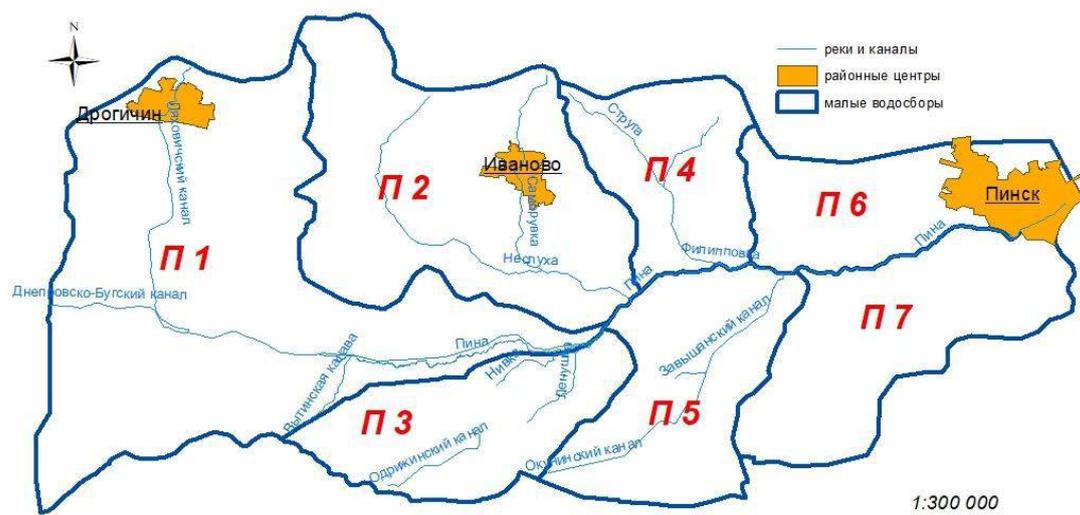


Рисунок 1. – Малые водосборы р. Пина

2. **Выявление основных природных средообразующих факторов и их количественная характеристика.** Для каждого частного водосбора проводилась оценка природного фактора, способного в определенной мере компенсировать антропогенные воздействия. Таким образом, проанализированы следующие показатели: *густота русловой сети, озерность, лесистость, болотистость, доля территорий под водными объектами*, а также *доля охраняемых территорий*.

3. **Выявление основных факторов антропогенной нагрузки и оценка их количественных характеристик.** Оценка антропогенных факторов производилась по следующим показателям: *доля городских территорий, доля территорий сельских населенных пунктов, численность населения, плотность населения, распаханность территории, густота автомобильных дорог, количество внесенных минеральных и органических удобрений и поголовье крупного рогатого скота*. Влияние сельского хозяйства оценивалось по животноводческой отрасли и растениеводству, оказывающих наиболь-

шее негативное влияние на водные ресурсы и окружающую среду в целом. Антропогенная нагрузка от животноводства на выделенные водосборные территории оценивалась по объему твердых и жидких отходов и содержащемуся в них количеству действующего вещества.

4. Картографирование выявленных природных и антропогенных факторов для выбранных типологических единиц рассмотрения. Необходимый материал был получен путем обработки картографических и справочных материалов. Все расчеты и картосхемы проводились с использованием приложения ArcGIS 10.3, позволяющего создавать различные электронные карты, проводить расчеты и моделирование. Базовыми для ее создания является карта OpenStreetMap с нанесенным на нее функциональным зонированием и разновременные топографические карты. Информация по различным показателям получена в результате дешифрирования и оцифровки карт OpenStreetMap высокого разрешения. При этом каждому идентифицированному участку соответствует атрибутивная таблица, содержащая информацию о количественных и качественных характеристиках по изучаемым показателям. Картографическая база данных охватывает географический блок, который включает тематические карты и оценочный блок, содержащий синтетические карты. Исходная база данных формировалась по справочным материалам землеустроительных служб, отчетов статистического комитета, сельских исполнительных комитетов, а также комитета по сельскому хозяйству и продовольствию Брестского исполнительного комитета. Часть данных была получена с помощью созданной геоинформационной системы путем пересечения различных тематических карт.

5. Составление матрицы характеристик природных факторов и антропогенной нагрузки в балльных показателях. Для оценки была использована трехбалльная оценочная шкала с дополнительным баллом при отсутствии данного показателя в пределах водосбора. Для расчета комплексных показателей положительной и отрицательной составляющих оценки использовался метод сложения соответствующих балльных значений показателей и последующего трехуровневого равноинтервального ранжирования их суммы.

6. Анализ пространственного распределения элементарных типологических единиц на водосборе с разной степенью экологической опасности.

Результаты исследования и их обсуждение

Пина – левый приток Припяти. Длина реки составляет 40 км, ширина русла – 35–55 м, площадь водосборного бассейна чуть более 2 тыс. км². Исток реки находится южнее д. Переруб Ивановского района, однако некоторые исследователи считают, что исток реки расположен южнее д. Дубое Пинского района. Река является частью Днепровско-Бугского канала. Берега низкие, частично заболоченные. Русло реки претерпело значительные изменения во время строительства и реконструкции Днепровско-Бугского канала.

Основными притоками являются канал Завищанский, реки Ленушка и Нивка (правые), реки Неслуха, Филипповка, Струга, Саморувка и Ляховичский канал (левые). Пина протекает по территории Дрогичинского, Ивановского и Пинского районов Брестской области. Гидрологическая схема водосбора р. Пина представлена на рисунке 1.

Бассейн расположен в пределах Полесской низменности. Река Неслуха берет начало у д. Дроботы Дрогичинского района, длина ее составляет 52 км, она протекает по территории Дрогичинского и Ивановского районов. У западной границы д. Рудск Ивановского района в р. Неслуха впадает р. Саморувка. Ее длина составляет 29 км. Исток р. Филипповка расположен севернее д. Якша Ивановского района, протяженность 29 км. Недалеко от д. Бродница Ивановского района в нее впадает р. Струга,

имеющая длину 17 км. Река Нивка берет начало южнее д. Власовцы Ивановского района, протяженность ее составляет 15 км. Возле деревни Хомичево в нее впадает р. Ленушка.

С 1775 по 1783 г. велось строительство Днепровско-Бугского канала, в связи с чем и территория бассейна реки Пина претерпела значительные антропогенные изменения. Протяженность Днепровско-Бугского канала в пределах водосбора составляет около 70 км. С момента постройки Днепровско-Бугской водной системы река активно использовалась для судоходства, в г. Пинске построен порт. В послевоенные годы на территории Белорусского Полесья были развернуты активные мелиоративные мероприятия, в результате чего была построена сеть мелиоративных систем и частично канализированы русла естественных водотоков. Так, на исследуемой территории появились Ляховичский канал (Дрогичинский р-н, длина 40 км), Завышанский (Ивановский и Пинский р-ны, длина 20 км), Окунинский (Ивановский р-н, длина 25 км) и Одрижинский (Ивановский р-н, длина 14 км) каналы.

В системе физико-географического районирования (в европейской десятичной системе районирования) бассейн р. Пина располагается в пределах Полесской провинции, а в системе ландшафтного районирования – в пределах подзоны суббореальных (полесских) ландшафтов [3].

В пределах бассейна реки выделяется 6 типов ландшафтов (рисунок 2). На юге это аллювиальные террасированные и озерно-аллювиальные, на севере – озерно-болотные и вторично-моренные ландшафты, на западе – водно-ледниковые и озерно-болотные, а на востоке – водно-ледниковые и пойменные типы ландшафтов.

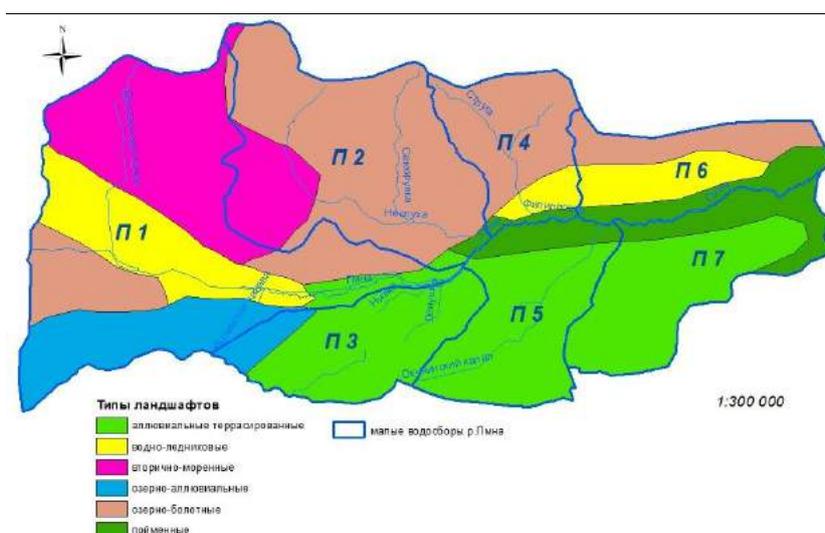


Рисунок 2. – Типы ландшафтов бассейна р. Пина

В почвенном покрове доминируют автоморфные почвы. Они представлены дерново-подзолистыми на суглинках (северо-восточная часть бассейна), а также дерново-подзолистыми глееватыми почвами, расположенными в юго-восточной части водосбора (рисунок 3). Полугидроморфные почвы представлены дерновыми заболоченными почвами (значительный участок, расположенный в западной части бассейна) и аллювиальными дерновыми заболоченными почвами (небольшой участок на востоке). Гидроморфные почвы занимают прирусловую пойму и надпойменные террасы долины р. Пина и представлены торфяно-болотными аллювиальными почвами.

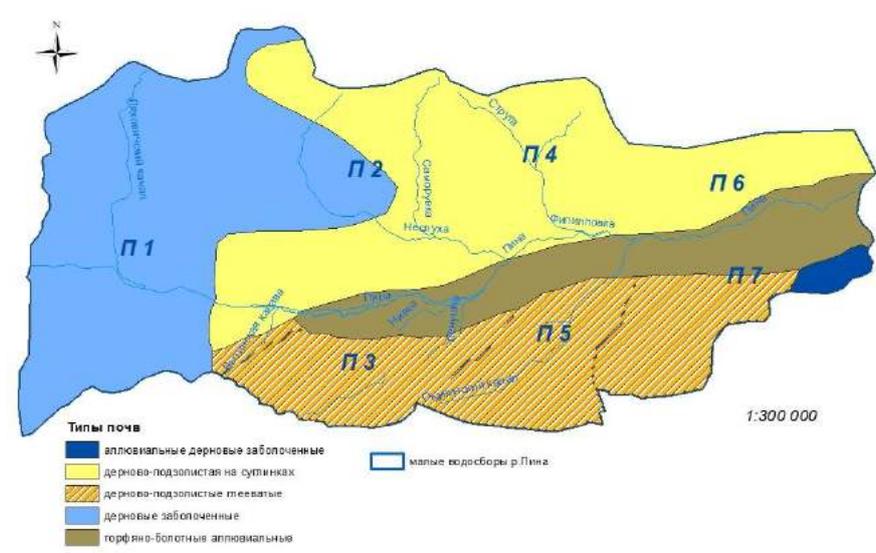


Рисунок 3. – Типы почв бассейна р. Пина

Климат территории умеренно континентальный мягкий, с умеренно теплым летом и нехолодной зимой. Средняя температура июля $+18,8^{\circ}\text{C}$, января $-4,4^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков составляет 550 мм.

В системе геоботанического районирования бассейн реки Пина расположен в подзоне широколиственно-хвойных лесов Бугско-Полесского округа в Бугско-Припятском районе.

Территория водосбора реки Пина расположена на территории трех административных районов (Дрогичинский, Ивановский, Пинский) Брестской области. Население проживает в 120 населенных пунктах, из которых один город областного подчинения (Пинск), два города районного подчинения (Иваново, Дрогичин), 11 агрогородков, 107 деревень, один поселок (Садовый), выделяется 22 сельских исполнительных комитета (рисунок 4).

