

Веснік

Брэсцкага ўніверсітэта

Рэдакцыйная калегія

галоўны рэдактар
А. М. Сендзер

намеснік галоўнага рэдактара
А. Я. Будзько

адказны рэдактар
Н. С. Ступень

І. В. Абрамава (Беларусь)
А. А. Афонін (Расія)
М. А. Багдасараў (Беларусь)
А. М. Вігчанка (Беларусь)
А. А. Волчак (Беларусь)
А. І. Градунова (Беларусь)
В. В. Грычык (Беларусь)
С. В. Емялянчык (Беларусь)
В. Ф. Кулеш (Беларусь)
В. У. Марцірасян (Расія)
А. А. Махнач (Беларусь)
А. В. Мацвееў (Беларусь)
У. У. Салтанаў (Беларусь)
А. М. Тарасюк (Беларусь)
Я. К. Яловічава (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

БІЯЛОГІЯ

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

НАВУКОВА-ТЭАРЭТЫЧНЫ ЧАСОПІС

Выходзіць два разы ў год

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

№ 1 / 2023

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 28.01.2022 № 14
(са змяненнямі, унесенымі загадам ВАК ад 20.09.2022 № 363)
часопіс «Веснік Брэсцкага ўніверсітэта.

Серыя 5. Біялогія. Навукі аб зямлі»
ўключаны ў Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь
для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў у 2022 г.
па біялагічных, геаграфічных і геалага-мінэралагічных навуках

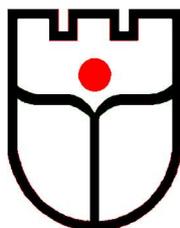
◇ ◇ ◇

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

ЗМЕСТ

БІЯЛОГІЯ

Артемук Е. Г. Рострегулирующее и антистрессовое действие эпикастерона и его конъюгатов с кислотами на <i>TRIFOLIUM PRATENSE</i> L. в условиях влияния ионов свинца	5
Бонь Е. И., Максимович Н. Е., Зиматкин С. М., Островская О. Б., Кохан Н. В. Изменения ультраструктуры нейронов теменной коры и гиппокампа головного мозга крыс с тотальной церебральной ишемией.....	16
Ильютчик Е. И., Матусевич Н. М. Оценка состояния почв в ареале геохимической аномалии «Зеленый бор» Ивацевичского района методом альгоиндикации	23
Коваленко В. В. Протекторная активность 24-эпикастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастерона в отношении токсического действия ионов свинца на культуре тимофеевки луговой (<i>PHLEUM PRATENSE</i> L.)	31
Корзюк О. В. Протекторное действие эпикастерона и его конъюгатов с кислотами на растения гороха посевного в условиях влияния ионов свинца	41
Мялік А. М. Асаблівасці апафітнай фракцыі флоры Прыпяцкага Полесся ў сувязі з яе антрапагеннай трансфармацыяй	52
Тарасюк А. Н. Протекторные свойства эпикастерона и его конъюгатов с кислотами по отношению к токсическому действию ионов свинца и кадмия на клетки корневой меристемы сельскохозяйственных культур.....	60
Хомич Г. Е. Оценка психофизиологического состояния высшей нервной деятельности с помощью малого теста Макса Люшера.....	70
Шималов В. В. Гельминтофауна землеройковых млекопитающих (MAMMALIA, SORICIDOMORPHA), населяющих берега каналов мелиоративных систем в Белорусском Полесье.....	83
НАВУКІ АБ З’ЯМЛІ	
Антипова Е. А., Ян Лю. Ключевые тренды урбанизации Китая в XXI в.: экономико-географический аспект	93
Белковская Н. Г., Бобрик М. Ю. Брачно-семейная структура населения Беларуси в современных реалиях урбанизированного общества	103
Волчек А. А., Парфомук С. И., Шешко Н. Н., Шпендик Н. Н., Дашкевич Д. Н. Гидроэкологическое обоснование добычи нерудных строительных материалов в русле р. Припять участок н. п. Качановичи.....	111
Еловичева Я. К. Особенности строения геологического разреза гляциоплейстоцена у д. Дробишки (бассейн Немана) в Беларуси	123
Ридевский Г. В. Дазиметрычны метод В. П. Семенова-Тян-Шанскага як спосаб выдзялення дыспіпатыўных прастранстваных структур рассялення на прымере Рэспублікі Беларусь	138
Рылова Т. Б. Палиналагічная характарыстыка разреза верхнеплейстоцэновых адкладаў бліз г. Островец.....	146