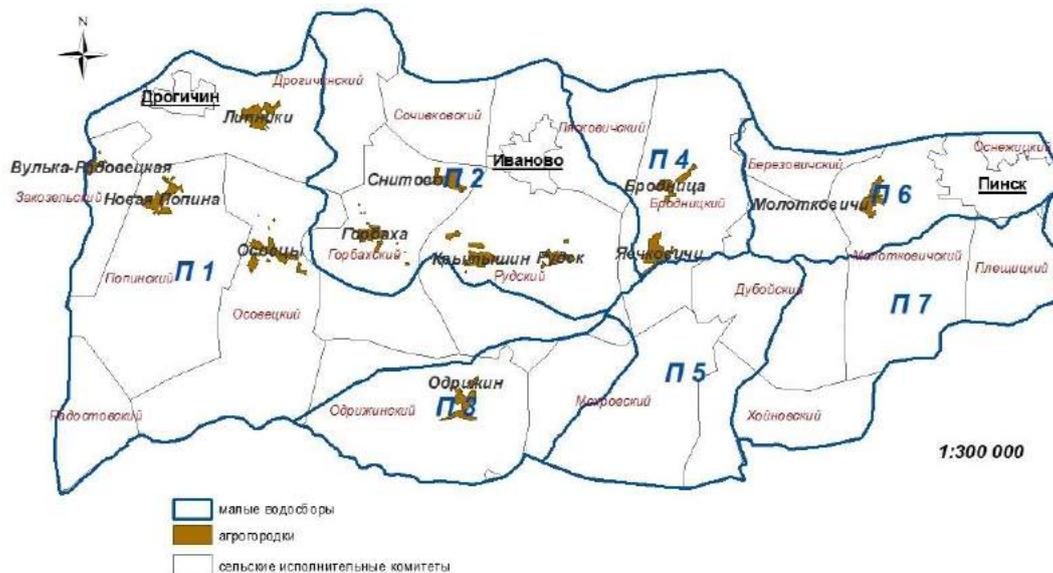


Рисунок 4. – Административно-территориальное деление бассейна р. Пина

В ходе исследования показателей природных средообразующих факторов были выявлены следующие различия (рисунок 5). Густота русловой сети варьирует от 1,1 до 2,7 км/км². Наибольшие показатели присущи малым водосборам П1 и П3. Территория характеризуется высокой степенью мелиорированности, водосбор П1 является наибольшим по площади. Наименьшие показатели наблюдаются на водосборах П2 и П4 и составляют 1,1–1,3 км/км².

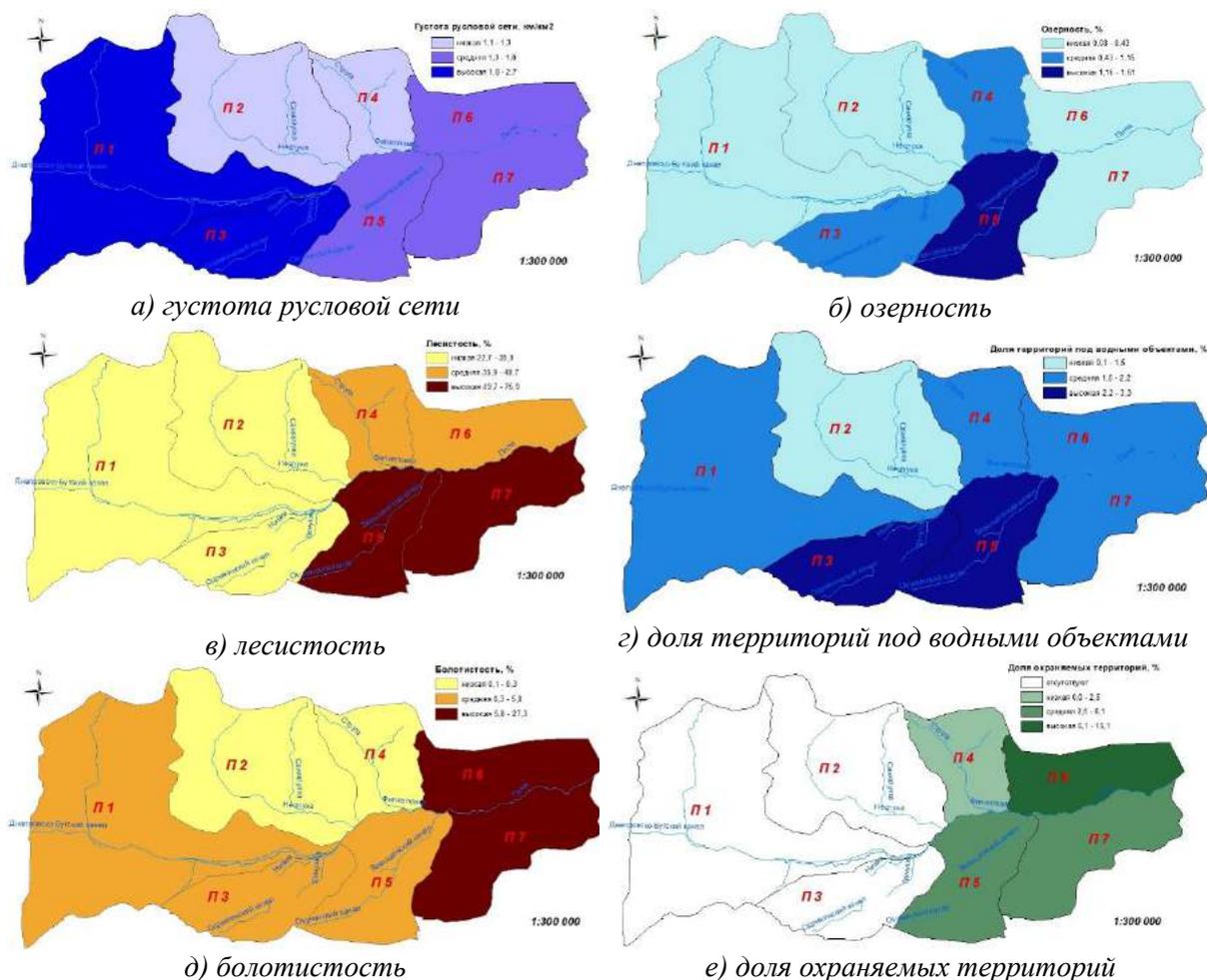


Рисунок 5. – Распределение показателей природных средообразующих факторов

Озерность исследуемой территории варьирует от 0,08 до 1,61 %. В целом на территории водосборного бассейна озер очень мало и, как правило, они небольшие по площади. Самым крупным является оз. Песчаное, расположенное на водосборе П3, и его площадь едва превышает 2 км². Наиболее «озерным» является водосбор П5, и представлен он более 15 озерами, из которых самыми большими по площади являются озера Завищанское, Красень, Окунино и Безыменник. Наименьшие показатели озерности характерны для водосборов П1, П2, П6 и П7 и составляют менее 0,43 %.

Показатели лесистости изменяются от 22,7 до 75,9 %. По водосбору реки Пина средняя лесистость составляет 39,8 %. Наибольшая площадь лесных фитоценозов характерна для водосборов П5 (75,9 %, 159 500 га) и П7 (60,5 %, 143 600 га). Эти территории характеризуются наименьшим показателем селитебной освоенности, плотность населения составляет 4,8–6,0 чел/км², следовательно, территория в сравнении с другими малыми водосборами характеризуется наименьшей антропогенной освоенностью. Наименьшие показатели лесистости наблюдаются на водосборе П1 (22,7 %), П2 (32,5 %) и П3 (35,9 %).

Наиболее заболоченной является восточная часть бассейна Пины. Территории водосборов П6 (27,3 %) и П7 (20,0 %) почти на четверть заняты болотными экосистемами. Наименьшими показателями болотистости характеризуются водосборы П4 (0,1 %) и П6 (0,3 %).

Охраняемые территории представлены заказниками местного значения. Наибольшая доля охраняемых территорий (15,1 %) характерна для водосбора П6. На водосборах П1, П2 и П3 охраняемые территории отсутствуют.

Распределение демографических показателей представлено на рисунке 6. Самым урбанизированным является водосбор П6 с показателем 21 %. Здесь расположен г. Пинск, который является городом областного подчинения и административным центром Пинского района. Город Иваново лежит на водосборе П2, а Дрогичин – на водосборе П1. На водосборах П3, П4, П5 и П7 урбанизированные ландшафты отсутствуют.

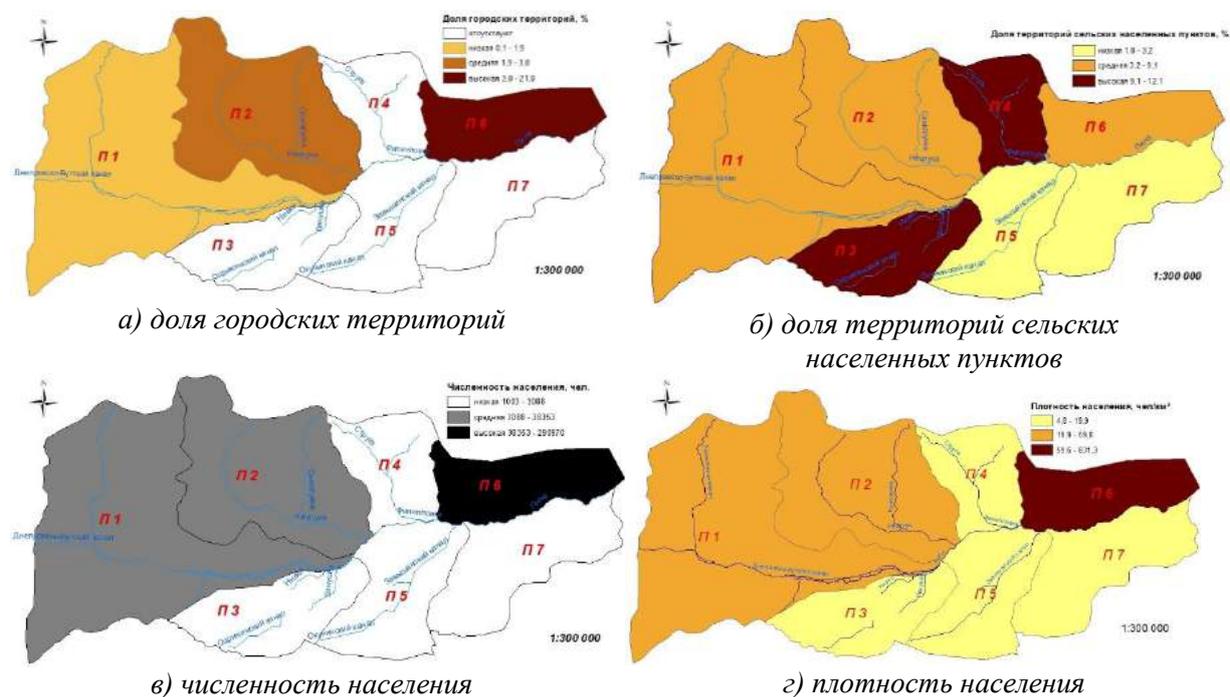


Рисунок 6. – Распределение демографических показателей

Сельские населенные пункты присутствуют на всех исследуемых водосборах, но наибольшая их площадь представлена на водосборе П3 (12,1 %). Здесь расположены 13 сельских населенных пунктов с общим количеством населения 2 651 человек. Самыми крупными населенными пунктами являются д. Мохро с населением 985 человек, аг. Одрижин (689 человек) и д. Баландичи (210 человек).

На водосборе П4 доля сельских населенных пунктов составляет 10,4 %, а количество населения 2 088 человек. Крупнейшими сельскими населенными пунктами являются аг. Ячковичи (1 027 человек), аг. Бродница (477 человек) и д. Ляховичи (384 человек).

Наименьшими показателями сельских населенных пунктов характеризуются водосборы П7 (1,8 %). На водосборе находятся 8 сельских населенных пунктов, а общее количество сельского населения водосбора составляет 1 433 человека.

В пределах исследуемой территории проживает 219,1 тыс. человек. Причем доля городского населения составляет 169,3 тыс. человек (77,3 %), что указывает на очень высокий уровень урбанизации. Наибольшее количество населения насчитывается

на водосборе П6 (более 148 тыс. человек). Здесь расположен г. Пинск. Примечательно, что, начиная с 1975 г. и по настоящее время на исследуемой территории и в целом в Республике Беларусь наблюдается активное развитие процессов урбанизации. Согласно материалам переписи населения, в 1959 г. в г. Пинске проживало 41 548 человек, в г. Иваново – 3 900 человек, в г. Дрогичине – 3 500 человек; в настоящее время в г. Пинске насчитывается 138 тыс. человек, в г. Иваново – 16,4 тыс. человек, в г. Дрогичине – 14,9 тыс. человек.

Рост населения наблюдается и в некоторых сельских населенных пунктах, расположенных в непосредственной близости от данных городов. Ярким примером этому являются д. Галево и аг. Молотковичи, которые расположены недалеко от г. Пинска. По данным переписи 2009 г., население в д. Галево составляло 2 468 человек, а в аг. Молотковичи – 1 882 человека, в 2018 г. население составило 3 754 человека и 2 118 человек соответственно. В д. Лясковичи, которая расположена недалеко от г. Иваново, в 2009 г. население насчитывало 1 359 человек, а в 2018 г. – 1 380 человек. В остальных населенных пунктах (а это преимущественно небольшие деревни с количеством населения до ста человек) наблюдается уменьшение количества жителей.

Наиболее заселенными являются центральная и северная часть водосбора, наименьшая концентрация населенных пунктов наблюдается в юго-восточной части исследуемой территории. Наименьшее количество населения характерно для водосбора П5 (1 003 человека) и П7 (1 433 человека).

Регион характеризуется высокой степенью антропогенной и хозяйственной освоенности. Средняя плотность населения составляет 109 человек на 1 км² (средний показатель для Беларуси – 45 человек на 1 км², для Брестской области – 42 человека на 1 км²).

По данным переписи 2009 г. население водосбора составляло 212,1 тыс. человек, в 2018 г. – 219,1 тыс. человек. Наибольшая плотность населения характерна для водосбора П6 (831,3 человек на 1 км²), собственно, здесь и насчитывается наибольшее количество населения в сравнении с другими водосборами. Наименьший показатель плотности населения характерен для водосборов П5 и П7 и составляет соответственно 4,8 и 6,0 человека на 1 км² [2].

Автомобильные дороги оказывают влияние на гидрологический режим малых водосборов. Наибольший показатель густоты автомобильных дорог характерен для водосбора П6 (8,1 км/км²). Здесь расположен г. Пинск и другие крупные сельские населенные пункты (д. Галева, аг. Молотковичи, п. Садовый, д. Домашицы), что и повлияло на развитие транспортной инфраструктуры. Менее всего линейные транспортные объекты представлены на водосборах П1 (1,0 км/км²) и П7 (1,3 км/км²).

Исследуемая территория характеризуется высоким показателем сельскохозяйственной освоенности (рисунок 7). В пределах водосбора расположено 30 предприятий агропромышленного комплекса и свыше 20 фермерских хозяйств. В сельскохозяйственной отрасли занято свыше 50 % от общего числа работающих в сфере материального производства.

В животноводстве регион специализируется на производстве молока и мяса, в растениеводстве – на выращивании зерновых культур, сахарной свеклы, рапса, картофеля, а также на кормопроизводстве. На долю пашни приходится свыше 50 % территории водосбора, причем свыше 65 % пашни – это мелиорированные территории.

Наибольшими площадями пахотных угодий характеризуются водосборы П2 (43,5 %) и П4 (33,5 %). Наименьшая степень распаханности отмечена в водосборах П5 (7,7 %) и П7 (12,6 %). Эти водосборы претерпели наименьшие антропогенные воздействия, и в земельном фонде водосборов доминируют природные экосистемы (болота, лес, луга).

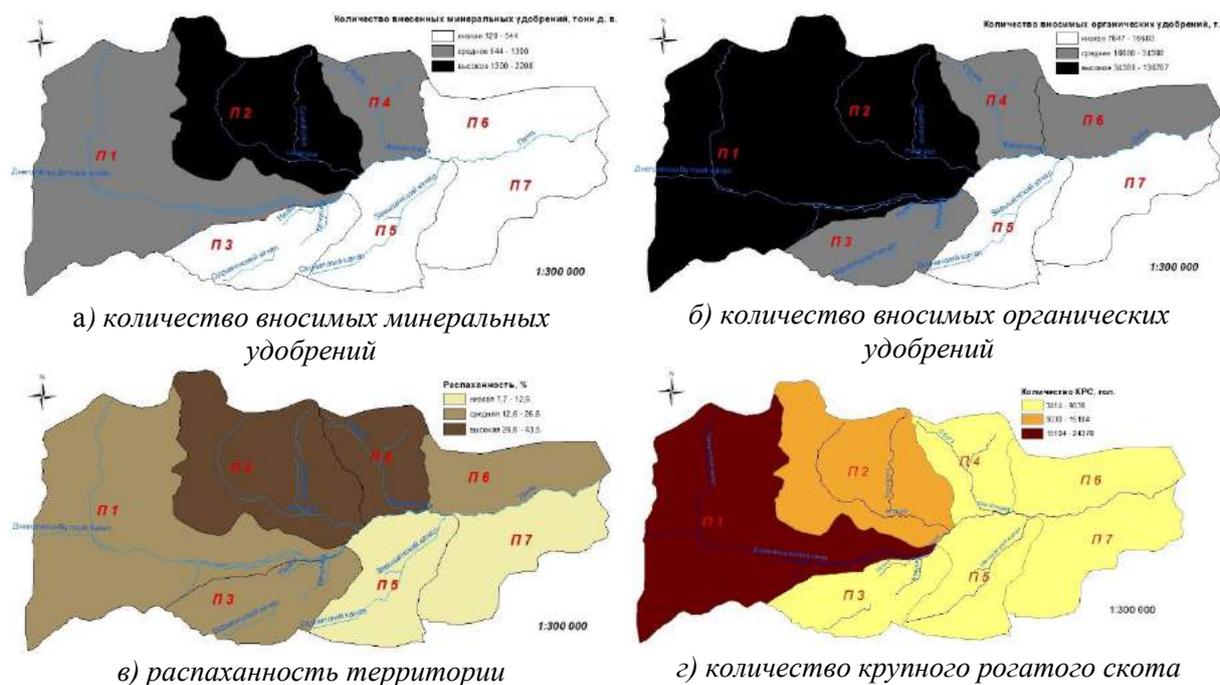


Рисунок 7. – Распределение сельскохозяйственных показателей

Сельскохозяйственное производство и активное животноводство негативно влияют на природные экосистемы. Хозяйственная деятельность на водосборах малых рек нарушает естественный круговорот веществ, изменяет потоки биогенных элементов, что приводит к снижению их концентрации в одних местах и накоплению в других. Избыточное поступление биогенных элементов (особенно азота и фосфора) в водоемы и водотоки вызывает их эвтрофирование. Животноводческие сельскохозяйственные предприятия в основном специализируются на разведении крупного рогатого скота. Так, в отдельных хозяйствах количество КРС превышает 5 000 голов (СПК «Осовецкий», ОАО «Горбах», УП «Ляховичское-Агро», ОАО «Пинский мясокомбинат», ОАО «Заря-Агро»). Наибольшее количество КРС наблюдается на водосборе П1 (24,4 тыс. голов), а наименьшее – в пределах водосборов П5 (3,4 тыс. голов) и П4 (4,4 тыс. голов).

В растениеводстве активно используются минеральные и органические удобрения. В отдельных хозяйствах они вносятся в большом количестве. Так, свыше 10 т органических удобрений на 1 га пахотных угодий вносят СПК «Осовецкий», ОАО «Снитово-Агро», КСУП «Племенной завод Закозельский», ОАО «Оснежицкий», ОАО «Машеровский». Более 200 кг действующего вещества на один га сельхозугодий минеральных удобрений (азотные, фосфорные и калийные) вносят в УП «Ляховичское-Агро», СПК «Осовецкий», ОАО «Пинский мясокомбинат», ОАО «Машеровский», ОАО «Оснежицкое». Наибольшее количество минеральных удобрений попадает в почву в пределах водосборов П2 (2,2 тыс. т д. в.), а менее всего на водосборе П7 (120 т д. в.) Зачастую сельскохозяйственными организациями не соблюдаются надлежащие условия по хранению, транспортировке и внесению удобрений. Это приводит к их накоплению в почве с последующим поступлением в поверхностные и грунтовые воды. Нередко органические удобрения хранятся в пределах водоохраных зон, в связи с чем и представляют наибольшую экологическую опасность. Наибольшее количество органических удобрений вносится в почву в пределах водосбора П2 (136,8 тыс. т) и П1 (99,4 тыс. т), менее всего на водосборах П5 (7,6 тыс. т) и П7 (16,7 тыс. т).

На основе трехинтервального ранжирования природных средообразующих и антропогенных оценочных показателей были рассчитаны общие положительный и отрицательный показатели, представленные на рисунке 8.

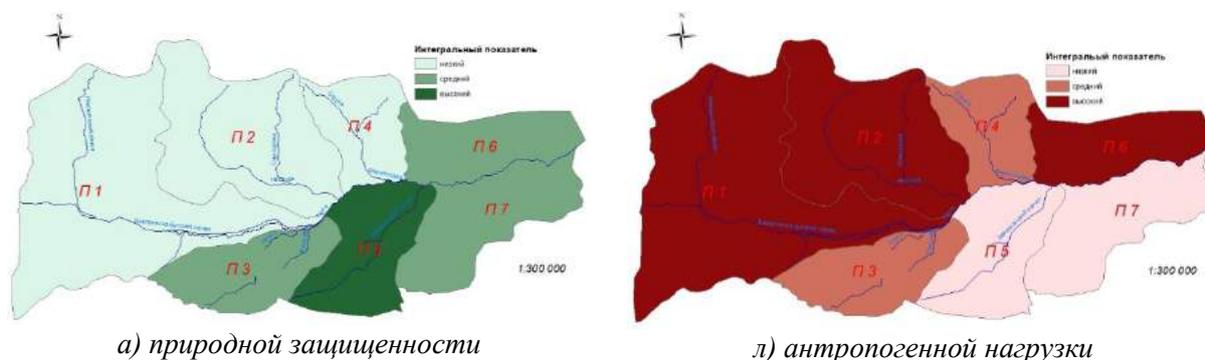


Рисунок 8. – Распределение интегральных показателей комплексной оценки

Наибольшим показателем природной защищенности территории является малый водосбор П5. Водосборы П3, П6, П7 имеют средний показатель, а водосборы П1, П2 и П4 характеризуются низкой степенью защищенности.

По данным показателей антропогенной нагрузки три малых водосбора имеют высокую степень антропогенной преобразованности (П1, П2, П6). Водосборы П3 и П4 имеют средний показатель, а водосборы П5 и П7 испытывают наименьшие антропогенные нагрузки.

Заключение

На основе проведенного анализа по оценке природной защищенности и антропогенной нагрузке на территорию малых водосборов р. Пина можно сделать следующие выводы.

1. Бассейн р. Пина является уникальным объектом для геоэкологического исследования с применением ГИС-технологий. Регион характеризуется ландшафтным, почвенным, геоботаническим и зоогеографическим разнообразием.

2. В исследуемой работе был применен бассейновый подход и впервые проведено гидрографическое районирование бассейна р. Пина, выделены семь частных малых водосборов (суббассейнов), проанализирован и оцифрован картографический материал, собраны статистические данные, создана довольно объемная база данных по различным физико-географическим, социально-экономическим и эколого-гидрографическим показателям.

3. В работе впервые изучен природно-ресурсный потенциал малых водосборов реки Пина, проведена оценка степени природной защищенности территории малых водосборов, а также выявлены основные антропогенные факторы, проведена их качественная и количественная оценка.

4. Согласно полученным данным, было выявлено, что наиболее напряженная экологическая ситуация характерна для трех малых водосборов р. Пина. Причем эти суббассейны характеризуются также и низкими показателями природной защищенности территории. Следовательно, на данных малых водосборах необходимо снизить антропогенную нагрузку, изменить существующую систему природопользования.

5. Исследуемый регион обладает достаточным природно-ресурсным потенциалом и имеет хорошо развитую туристическую инфраструктуру. Вблизи Днепровско-Бугского канала и р. Пина расположено более десяти туристических объектов (агроусадьбы, базы отдыха и т. д.), что является хорошей предпосылкой для развития на территории

агротуризма. Водные объекты могут быть использованы для сплава на байдарках, каноэ, катамаранах, плотках, а также малогабаритных судах.

Полученные в ходе исследования данные будут использованы для дальнейших исследований, а также в планировании территории и землеустройстве. Для органов разного уровня управления практическая значимость исследования выражается в рекомендациях по интенсивности использования земель, выбору оптимального направления дальнейшего развития, ориентированного на сбалансированное экологически безопасное землепользование и устойчивое развитие территории. Предложения по совершенствованию региональной системы управления природопользованием и природоохранной деятельностью будут полезны для районных инспекций природных ресурсов и охраны окружающей среды, для работников землеустроительных служб, сельскохозяйственных предприятий. Результаты исследований могут быть также использованы в учебном процессе при подготовке студентов-географов, геоэкологов и экологов высших учебных заведений Республики Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ясинский, С. В. Геоэкологический анализ антропогенных воздействий на водосборы малых рек / С. В. Ясинский // Изв. АН. Сер. геогр. – 2000. – №4. – С. 74–82.
2. Брестская область в цифрах. 2018. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2018. – 88 с.
3. Нацыянальны атлас Беларусі / Кам. па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь. – Мінск, 2002. – 292 с.
4. Мухина, Л. И. Принципы и методы технологической оценки природных комплексов / Л. И. Мухина. – М. : Наука, 1973. – 96 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 11.02.2020

Okoronko I. V. Assessment of the Anthropogenic Load on the Pina River Catchment Using GIS Technologies

The article presents methods for assessing anthropogenic factors and a comprehensive assessment of the ecological status of small catchments of the Pina River using GIS technologies. The Pina River is a unique object for geoecological research. It is located in the southeastern part of the Brest region within the three administrative regions and among the majority of other small rivers of Belarus it is characterized by the least anthropogenic transformation. The paper considers the results of a study of the geoecological state of private watersheds by assessing various indicators of anthropogenic impact and assessing the resistance of private watersheds to anthropogenic pressures.