Vesnik

of Brest University

Editorial Board

editor-in-chief
A. M. Sender

deputy editor-in-chief
A. Ya. Budzko

managing editor
N. S. Stupen

I. V. Abramava (Belarus)
A. A. Afonin (Russia)
M. A. Bahdasarau (Belarus)
A. M. Vitshanka (Belarus)
A. A. Volchak (Belarus)
V. V. Hrychyk (Belarus)
A. I. Hradunova (Belarus)
S. V. Yemialianchyk (Belarus)
V. F. Kulesh (Belarus)
V. U. Martsirasyan (Russia)
A. A. Makhnach (Belarus)
A. V. Matsveyeu (Belarus)
V. V. Saltanau (Belarus)
A. M. Tarasiuk (Belarus)
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

BIOLOGY

SCIENCES ABOUT EARTH

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL

Issued twice a year

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

№ 1 / 2023

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 28, 2022 nr 14
(with the amendments made by the order of Supreme Certification
Commission from September 20, 2022 nr 363)
the journal «Vesnik of Brest University.

Series 5. Biology. Sciences about earth» has been included
to the List of scientific editions of the Republic of Belarus
for publication of the results of scientific research in 2022
in biological, geographical and geological-mineralogical sciences

◇ ◇ ◇

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

CONTENTS

BIOLOGY

Alena Artsiamuk Growth Regulating Activity and Anti-Stress Effect of Epicastasterone and its Acid Conjugates on <i>TRIFOLIUM PRATENSE</i> L. under the Influence of Lead Ions	5
Elizaveta Bon, Natalia Maksimovich, Sergey Zimatkin, Oksana Ostrovskaya, Nikita Kokhan Changes in Ultrastructure of Neurons in the Parietal Cortex and the Hippocampus of the Rat Brain with Total Cerebral Ischemia.....	16
Ekaterina Ilyutchik, Natalia Matusevich Assessment of the Soil Condition in the Area of the Geochemical Anomaly «Zeleny Bor» of the Ivatsevichi District by the Method of Algoindication.....	23
Viktar Kavalenka Protective Activity of 24-Epicastasterone and Tetra-Indolylacetate of 24-Epicastasterone in Relation to the Toxic Effect of Lead Ions on the Culture of Timothy (<i>PHLEUM PRATENSE</i> L.)	31
Aksana Karziuk Protective Effect of Epicastasterone and its Conjugates with Acid on Pea Plants under the Influence of Lead Ions	41
Aliaksandr Mialik Apophytic Fraction's Features of the Pripyat Polesie Flora in Relation to its Anthropogenic Transformation	52
Alexander Tarasiuk Protective Properties of Epicastasterone and its Conjugates with Acids in Relation to the Toxic Effect of Lead and Cadmium Ions on the Cells of the Root Meristem of Agricultural Crops.....	60
Halina Khomich Assessment of the Psychophysiological State of Higher Nervous Activity Using the Small Max Lusher Test	70
Vladimir Shimalov The Helminth Fauna of Soricid Mammals (MAMMALIA, SORICIDOMORPHA) Living on Channel Banks of Reclamation Systems in Belorussian Polesie.....	83

SCIENCES ABOUT EARTH

Ekaterina Antipova, Yang Liu Key Trends in China's Urbanization in the 21st Century: Economic and Geographical Aspects	93
Natalia Belkovskaya, Miraslava Bobryk Marriage and Family Structure of the Population of Belarus in of Modern Realities of the Urbanized Society	103
Alexander Volchek, Sergey Parfomuk, Nikolay Sheshko, Natalia Shpendik, Denis Dashkevich Hydroecological Justification of Non-Metallic Building Materials Extraction in the Pripyat River Riverbed at the Kachanovich Section	111
Yadviga Yelovicheva Structural Features of the Geological Section of the Glaciopleistocene at V. Drobishka (Neman Basin) in Belarus.....	123
Henadzi Rydzeuski The Dazimetric Method of V. P. Semenov-Tyan-Shansky as a Way of Selecting Dissipative Spatial Structures of Settlement on the Example of the Republic of Belarus	138
Tatyana Rylova Palynological Characteristics of the Upper Pleistocene Deposits into the Section Near the Town of Ostrovets	146

БІЯЛОГІЯ

УДК 577.175.1:581.143:57.085

Елена Георгиевна Артемук

канд. биол. наук, доц., зав. каф. химии

Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

Alena Artsiamuk

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Chemistry
of Brest State A.S. Pushkin University

e-mail: artsiamuk@mail.ru

РОСТРЕГУЛИРУЮЩЕЕ И АНТИСТРЕССОВОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭПИКАСТАСТЕРОНА И ЕГО КОНЬЮГАТОВ С КИСЛОТАМИ НА *TRIFOLIUM PRATENSE* L. В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ИОНОВ СВИНЦА*

Изучена биологическая активность 24-эпикастастерона (ЭК) и его конъюгатов с кислотами на рост и биохимические параметры клевера лугового при воздействии ионов свинца. По результатам вегетационного лабораторного опыта из протестированных веществ и концентраций для клевера лугового максимальным протекторным эффектом в отношении свинца на морфометрические параметры (длину корня и побега), а также активность каталазы обладают конъюгаты 24-эпикастастерона – S23 (2-моно-салицилат 24-эпикастастерона) в концентрации 10^{-10} М и S31 (тетраиндолилacetат 24-эпикастастерона) в концентрации 10^{-8} М при использовании предпосевного замачивания семян. Предобработка семян растений S23 и S31, вероятно, позволяет снизить повреждающее действия ионов свинца на растения, что указывает на их участие в развитии реакций, способствующих преадаптации растений к возможным стрессовым ситуациям.