УДК 314.04+911.3 (476)

А. А. Сидорович

*канд. геогр. наук, доц. каф. туризма и страноведения
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
e-mail: brestsid@yahoo.com*

ПОЛОВОЗРАСТНОЙ АСПЕКТ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РЫНКА ТРУДА БЕЛАРУСИ*

Представлен анализ динамики численности населения трудоспособного возраста, составляющего основу предложения на рынке труда. Демографические процессы в разной степени затрагивают мужское и женское население. В структуре факторов динамики мужского населения преобладает фактор смертности. В отношении женского населения превалирующим фактором выступает возрастное движение населения. В целом отрицательное влияние на состояние региональных рынков труда и общую социально-экономическую ситуацию в соответствующих административно-территориальных единицах оказывает демографическое старение населения.

Введение

В условиях депопуляции и старения населения происходят изменения структуры спроса и предложения услуг труда Беларуси. С одной стороны, наблюдается снижение объема предложения услуг труда и возрастание удельного веса лиц старших возрастных групп в его структуре. С другой стороны, трансформируются потребности нанимателей. В частности, сокращение численности детей обуславливает снижение количественной потребности в педагогических работниках. Между тем демографическая составляющая трансформации рынка труда Беларуси носит территориально-дифференцированный характер и имеет определенные особенности в отношении мужского и женского населения различных возрастных групп. Все это в совокупности определяет актуальность геодемографических и экономико-географических исследований рынка труда Беларуси.

Целью данного исследования является выявление территориальных закономерностей и тенденций динамики и структуры трудоспособного населения в контексте демографической трансформации региональных рынков труда Беларуси.

Материалы и методика исследования

Результаты исследования базируются на обработке и анализе широкого массива статистической информации, полученной из официальных источников – Национального статистического комитета и Министерства здравоохранения Республики Беларусь с применением компьютерных программных продуктов обработки числовой и картографической информации – ArcMap, SPSS Statistics, Microsoft Excel. Для проведения соответствующих расчетов необходимы статистические данные о половозрастной структуре населения, количестве умерших по полу и возрасту на основе данных текущего учета смертей, осуществляемого органами ЗАГС, и количестве прибывших и выбывших лиц в трудоспособном возрасте. С целью выявления территориальных особенностей демографической трансформации рынка труда автором разработан геодемографический подход, который базируется на определении влияния отдельных факторов на динамику численности трудоспособного населения на трех уровнях пространственной иерархии – национальном, региональном (областном) и локальном (районном). Оценка структуры факторов динамики трудоспособного населения как ключевого компонента предложения услуг труда позволяет выявить превалирующие источники трансформации рынка труда – структурно-демографический, миграционный и институциональный.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке БРФФИ (грант № Г18М-050).

Компоненты динамики численности трудоспособного населения являются слагаемыми уравнения демографического баланса (1), из которого можно вычислить недостающие элементы, например, миграционное сальдо за межпереписной период:

$$\text{ЧТН}_1 = \text{ЧТН}_0 + \text{ЧМ} + \text{ЧС} - \text{У} + \text{МС}, \quad (1)$$

где ЧТН_0 , ЧТН_1 – численность трудоспособного населения на начало и на конец периода соответственно; ЧМ, ЧС – численность молодежи, вступившей в трудоспособный возраст, и численность лиц, достигших пенсионного возраста за период, соответственно; У – число умерших в трудоспособном возрасте; МС – миграционное сальдо трудоспособного населения.

Для характеристики интенсивности изменения численности трудоспособного населения и проведения сравнительного анализа используются относительные показатели движения трудоспособного населения, расчет которых осуществляется по той же схеме, что и аналогичные показатели для всего населения, т. е. как отношение соответствующего абсолютного показателя к среднегодовой численности трудоспособного населения, выраженное в промилле (‰). В качестве показателей половозрастной структуры населения используются коэффициенты феминизации и маскулинизации, удельный вес мужского и женского населения трудоспособного возраста в общей численности всего населения и населения соответствующего пола.

Результата и их обсуждение

В целом в Беларуси и во всех областных регионах в составе населения трудоспособного возраста преобладают мужчины (52,7 %) в связи с более широкими возрастными рамками трудоспособного возраста. Удельный вес мужчин в общей численности трудоспособного населения варьирует от 50,1 % в Минске до 54,4 % в Минской области. В других областях удельный вес мужчин находится в пределах 52,7–53,7 % от всего населения трудоспособного возраста, что соответствует значениям коэффициента феминизации (число женщин в расчете на 1 000 мужчин) в пределах 864–897. При этом численность женского трудоспособного населения в г. Минске больше, чем в Витебской и Могилевской областях вместе взятых (рисунок 1).

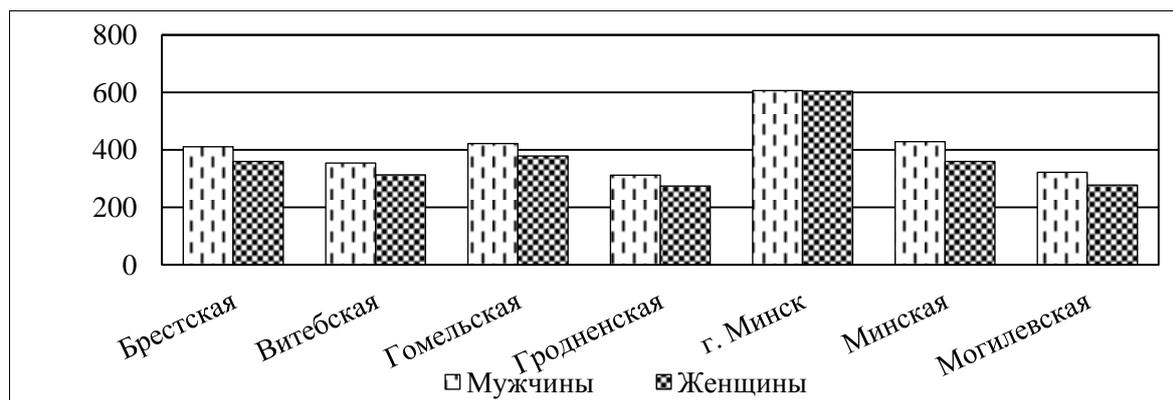


Рисунок 1. – Численность мужского и женского трудоспособного населения по областям Беларуси в 2018 г., тыс. человек (составлено по [1])

Необходимо отметить, что в структуре населения трудоспособного возраста равное соотношение не является признаком сбалансированности, поскольку для мужчин верхняя граница трудоспособного возраста на 5 лет выше, чем для женщин. Так, в столице на 1 000 мужчин трудоспособного возраста приходится 995 женщин. Однако

это не является признаком более оптимальной половозрастной структуры трудоспособного населения, а есть следствие миграционного притока женского населения соответствующего возраста, в первую очередь с целью получения образования в многочисленных учреждениях профессионального образования г. Минска.

Соотношение мужского и женского населения в трудоспособном возрасте определяется различиями в половозрастных показателях смертности и миграционной мобильности. Базисное соотношение полов составляет 105–106 мальчиков на 100 родившихся девочек. В дальнейшем из-за повышенной смертности мужчин соотношение между мужским и женским населением к 35–39 годам практически выравнивается, а затем перевес женщин начинает постоянно возрастать. К 40 годам на 1 000 женщин приходится 968 мужчин, к 60 годам – 782 мужчины, а к 80 годам – 380 мужчин. При этом в целом в мире численность мужского и женского населения выравнивается лишь к 50–54 годам, а двукратное превышение численности женщин наблюдается к 90–94 годам.

Превышение численности мужского трудоспособного населения над женским наблюдается во всех 118 районах (рисунок 2). Среди городов областного подчинения только в Витебске и Гродно женщин в трудоспособном возрасте больше, чем мужчин в аналогичном возрасте. Коэффициент феминизации в них составляет 1 042 и 1 033 соответственно. Первостепенную роль в территориальной дифференциации районов по половому составу трудоспособного населения играет уровень урбанизации и индустриального развития. Для крупных районов с относительно высоким уровнем урбанизации характерно более равномерное гендерное распределение населения. Наибольшая деформация половой структуры всего трудоспособного населения либо отдельных возрастных групп отмечается в районах, на территории которых расположены отличающиеся гендерной спецификацией социальные и властные структуры – учреждения профессионального образования, воинские формирования, учреждения пенитенциарной системы [2]. Размещение учреждений профессионально-технического, среднего специального и высшего образования предопределяет, с одной стороны, более равномерное распределение трудоспособного населения по полу (например, Лоевский, Несвижский, Речицкий районы), с другой – преобладание женского населения (Витебск, Гродно) либо очень высокую долю мужского населения (Городокский, Кличевский районы). Так, в Городокском и Кличевском районах находятся профессиональные учреждения образования с доминированием «мужских» специальностей. Коэффициент феминизации не превышает в них 700, а в возрастной группе 15–19 лет составляет 396 и 324 соответственно.

С другой стороны, в Лоевском районе располагается педагогический колледж, в котором обучается около 300 человек. Подавляющее большинство обучающихся составляют девушки. С учетом того что численность молодежи в возрасте 15–19 лет в районе не превышает 670 человек, коэффициент феминизации составляет 1 542, а удельный вес мужчин в этой возрастной группе – всего 39 %, при том что в целом по Республике Беларусь коэффициент феминизации для возрастной группы 15–19 лет равняется 945.

Низкие значения коэффициента феминизации в Ивацевичском (658) и Шкловском (656) районах обусловлены расположением на их территории учреждений пенитенциарной системы для осужденных мужчин. Кроме того, несмотря на более высокую смертность мужчин в трудоспособном возрасте, интенсивный миграционный отток женского населения в направлении «село → город» обуславливает существенный диспаритет в половом составе сельского населения и, следовательно, районов с наименьшим уровнем урбанизации.

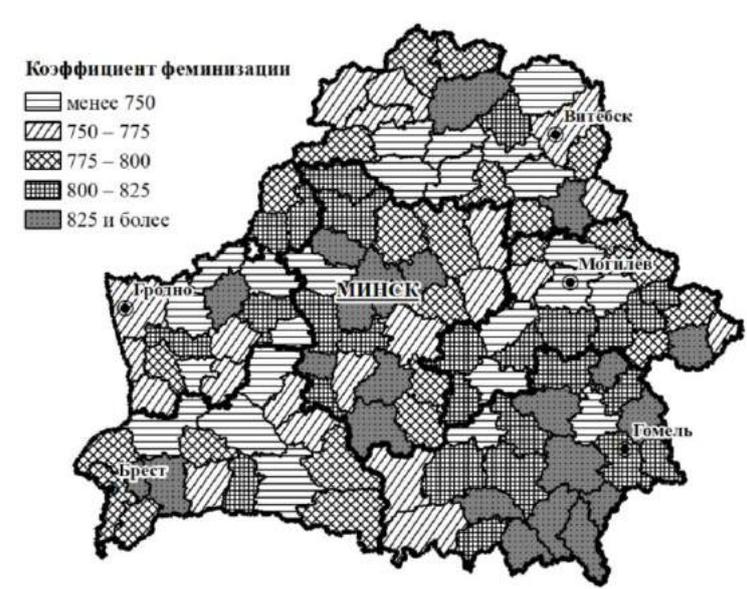


Рисунок 2. – Соотношение мужского и женского населения трудоспособного возраста, 2018 г. (рассчитано по [3])

На уровне областей наибольшее снижение численности населения в трудоспособном возрасте отмечается в Витебской и Могилевской – 86,2 тыс. человек (11,4 %) и 82,5 тыс. человек (12,1 %) соответственно. Меньше всего сократилась численность данного контингента в Брестской области – на 69,7 тыс. человек (таблица 1). В г. Минске отмечен незначительный рост – 4,1 тыс. человек, или 0,3 %.

Таблица 1. – Сокращение численности трудоспособного населения за 2009–2017 гг. по областям и г. Минску (рассчитано по [1; 3; 4])

Регион	Сокращение численности трудоспособного населения			
	в целом за период		в среднем за год	
	тыс. человек	%	тыс. человек	%
Брестская обл.	69,7	8,3	7,7	1,0
Витебская обл.	86,2	11,4	9,6	1,3
Гомельская обл.	84,1	9,5	9,3	1,1
Гродненская обл.	57,1	8,9	6,3	1,0
г. Минск	+4,1	0,3	0,5	0,0
Минская обл.	77,2	8,9	8,6	1,0
Могилевская обл.	82,5	12,1	9,2	1,4
Беларусь	452,8	7,7	50,3	1,0

За 2009–2017 гг. интенсивность убыли женского населения почти в 2 раза превысила темпы сокращения мужского трудоспособного населения, а в Могилевской области сокращение численности женщин в трудоспособном возрасте превысило 15 %. Доля женского населения в убыли трудоспособного населения варьирует от 56 % в Витебской до 65 % в Минской области. Численность мужчин в трудоспособном возрасте в разрезе областей сократилась не более чем на 10 %: от 5,7 % в Брестской области до 9,6 % в Витебской области; убыль женского трудоспособного населения, напротив, в каждой из областей превысила 11 %: от 11,1 % в Брестской до 15,0 % в Могилевской области. Численность женщин в рабочем возрасте уменьшилась даже в г. Минске на 1,2 тыс. человек (–0,2 %) (рисунок 3).

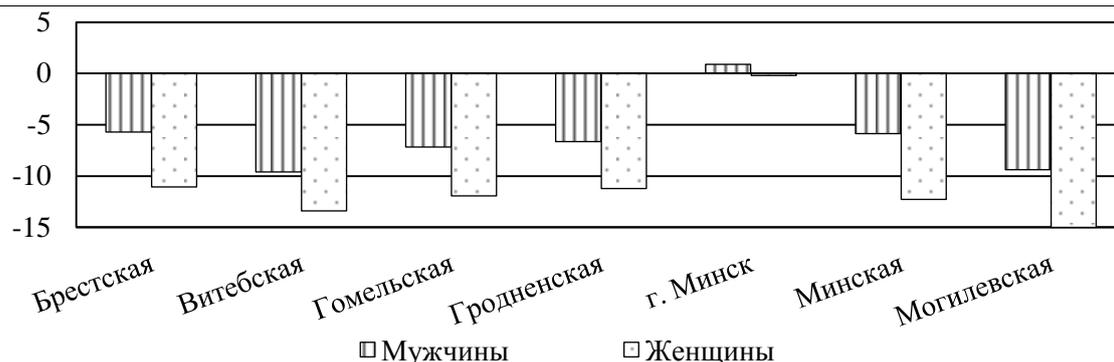


Рисунок 3. – Динамика мужского и женского трудоспособного населения по областям Беларуси за 2009–2017 гг., % (рассчитано по [1; 3])

В 2010-х гг. число лиц, достигших пенсионного возраста, превысило число лиц, вступивших в трудоспособный возраст, на 315,8 тыс. человек, что является следствием демографических процессов предыдущих десятилетий. Так, в этот период в пенсионный возраст вступали лица, родившиеся в 1950-х гг., т. е. в период послевоенного компенсационного роста рождаемости. Между тем трудоспособного возраста в этот период достигали лица, родившиеся во 2-й половине 1990-х – начале 2000-х гг. – в период относительно резкого снижения рождаемости ввиду трансформации общественной жизни и деформации половозрастной структуры населения. Превышение численности лиц, достигающих пенсионного возраста, над вступающими в трудоспособный за 2010–2017 гг. выросло более чем в 3 раза (рисунок 4).

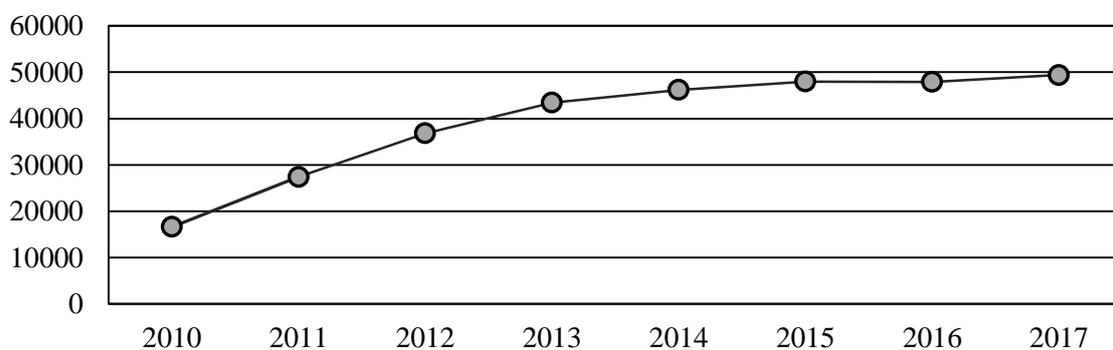


Рисунок 4. – Динамика превышения численности лиц, достигших пенсионного возраста, над вступающими в трудоспособный в Беларуси за 2010–2017 гг. (рассчитано по [1])

В отношении отдельно мужского населения превышение численности лиц, достигающих пенсионного возраста, над вступающими в трудоспособный увеличилось в 9 раз, отражая, по сути, динамику рождаемости в предшествующие периоды (рисунок 5).

Структура факторов динамики численности трудоспособного населения в отношении мужского и женского населения существенно различается. Так, ключевым фактором снижения численности мужского населения выступает смертность, на которую приходится 72 % общей убыли. При этом для женского населения удельный вес смертности составляет всего 10 % [2]. Такая особенность связана с различиями в верхней границе трудоспособности и более высокими по возрасту показателями смертности мужского населения. В дальнейшем по мере старения в структуре трудоспособного населения будет возрастать доля более старших возрастных групп, а удельный вес смертности как фактора динамики будет повышаться.

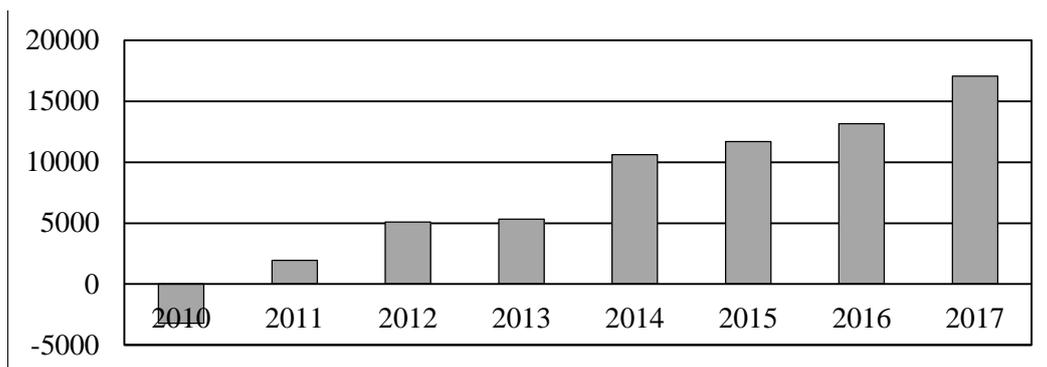


Рисунок 5. – Динамика превышения численности мужского населения, достигшего пенсионного возраста, над вступившими в трудоспособный в Беларуси за 2010–2017 гг. (рассчитано по [1])

Распределение районов по характеру динамики численности мужского населения представлено на рисунке 6. К числу районов с увеличением численности мужского трудоспособного населения относятся Минский (24,1 %), Островецкий (2,3 %), Дзержинский (2,1 %) и Брестский (0,9 %). Из городов областного подчинения рост данного контингента населения был отмечен в Бресте (7,9 %), Гродно (6,8 %) и Гомеле (4,7 %). Абсолютный прирост в каждом из названных областных центров составил 7 000–7 800 человек, в то время как в Минском районе прирост составил 12 700 чел. Высокие темпы прироста в Минском районе обусловлены динамичным экономическим развитием и расширением жилищного строительства в пределах пригородных территорий столицы. Агломерационный эффект столицы положительно сказывается и на демографической ситуации в Дзержинском районе [5]. Относительно высокий демографический потенциал районных центров и сельской местности Брестской области продолжают обеспечивать приток трудоспособного населения в областной центр на уровне 0,5 % в год. Аналогичная ситуация характерна также для Гомеля и Гродно. Начало строительства Белорусской АЭС в 2011 г. кардинально изменило демографическую ситуацию в Островецком районе Гродненской области, прирост трудоспособного мужского населения в котором составляет 0,3 % в год.



Рисунок 6. – Динамика численности мужского трудоспособного населения за 2009–2017 гг. (рассчитано по [1; 3; 4])

Менее чем за 10 лет в 32 районах численность мужского трудоспособного населения сократилась более чем на 1/5. В 10 районах убыль превысила 1/4. Наиболее существенное сокращение произошло в Россонском, Петриковском и Барановичском районах – 31,4, 29,9 и 29,5 % соответственно. В число районов с наибольшими темпами убыли мужского населения в трудоспособном возрасте входят небольшие по численности населения районы, имеющие, как правило, периферийное географическое положение за пределами ключевых транспортных коридоров страны.

Численность женского населения в трудоспособном возрасте увеличилась лишь в Минском районе – на 1/5, или на 9,6 тыс. человек. Также прирост численности данного возрастного контингента имел место в Гродно, Бресте и Гомеле. Если в южных областных центрах прирост был незначительным, то в Гродно численность женщин трудоспособного возраста увеличилась на 6,7 тыс. человек, или на 6,1 %. Во всех остальных административно-территориальных единицах наблюдалась убыль женского трудоспособного населения, причем с более высокими темпами, чем мужского населения (рисунок 7).

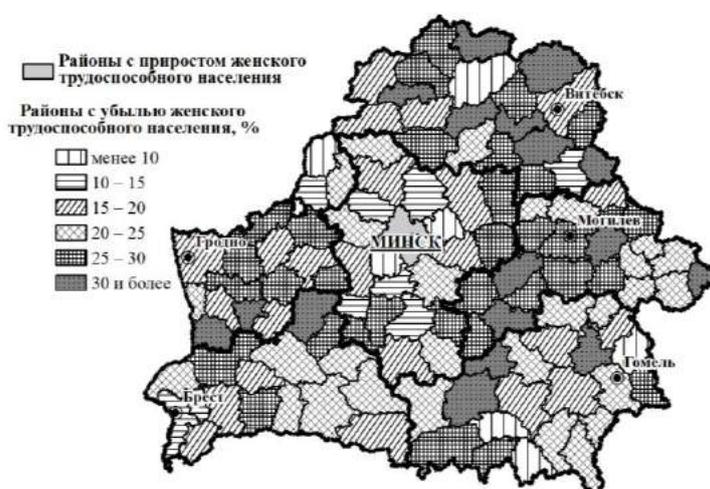


Рисунок 7. – Динамика численности женского трудоспособного населения за 2009–2017 гг. (рассчитано по [1; 3; 4])

В 78 районах убыль женского трудоспособного населения за 2009–2017 гг. превысила 1/5, в 50 районах – 1/4, а в 17 районах – 30 %. Больше всего таких районов в Витебской области (таблица 2). Трансформация половозрастной структуры населения обусловила сокращение данного контингента и в крупных промышленных центрах – Бобруйске (–11,7 %) и Жодино (–13,9 %).

Таблица 2. – Районы и города областного подчинения Беларуси с наибольшими и наименьшими темпами убыли женского населения трудоспособного возраста за период 2009–2017 гг., % (рассчитано по [1; 3; 4])

Наибольшие темпы убыли			Наименьшие темпы убыли		
1	Бобруйский р-н	–39,8	1	Минский р-н	19,2
2	Россонский р-н	–36,8	2	г. Гродно	6,1
3	Барановичский р-н	–36,5	3	г. Брест	1,1
4	Сенненский р-н	–35,5	4	г. Гомель	0,0
5	Зельвенский р-н	–35,4	5	г. Барановичи	–1,9
6	Хотимский р-н	–34,8	6	г. Витебск	–2,1
7	Свислочский р-н	–34,4	7	г. Пинск	–2,6
8	Петриковский р-н	–34,0	8	Дзержинский р-н	–2,9
9	Кличевский р-н	–34,0	9	г. Могилев	–3,8
10	Октябрьский р-н	–33,8	10	Мозырский р-н	–6,2

Заклучение

Таким образом, превышение численности мужского трудоспособного населения над женским наблюдается во всех 118 районах. Первостепенную роль в территориальной дифференциации районов по половому составу трудоспособного населения играет уровень урбанизации и индустриального развития. Наибольшая деформация половой структуры всего трудоспособного населения либо отдельных возрастных групп отмечается в районах, на территории которых расположены отличающиеся гендерной спецификацией социальные и властные структуры – учреждения профессионального образования, воинские формирования, учреждения пенитенциарной системы. Интенсивность убыли женского населения почти в 2 раза превысила темпы сокращения мужского трудоспособного населения, а в Могилевской области сокращение численности женщин в трудоспособном возрасте превысило 15 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Демографический ежегодник Республики Беларусь : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск, 2019. – 429 с.
2. Сидорович, А. А. Факторы динамики мужского трудоспособного населения Беларуси / А. А. Сидорович // Вест. БДПУ. Сер. 3, Фізика. Матэматыка. Інфарматыка. Геаграфія. Біялогія. – 2018. – № 1. – С. 43–50.
3. 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.
4. Демографический ежегодник Республики Беларусь : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск, 2015. – 449 с.
5. Сидорович, А. А. Пространственная структура миграционных потоков в Беларуси в начале XXI в. / А. А. Сидорович // Вест. БДПУ. Сер. 3, Фізика. Матэматыка. Інфарматыка. Геаграфія. Біялогія. – 2017. – № 3. – С. 38–46.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 20.09.2019

Sidorovich A. A. Transformation of Labor Market in Belarus: Gender and Age Aspect

The article analyzes the dynamics of the working-age population, which forms the basis of supply on the labor market. Demographic processes affect the male and female population differently. In the structure of factors, the dynamics of the male population is dominated by the mortality factor. With regard to the female population, the prevailing factor is the age-related movement of the population. In general, the demographic aging of the population has a negative impact on the state of regional labor markets and the general socio-economic situation in the respective administrative-territorial units.