Ключевые слова: brassinosteroids, 24-эпикастастерон, эфиры ЭК с кислотами (конъюгаты), клевер, рострегулирующая активность, фотосинтетические пигменты, каталаза.

Growth Regulating Activity and Anti-Stress Effect of Epicasterone and its Acid Conjugates on *Trifolium Pratense* L. under the Influence of Lead Ions

The biological activity of 24-epicasterone (EC) and its conjugates with acids on the growth and biochemical parameters of red clover under the influence of lead ions was studied. According to the results of a vegetative laboratory experiment, from the tested substances and concentrations for red clover, the maximum protective effect with respect to lead on morphometric parameters (root and shoot length), as well as catalase activity, is exhibited by conjugates of 24-epicasterone – S23 (2-monosalicylate 24-epicasterone) at a concentration of 10^{-10} M and S31 (tetraindolyl acetate 24-epicasterone) at a concentration of 10^{-8} M when using presowing seed soaking. Pretreatment of seeds of S23 and S31 plants probably makes it possible to reduce the damaging effect of lead ions on plants, which indicates their participation in the development of reactions that promote plant preadaptation to possible stressful situations.

Key words: brassinosteroids, 24-epicasterone, EC acid esters (conjugates), clover, growth-regulating activity, photosynthetic pigments, catalase.

Введение

Техническое развитие общества привело к тому, что проблема загрязнения окружающей среды и выживания человечества в этих условиях стала центральной проблемой современности и коснулась всех сфер деятельности человека. В ряде случаев технологические процессы вышли из-под контроля, вследствие чего происходит стремительное на-

*Работа выполнена в рамках НИР «Оценка влияния природных brassinosteroids и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельскохозяйственных и декоративных растений» подпрограммы «Химические основы процессов жизнедеятельности» (Биоорхимия) ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия» на 2021–2025 гг. (№ госрегистрации 20211450 от 20.05.2021 г.).

копление нехарактерных для биосферы химических веществ (оксидов азота, нитратов, тяжелых металлов, техногенных радионуклидов и других токсикантов). Увеличение техногенной нагрузки на составляющие биосферу компоненты ухудшает качество природной среды и нарушает существующие в природе связи, что приводит к местным, а иногда и глобальным изменениям, имеющим зачастую необратимый характер.

В последние годы в связи с ухудшением экологического состояния многих регионов, загрязнением почвы, воды и воздуха тяжелыми металлами (ТМ) вследствие быстрой индустриализации и урбанизации возрос интерес к изучению влияния ТМ на растения.

Избыточные концентрации ТМ негативно влияют на геохимическое состояние сельскохозяйственных земель, биологическую продуктивность и качество растениеводческой и животноводческой продукции и в конечном итоге оказывают отрицательное воздействие на человека [1]. В Республике Беларусь ареалы загрязнения агроэкосистем ТМ формируются вокруг промышленных центров и отдельных предприятий, на пойменных лугах и пастбищах, в зонах влияния крупных городов, вдоль автомобильных дорог, а также на сельскохозяйственных угодьях, где длительное время в качестве удобрений бесконтрольно использовались различные отходы. Главные антропогенные источники поступления ТМ в биосферу – топливные электростанции и теплоцентрали, предприятия по добыче и переработке черных и цветных металлов, транспорт, машиностроительная и химическая отрасли промышленности, сельскохозяйственное производство, жилищно-коммунальные комплексы.

Избыточные концентрации ТМ в среде негативно влияют на рост и развитие растений, нарушая физиологические и биохимические функции, что приводит к снижению продуктивности и пищевой ценности растительного сырья [2]. Некоторые ТМ, такие как ртуть, свинец, кадмий и хром, являются высокотоксичными элементами и могут представлять серьезную опасность для всей экосистемы. Установлено, что в присутствии ТМ не только тормозятся рост и развитие растений, но и происходят многочисленные структурно-функциональные изменения в фотосинтетическом аппарате, нарушаются процессы дыхания, транспирации, транспорта веществ и т. д. В результате этого снижается продуктивность отдельных растений и целых фитоценозов, а иногда даже полностью разрушаются растительные сообщества [3; 4].