УДК 91; 91:504; 910.1/2

О. В. Токарчук¹, С. М. Токарчук²

^{1, 2}канд. геогр. наук, доц., доц. каф. географии и природопользования
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
e-mail: geobel@brsu.brest.by

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОВЕДЕНИЮ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МАЛЫХ СТРУКТУР БАССЕЙНОВОГО СТРОЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»

Раскрыты разработанные и апробированные в 2019 г. на примере Национального парка «Нарочанский» в ходе выполнения темы НИР «Комплексная геоэкологическая оценка современного состояния озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский»» (№ з/р 20164315) общие методические подходы к проведению геоэкологической оценки современного состояния малых водосборов в пределах особо охраняемой природной территории сложноорганизованной озерной группы, дренируемой речными системами.

Введение

Начиная со второй половины XX в. водный компонент ландшафтов Беларуси испытал сильную антропогенную трансформацию, обусловленную проведением широко-масштабной гидротехнической мелиорации и активным вовлечением новых земель в хозяйственное использование. Ввиду этого актуальным направлением исследований стало изучение влияния хозяйственной деятельности человека на водные объекты и их водосборные территории, а также изучение географических закономерностей такого влияния. Объектом исследования при этом чаще всего выступают сложноорганизованные бассейновые структуры (представляют собой совокупность водных объектов и их водосборов), а методологической основой – бассейновый подход [1; 2].

Активное хозяйственное освоение поверхности водосборов и антропогенная трансформация гидрографической сети привели к формированию особых природно-хозяйственных геосистем бассейнов рек и озер, где на сток воды совместно влияют природные и антропогенные факторы. Ввиду этого бассейновые структуры освоенных территорий являются интересным объектом исследования. При этом наибольший интерес представляет изучение и сопоставление условий формирования поверхностных вод в пределах небольших и сопоставимых по размерам структур бассейнового строения, целиком расположенных в пределах, однородных в природном, хозяйственном либо административном отношении территорий. Методологической основой для подобных исследований может выступить теория географических оценок.

Здесь следует отметить, что в современной географической науке комплексные оценочные исследования получают все большее распространение. Сущность подобных исследований заключается в первоначальном покомпонентном анализе природно-территориальных либо антропогенных комплексов различных рангов.

Завершающая такой анализ комплексная оценка заключается в совместном рассмотрении всех составляющих анализируемых территориальных единиц (природной, социальной и хозяйственной) и их взаимосвязей. Кроме того, характерной чертой комплексных оценок является их конструктивная направленность на решение экологических проблем.

Среди комплексных оценочных исследований все большее распространение получают работы по комплексной оценке экологического состояния поверхностных вод [3–9]. Объектом исследований в таких работах, как правило, выступает речной бассейн, а типологическими оценочными единицами – природно-территориальные комплексы речных водосборов различных порядков.

В данном направлении исследований большую новизну и практическую значимость имеет изучение сложноорганизованных озерных групп, дренируемых речными системами и испытывающих на себе комплекс разнонаправленных хозяйственных воздействий. Важность такого изучения обусловлена большим природоохранным и рекреационным значением озерных систем Беларуси. Большой интерес в качестве модельного объекта для проведения подобных исследований представляет территория Национального парка «Нарочанский».

Материал и методика исследования

Целью исследования являлись разработка и апробация на примере Национального парка «Нарочанский» общих методических подходов к проведению геоэкологической оценки современного состояния малых водосборов в пределах особо охраняемой природной территории сложноорганизованной озерной группы, дренируемой речными системами.

Общим результатом проведенного исследования, включавшего девять основных этапов, стала геоэкологическая оценка малых структур бассейнового строения Национального парка «Нарочанский» (рисунок 1).

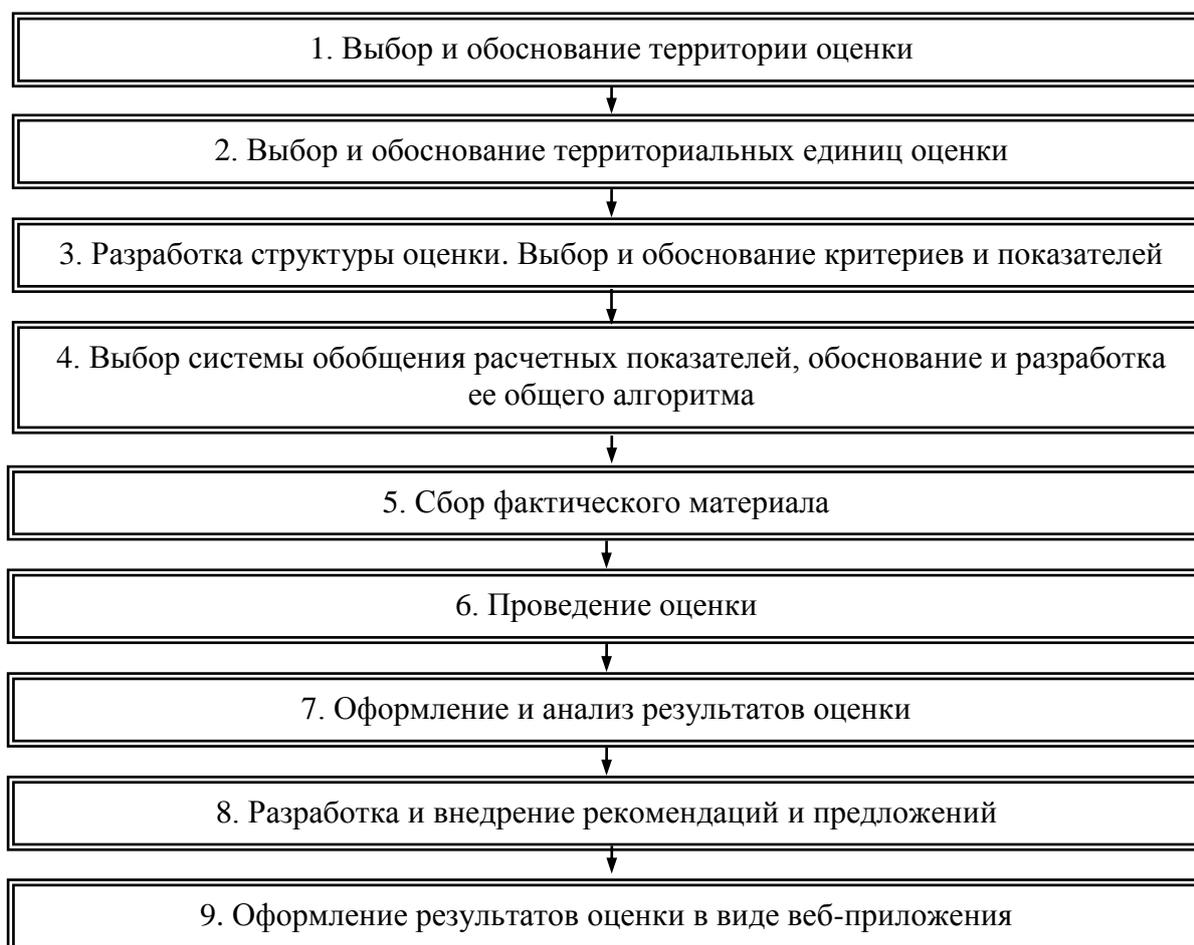


Рисунок 1. – Этапы геоэкологической оценки малых структур бассейнового строения Национального парка «Нарочанский»

На первых двух этапах исследования были произведены выбор и обоснование территории и территориальных единиц оценки.

В качестве территории для проведения оценочного исследования была выбрана собственно территория Национального парка «Нарочанский» и прилегающая к ней территория внешней охранной зоны. Выбор обусловлен тем, что территория парка достаточно разнообразна как с точки зрения гидрографии (относится к разным речным системам, включает 48 озер, занимающих около 19 % ее территории), так и с точки зрения условий формирования поверхностных вод.

Применительно к территории исследования следует отметить, что Национальный парк «Нарочанский» является одним из четырех национальных парков Беларуси. Такой статус он получил согласно Указу Президента Республики Беларусь № 447 от 28 июля 1999 г. в целях сохранения уникальных природных комплексов, объединенных озером Нарочь, как эталона природных ландшафтов, хранилища генетического фонда растительного и животного мира Белорусского Поозерья и их более полного и эффективного использования в процессе природоохранной, научной, просветительской, туристической, рекреационной и оздоровительной деятельности.

Национальный парк практически полностью располагается в Минской области, в ее северо-западной части – на территории Мядельского и частично Вилейского районов (96,0 и 2,0 % от площади парка соответственно). Незначительные части парка располагаются в пределах Поставского района Витебской области и Сморгонского района Гродненской области (1,7 и 0,3 % от его площади соответственно). Протяженность парка с севера на юг составляет около 34 км, с запада на восток – около 59 км, общая площадь – около 871 км².

В качестве территориальных единиц оценки в ходе исследования использовались малые структуры бассейнового строения, объединяющиеся в пределах парка в сложно-организованные озеро-бассейновые системы.

В ходе реализации предыдущего этапа исследований нами были обоснованы типологические единицы строения озеро-бассейновых систем – малые водосборы, приречья и приозерья [10]. Всего была выделена 171 малая структура бассейнового строения (МСБС), в том числе 83 малых водосбора, 49 малых приречий и 39 малых приозерий.

В то же время отдельные структуры бассейнового строения являются трансграничными по отношению к изучаемой территории, причем основная часть структур находится за пределами территории парка и его внешней охранной зоны. Это обстоятельство послужило основанием для исключения данных структур из числа оценочных единиц, т. к. их использование могло оказать заметное влияние на конечный результат оценки.

В ходе проведения исследования исключались:

1) МСБС, которые незначительной (менее 10 %) частью либо частями своей площади находятся в пределах исследуемой территории;

2) МСБС, которые менее чем наполовину находятся в пределах исследуемой территории и имеют поверхностный сток воды, направленный за ее пределы (как непосредственно с данной структуры, так и транзитом через другие МСБС в пределах собственно территории парка и его внешней охранной зоны).

Для других трансграничных по отношению к исследуемой территории МСБС, которые не были исключены из оценки, проводилось отдельное оценочное исследование.

Результаты отбора МСБС для проведения оценки представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Как видно из таблицы 1, геоэкологическая оценка выполнялась по 17 основным структурам бассейнового строения и 23 трансграничным по отношению к исследуемой территории структурам.

Из оценки была исключена 31 структура бассейнового строения, которые занимают наибольшие площади в южной и восточной частях исследуемой территории.

Таблица 1. – Типизация структур бассейнового строения для выполнения геоэкологической оценки территории Национального парка «Нарочанский»

Тип	Описание	Количество	Площадь, км ²		
			мин.	макс.	средняя
Основные	Основные структуры бассейнового строения, участвующие в оценке	117	0,22	31,18	7,24
Трансграничные по отношению к исследуемой территории структуры					
<i>тип 1</i>	участвующие в отдельной оценке	23	0,90	28,56	8,46
<i>тип 2а</i>	исключенные из оценки по причине раздробленности и незначительности доли структуры в пределах исследуемой территории от ее общей площади	20	0,19	9,36	2,08
<i>тип 2б</i>	исключенные из оценки по причине нахождения основной части структуры за пределами исследуемой территории и внешней направленности стока	11	1,49	34,01	11,11

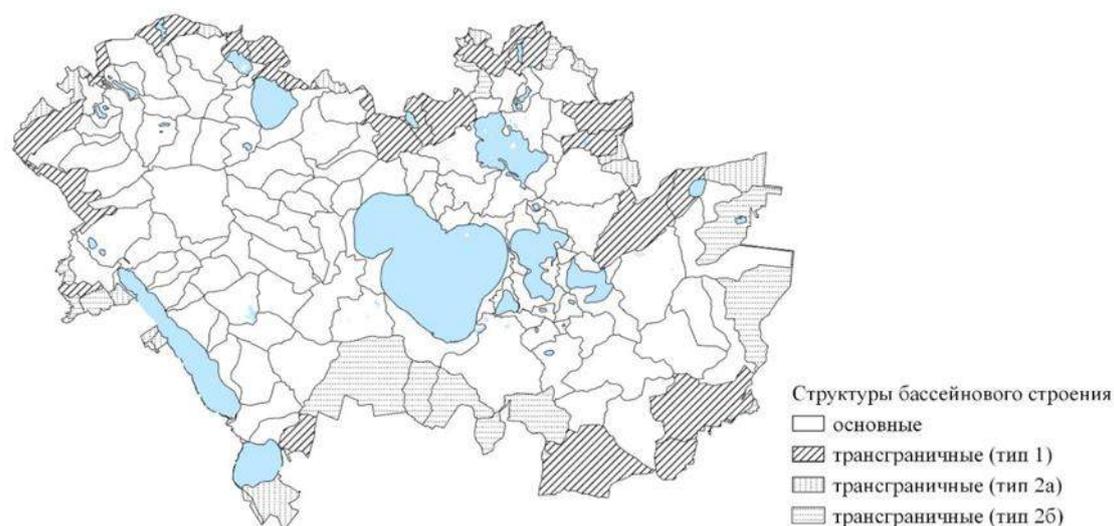


Рисунок 2. – Основные и трансграничные территориальные единицы в геоэкологической оценке малых структур бассейнового строения Национального парка «Нарочанский»

На третьем этапе была разработана структура оценки, а также выбраны и обоснованы критерии и показатели для выполнения исследования.

Геоэкологическая оценка проводилась на двух уровнях:

- 1) как покомпонентная оценка состояния структур бассейнового строения;
- 2) как комплексная оценка, которая предполагает вычисление интегрального итогового показателя.

Структура оценки включала два базовых блока:

- 1) оценка природных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов, которые рассматривались как элементы экологической устойчивости водосборов к антропогенному воздействию (положительная составляющая оценочного исследования);

- 2) оценка антропогенных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов, которые рассматривались как элементы потенциальной экологической опасности по отношению к поверхностным водам (отрицательная составляющая оценки).

Для каждого из данных блоков на основе опыта проведения подобных оценочных исследований был составлен первичный перечень показателей оценки.

В дальнейшем на основе учета особенностей оцениваемой территории и территориальных единиц оценки были отобраны десять показателей оценки, сгруппированных по блокам (рисунок 3).

Комплексная геоэкологическая оценка заключалась в получении интегрального геоэкологического показателя состояния малых структур бассейнового строения. Для получения данного показателя реализовывалась заявленная схема оценки, поэтапно объединяющая отдельные отобранные покомпонентные характеристики.

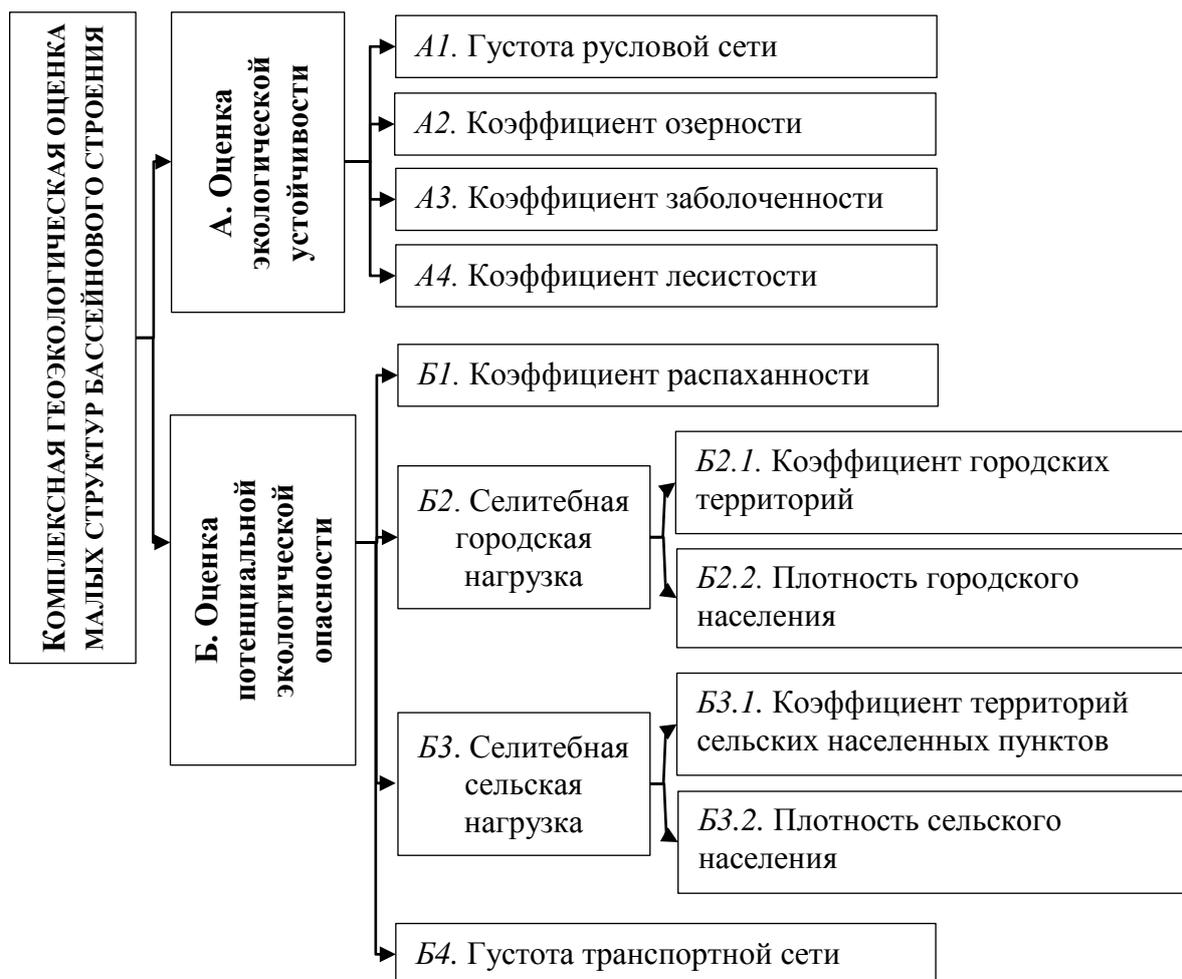


Рисунок 3. – Структура показателей геоэкологической оценки малых структур бассейнового строения Национального парка «Нарочанский»

С учетом того факта, что площади рассматриваемых типологических территориальных единиц отличаются друг от друга (таблица 1), в ходе исследования использовались только относительные выражения оценочных показателей (таблицы 2, 3).

Это позволило добиться большей наглядности в отображении территориальной неоднородности рассматриваемых характеристик и избежать искажений в ходе получения итогового показателя оценки.

Таблица 2. – Показатели оценки природных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов

Показатель	Описание	Обозначение, или формула	Единица измерения
<i>A1. Густота русловой сети</i>	Отношение суммы длин всех водотоков в пределах структуры к ее площади	$\gamma_F = \sum l / F$	км/км ²
<i>A2. Коэффициент озерности</i>	Отношение площади озер в пределах структуры к общей площади структуры, умноженное на 100	$\delta_{оз} = (f_{оз} / F)100$	%
<i>A3. Коэффициент заболоченности</i>	Отношение площади болот в пределах структуры к общей площади структуры, умноженное на 100	$\delta_{б} = (f_{б} / F)100$	%
<i>A4. Коэффициент лесистости</i>	Отношение площади лесов в пределах структуры к общей площади структуры, умноженное на 100	$\delta_{лес} = (f_{лес} / F)100$	%

Таблица 3. – Показатели оценки антропогенных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов

Показатель	Описание	Обозначение, или формула	Единица измерения
<i>B1. Коэффициент распаханности</i>	Отношение площади пахотных земель в пределах структуры к общей площади структуры, умноженное на 100	$\delta_n = (f_n / F)100$	%
<i>B2.1. Коэффициент городских территорий</i>	Отношение площади городских территорий в пределах структуры к общей площади структуры, умноженное на 100	$\delta_n = (f_{гор} / F)100$	%
<i>B2.2. Плотность населения в пределах городских территорий</i>	Отношение общего количества проживающего в пределах структуры городского населения к площади структуры, умноженное на 100	$\rho_{гор} = ЧН_{гор} / f_{гор}$	человек/км ²
<i>B3.1. Коэффициент территорий сельских населенных пунктов</i>	Отношение площади сельских территорий в пределах структуры к общей площади структуры, умноженное на 100	$\delta_{сел} = (f_{сел} / F)100$	%
<i>B3.2. Плотность сельского населения</i>	Отношение общего количества проживающего в пределах структуры сельского населения к площади структуры	$\rho_{сел} = ЧН_{сел} / F$	человек/км ²
<i>B4. Густота транспортной сети</i>	Отношение суммы длин всех дорог в пределах структуры к её площади	$\gamma_{тр} = \sum l_{дор} / F$	км/км ²

На четвертом этапе был произведен выбор системы обобщения расчетных показателей оценки, обоснован и разработан ее общий алгоритм.

Описанные выше расчетные показатели покомпонентной оценки в ходе исследования были преобразованы и отображены с помощью оценочных картосхем. Рассмотрим исходные положения, на которых строился общий алгоритм обобщения расчетных показателей оценки.

Положение 1: в ходе оценки и при составлении оценочных картосхем использовалась пятиуровневая оценочная шкала.

Выбор был обусловлен несколькими факторами. Во-первых, применение нечетной шкалы позволило структурировать результаты исследований (в частности, значения в 1–2 балла рассматривались как результаты оценки «ниже среднего», 3 балла – «средние», 4–5 баллов – «выше среднего»).

Во-вторых, как уже отмечалось, объектом исследования выступали озерно-бассейновые системы Национального парка «Нарочанский». Всего в ходе выполнения предыдущего этапа исследования было выделено 117 малых структур бассейнового строения для проведения оценочного исследования. С помощью метода подбора было установлено, что пятиуровневая оценочная шкала наиболее оптимально отображает дифференциацию МСБС по рассматриваемым показателям.

Положение 2: в ходе оценки и при составлении оценочных картосхем использовалось дополнительное нулевое значение. Т. е. в ходе исследования в качестве отдельного уровня оценки рассматривалась ситуация, когда явление отсутствует. К данному уровню оценки относились водосборы, в пределах которых рассматриваемые показатели (водоемы, болота, городские населенные пункты, дороги и т. д.) не представлены.

Таким образом, использование нулевого значения позволяет наглядно отобразить полное отсутствие оценочного показателя. Кроме того, введение дополнительного нулевого балла позволило увеличить достоверность дальнейших математических действий (в частности, в ходе расчета комплексных показателей реализуемой геоэкологической оценки малых структур бассейнового строения).

Здесь также следует отметить, что по абсолютному большинству рассматриваемых расчетных характеристик в ходе исследования было установлено наличие водосборов, в пределах которых рассматриваемые явления не отмечались. А применительно к оценочным показателям «коэффициент озерности» и «коэффициент городских территорий» отсутствие оцениваемого явления характерно для значительной части либо практически для всех рассматриваемых МСБС соответственно.

Положение 3: в ходе оценки и при реализации оценочных картосхем использовался метод классификации «равный интервал».

Решение задачи выбора интервалов оценочной шкалы имеет большое значение при использовании балльной системы оценивания. Интервалы могут быть как равными, так и неравными. Следует отметить, что оценочные шкалы с неравными интервалами нередко более правильно отражают закономерности перехода от измерения к оценке, т. к. очень часто при равномерном изменении значения какого-либо показателя изменение его значимости для определенных целей оценки происходит неравномерно. В то же время при использовании неравных шкал недопустимым является выведение среднего балла, т. к. при этом результат обычно получается завышенным или заниженным по сравнению с истинным. Поэтому при проведении интегральных либо комплексных оценочных исследований предпочтение отдается равным интервалам. Ввиду вышесказанного в ходе собственно проведения геоэкологической оценки МСБС, а также при реализации оценочных картосхем по результатам исследования использовался метод классификации «равный интервал».

При этом необходимо подчеркнуть, что при использовании равноинтервальных оценочных шкал для создания картосхем для отдельных показателей было характерно неоднородное распределение территориальных оценочных единиц по оценочным группам (вплоть до того, что несколько МСБС были отнесены к наивысшему баллу, а все остальные – к низшему). Также в ходе использования равноинтервальных оценочных шкал достаточно часто происходил пропуск одного либо нескольких оценочных уровней, что также хорошо заметно на многих составленных картосхемах.

Заключение

В ходе исследования были разработаны и апробированы общие методические подходы к проведению геоэкологической оценки малых структур бассейнового строения Национального парка «Нарочанский», включающие:

- 1) выбор и обоснование территории оценки и территориальных оценочных единиц;
- 2) разработку структуры оценки, выбор и обоснование ее критериев и показателей;
- 3) выбор системы обобщения расчетных показателей, обоснование и разработку ее общего алгоритма.

Разработка и реализация на практике данных подходов позволили обобщить результаты, полученные ранее в ходе создания баз данных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем Национального парка «Нарочанский» [11] и наглядно представить результаты изучения территориальной неоднородности условий формирования поверхностных вод в пределах исследуемой территории.

Результаты исследования могут найти применение при реализации принципа бассейнового управления водными ресурсами в пределах Национального парка «Нарочанский», а также в пределах других сходных с ним особо охраняемых природных территорий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коротный, Л. М. Бассейновый подход в географии / Л. М. Коротный // География и природ. ресурсы. – 1991. – № 1. – С. 161–166.
2. Коротный, Л. М. Бассейновая концепция в природопользовании / Л. М. Коротный. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии СОРАН, 2002. – 163 с.
3. Геоинформационно-аналитическое обеспечение интегральной оценки экологической опасности территорий речных водосборов Воронежской области / Г. В. Зибров [и др.] // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология. – 2013. – № 2. – С. 145–161.
4. К проблеме оценки экологической инфраструктуры водосбора малых рек (на примере реки Свяги) / И. В. Мустакимова [и др.] // Вестн. Казан. технол. ун-та. – 2011. – № 5. – С. 181–189.
5. Щербинина, С. В. Интегральные показатели в оценке комплекса природно-хозяйственных условий на речных водосборах / С. В. Щербинина // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. – 2008. – № 2. – С. 39–46.
6. Карпенко, Н. П. Оценка геоэкологической ситуации речных бассейнов на основе атрибутивных показателей и обобщенных геоэкологических рисков / Н. П. Карпенко // Природообустройство. – 2018. – № 2. – С. 15–22.
7. Фрумин, Г. Т. Трансграничные водные объекты и водосборы России: проблемы и пути решения / Г. Т. Фрумин, Л. А. Тимофеева // Биосфера. – 2014. – Т. 6, № 2. – С. 118–133.
8. Иванов, А. А. Экологическая оценка водосборов малых рек / А. А. Иванов, П. М. Мазуркин. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2007. – 107 с.

9. Курбатова, И. Е. Геоинформационное обеспечение решений некоторых задач оценки экологического состояния системы «водосбор – водоем» // И. Е. Курбатова // ГЕО-СИБИРЬ. – 2009. – Т. 1, № 2. – С. 276–281.

10. Токарчук, О. В. Картирование озерно-бассейновых систем территории Национального парка «Нарочанский» / О. В. Токарчук, С. М. Токарчук // Псков. регион. журн. – 2018. – № 4 (36). – С. 65–81.

11. Токарчук, О. В. Опыт разработки баз данных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем Национального парка «Нарочанский» / О. В. Токарчук, С. М. Токарчук // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2019. – № 1. – С. 106–112.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 10.02.2020

Tokarchuk O. V., Tokarchuk S. M. General Methodological Approaches to Conducting Geocological Assessment of Small Structures of the Basin Structure of the National Park «Narochansky»

The article describes general methodological approaches to conducting a geocological assessment of the current state of small catchments within a specially protected natural area of a complexly organized lake group drained by river systems. These approaches were developed and tested in 2019 on the example of National Park «Narochansky» during the implementation of the research theme «Complex geocological assessment of the current condition of lake-basin systems of National Park “Narochansky”» (№ g/p 20164315).

ПАМ'ЯЦІ ВУЧОНАГА

МАРГАРИТА ПЕТРОВНА ЖИГАР



27 мая 2020 г. после тяжелой болезни в год своего 80-летия ушла из жизни педагог и ученый, профессор, кандидат биологических наук, профессор кафедры ботаники и экологии Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина **Маргарита Петровна Жигар (10.02.1940–27.05.2020)**.

Родилась Маргарита Петровна в д. Ясашная Ташла Тереньгульского района Ульяновской области. Ее детство и юность пришлись на тяжелые военные и послевоенные годы. В 1945 г. семья переехала в Беларусь по месту службы отца, где Маргарита Петровна пошла в школу. В 1957 г. М. П. Жигар с золотой медалью окончила среднюю школу № 1 г. Бреста и поступила на естественно-географический факультет Брестского государственного педагогического института имени А. С. Пушкина. С 1963 г. она работала в БГПИ – БрГУ имени А. С. Пушкина; в 1974 г. защитила кандидатскую диссертацию «Строение наружной стенки эпидермиса злаков в связи с их проницаемостью». С 1978 по 1989 г. занимала должность проректора по научной работе. В 1995 г. М. П. Жигар было присвоено звание профессора по специальности «Биология». С 2001 по 2004 г. Маргарита Петровна возглавляла кафедру ботаники и экологии. Она входила в состав редакционных коллегий журнала «Веснік Брэсцкага ўніверсітэта» и сборника научных трудов «Вучоныя запіскі Брэсцкага ўніверсітэта».

Маргарита Петровна Жигар опубликовала более 300 научных работ, подготовила одного кандидата педагогических наук. Она автор и соавтор таких изданий, как монография «Анатомия коры деревьев и кустарников» (2001), учебно-методическое пособие «Русско-белорусский словарь по анатомии и морфологии растений» (1995), «Русско-белорусский ботанический словарь» (гриф Научно-методического центра учебной книги) (2001), «Атлас по анатомии растений» (гриф Научно-методического центра учебной книги) (2001), «Атлас анатомического строения коры деревьев и кустарников» (2001), «Растения района полевой практики» (2007), «Анатомия растений» (2001), «Анатомія і марфалогія раслін» (гриф Министерства образования Республики Беларусь), «Растительные ткани» (2001), УМК «Морфология растений» (2009–2011), «Краткий определитель высших растений» (2013), «Экологическая анатомия растений» (2015).

Многолетняя научная, научно-организационная и общественная работа Маргариты Петровны неоднократно была отмечена наградами, среди которых Почетная грамота Министерства просвещения БССР, Почетная грамота Министерства просвещения СССР, Почетная грамота ЦК профсоюзов работников просвещения высшей школы и научных учреждений работников народного образования БССР, знак «Выдатнік адукацыі Рэспублікі Беларусь», Почетный знак «За вклад в развитие БрГУ имени А. С. Пушкина», медаль «Ветеран труда».

Маргарита Петровна любила общаться с молодежью и охотно делилась с коллегами своим научным багажом. Глубокая преданность ботанической науке и любовь к ней гармонично сочетались с личным обаянием, открытостью, доброжелательностью и уважительным отношением к людям. Уход этого талантливого, глубокого человека, настоящего профессионала – огромная потеря для коллектива. В памяти коллег и учеников Маргарита Петровна останется как самый талантливый и разносторонний человек, которого посчастливилось встретить в жизни.

*В. И. Бойко, Н. В. Шкуратова, Н. М. Матусевич,
кафедра ботаники и экологии БрГУ имени А. С. Пушкина*

НИКОЛАЙ КУЗЬМИЧ САВАНЕВСКИЙ

31 мая 2020 г. на 74-м году ушел из жизни педагог и ученый, доцент, кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии, физиологии и безопасности человека Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина **Николай Кузьмич Саваневский (27.01.1947–31.05.2020)**.

Николай Кузьмич родился в д. Сосны Каменецкого района Брестской области в семье крестьян. Научно-педагогическая деятельность Н. К. Саваневского была неразрывно связана с Брестским государственным университетом имени А. С. Пушкина.

После окончания в 1972 г. биолого-химического факультета Брестского государственного педагогического института имени А. С. Пушкина Николай Кузьмич начал работать в институте сначала старшим лаборантом, потом заведующим биологическим музеем (1974), затем ассистентом (1978), старшим преподавателем (1982), доцентом (с 1984 г.); в 1985–1986 гг. был председателем профкома преподавателей и сотрудников Брестского пединститута. В 1984 г. в Институте физиологии АН БССР Николай Кузьмич защитил кандидатскую диссертацию «Сдвиги ацетилхолина и катехоламинов в функционально связанных узлах каудального брыжеечного и солнечного сплетения при периферических кишечно-кишечных рефlekсах». С 1984 по 2007 г. Н. К. Саваневский заведовал кафедрой анатомии и физиологии человека и животных, долгое время руководил Брестским отделением Белорусского общества физиологов.

Николай Кузьмич – автор и соавтор более 250 научных, учебно-методических и научно-популярных публикаций. В их числе более 25 учебных и учебно-методических пособий по анатомии и физиологии человека, в том числе 13 учебных пособий, которым присвоен гриф УМО: «Физиология поведения», «Практикум по физиологии поведения», «Физиология поведения. Тесты для контроля знаний» (2012), «Физиология человека (Общие вопросы физиологии человека, физиология нервной, эндокринной и сенсорных систем, высшей нервной деятельности)» (2016), «Безопасность жизнедеятельности человека» (ч. 1, 2) (2017, 2018), «Анатомия: практикум» (2018) и др.

За свою долгую научно-педагогическую деятельность Н. К. Саваневский был неоднократно награжден, в том числе Почетной грамотой Белорусского республиканского комитета профсоюзов, почетными грамотами и дипломами Министерства образования Республики Беларусь, Брестского областного Совета депутатов, ректора университета. В 2017 г. коллектив авторов во главе с Н. К. Саваневским был удостоен премии имени С. Г. Кондратени в области естественных наук. В 2019 г. за высокие показатели в учебно-методической работе и образцовое выполнение должностных обязанностей был занесен на Доску почета Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина.

До последнего дня Николай Кузьмич не оставлял работу, вкладывая в нее все физические и душевные силы, являя собой пример самого преданного и самоотверженного служения образованию и науке, высочайшей работоспособности и ответственности, целеустремленности, чуткости и бескорыстия, равнодушного отношения к любой жизненной ситуации. Его вклад в становление и развитие кафедры анатомии, физиологии и безопасности человека трудно переоценить.

Перестало биться сердце этого удивительного человека, но в наших сердцах всегда будет жить светлая память о человеке с великой душой, товарище, наставнике, преданном науке профессионале.

С. В. Панько, И. Г. Роменко,
кафедра анатомии, физиологии и безопасности человека 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 двух экзэмплярах аб'ёмам ад 0,35 да 0,5 друкаванага аркуша, у электронным варыянце – у фармаце Microsoft Word for Windows (*.doc; *.rtf) і павінны быць аформлены ў адпаведнасці з наступнымі патрабаваннямі:

- папера фармата А4 (21×29,7 см);
- палі: зверху – 2,8 см, справа, знізу, злева – 2,5 см;
- шрыфт – гарнітура Times New Roman;
- кегль – 12 pt.;
- міжрадкавы 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. Фатаграфіі ў друк не прымаюцца. 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 Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь ад 08.09.2016 № 206. Спасылкі на крыніцы ў артыкуле нумаруюцца адпаведна парадку цытавання. Парадкавыя нумары спасылак падаюцца ў квадратных дужках (напрыклад, [1, с. 32], [2, с. 52–54]). Не дапускаецца выкарыстанне канцавых зносаў.

Матэрыял уключае наступныя элементы па парадку:

- індэкс УДК (выраўноўванне па левым краі);
- ініцыялы і прозвішча аўтара (аўтараў) (выдзяляюцца паўтлустым шрыфтам і курсівам; выраўноўванне па цэнтры);
- звесткі пра аўтара (навуковая ступень, званне, пасада);
- назва артыкула (друкуецца вялікімі літарамі без пераносаў; выраўноўванне па цэнтры);
- анатацыя ў аб'ёме ад 100 да 150 слоў на мове артыкула (курсіў, кегль – 10 pt.);
- звесткі аб навуковым кіраўніку (для аспірантаў і саіскальнікаў) указваюцца на першай старонцы артыкула ўнізе;
- асноўны тэкст, структураваны ў адпаведнасці з патрабаваннямі ВАКа да навуковых артыкулаў, якія друкуюцца ў выданнях, уключаных у Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў (Уводзіны з пастаўленымі мэтай і задачамі; Асноўная частка, тэкст якой структуруецца падзагалоўкамі (назва раздзела «Асноўная частка» не друкуецца); Заключэнне, у якім сцісла сфармуляваны асноўныя вынікі даследавання, указана іх навізна);
- спіс выкарыстанай літаратуры;
- рэзюмэ на англійскай мове (курсіў; да 10 радкоў, кегль – 10 pt.): назва артыкула, прозвішча і ініцыялы аўтара/аўтараў, тэзісны пераказ зместу артыкула; у выпадку калі аўтар падае матэрыял на англійскай мове, рэзюмэ – на рускай ці беларускай.

Да рукапісу артыкула абавязкова дадаюцца:

- звесткі пра аўтара на беларускай мове (прозвішча, імя, імя па бацьку поўнаасцю, вучоная ступень і званне, месца працы (вучобы) і пасада, паштовы і электронны адрасы для перапіскі і кантактныя тэлефоны);
- 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).

Рукапісы, афармленыя не ў адпаведнасці з выкладзенымі правіламі, рэдкалегіяй не разглядаюцца.

Аўтары нясуць адказнасць за змест прадстаўленага матэрыялу.

Карэктары *А. Г. Хадыева, Л. М. Калілец*

Камп'ютарнае макетаванне *С. М. Мініч, Г. Ю. Пархац*

Падпісана ў друк 16.06.2020. Фармат 60×84/8. Папера афсетная.

Гарнітура Таймс. Рызаграфія. Ум. друк. арк. 16,51. Ул.-выд. арк. 11,26.

Тыраж 100 экз. Заказ № 170.

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.