Свинец является распространенным поллютантом, характерным для почв городских территорий. В растениях в биологически важных обменных процессах он не участвует и является абсолютным токсикантом. Избыток свинца является токсичным и вызывает такие симптомы, как повреждение мембран, изменение активности ферментов, ингибирует процесс дыхания и подавляет фотосинтез [5]. Свинец в достаточно высокой концентрации тормозит прорастание семян, замедляет рост корней в длину, а также образование корневых волосков. У листьев отравленных свинцом растений наблюдается хлороз, часто между жилками. Особенно сильно поражаются молодые листья. Повышенное содержание свинца вызывает функциональные нарушения в пигментных комплексах и уменьшение содержания хлорофилла в тканях [6]. Все это приводит к снижению урожайности и ухудшению качества сельскохозяйственной продукции. Предельно допустимая концентрация свинца для почв составляет 30 мг/кг. Его доза выше 10 мг/кг сухого вещества токсична для большинства культурных растений. Кроме того, свинец обладает синергическим действием и увеличивает токсичность других металлов [7].

В последние годы появляется большое количество публикаций, в которых обсуждается возможность снижения негативного действия ТМ на культурные растения при применении регуляторов роста, в частности brassinosteroidов (БС). Проведенные исследования БС показали их влияние на регуляцию роста, повышение урожайности и биологической ценности растений, на функциональное состояние фотосинтетического ап-

парата и количество пигментов, а также вовлечение их в регуляцию формирования защитных систем растений [8–11]. В настоящее время получены данные о росторегулирующей, стресс-протекторной и антиоксидантной активности конъюгатов БС с кислотами на молодые растения проса, пшеницы и ярового ячменя [12–14]. В связи с этим представлялось интересным исследование некоторых эфиров ЭК в отношении растений клевера лугового.

Целью данного исследования является изучение влияния 24-эпикастестерона и его конъюгатов с салициловой и индолилуксусной кислотами на рост и антистрессовую устойчивость растений клевера лугового *Trifolium pratense* L. в условиях воздействия ионов свинца.

Материалы и методы

Для изучения влияния биологической активности 24-эпикастестерона и его конъюгатов с кислотами в условиях воздействия ионов свинца в качестве объекта исследования был выбран клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) сорта Слуцкий. Клевер луговой сорта Слуцкий – местный сорт, широко распространенный в хозяйствах Республики Беларусь.

24-Эпикастестерон и его конъюгаты – 2-моносалицилат 24-эпикастестерона (S23) и 2,3,22,23-тетраиндолилацетат 24-эпикастестерона (S31) – синтезированы в Лаборатории химии стероидов Института биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси.

Для подбора концентрации свинца, ингибирующей рост и развитие клевера лугового, был выбран широкий диапазон концентраций $Pb(NO_3)_2$: 10^{-2} М, 10^{-3} М, 10^{-4} М, 10^{-5} М, 10^{-6} М. Семена клевера лугового проращивали по стандартной методике проращивания по ГОСТ 12038–84 [15] с добавлением раствора нитрата свинца с концентрациями от 10^{-2} до 10^{-6} М. Проращивание осуществлялось на фильтровальной бумаге в термостате при 20 °С в темноте, на 7 сутки определяли всхожесть, среднюю длину корней и побегов проростков клевера [16]. В качестве контроля использовалась вода. Все опыты проводились в четырехкратной повторности. В результате проведенных исследований была определена концентрация свинца, которая оказывала ингибирующее влияние на рост проростков изучаемой культуры, но не приводила к полной гибели растений с целью проведения дальнейших исследований влияния brassinosterоидов (ЭК и его конъюгатов с кислотами) на рост и развитие клевера лугового при воздействии ионов свинца.

На втором этапе исследований проводилась оценка влияния 24-ЭК и его конъюгатов с кислотами (S23 (2-моносалицилат 24-эпикастестерона) и S31 (тетраиндолилацетат 24-эпикастестерона)) на морфометрические параметры клевера лугового при воздействии ионов свинца. Были использованы концентрации БС, которые в предварительном лабораторном опыте оказывали наибольший эффект на посевные качества семян, рост корней и побегов клевера лугового, а также $Pb(NO_3)_2$ с концентрацией, которая в предварительном опыте оказывала ингибирующее влияние на рост и развитие изучаемого растения, но не приводила к полной его гибели. Проращивание семян растений осуществлялось согласно ГОСТ 12038–84 [15]. Все опыты проводились в четырехкратной повторности.

Третий этап исследований был связан с анализом влияния 24-ЭК и его конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры клевера лугового, выращенного в защищенном грунте в результате вегетационного лабораторного опыта [17; 18] в условиях воздействия ионов свинца с изучением параметров длины подземной и надземной частей, а также содержания основных фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a* и *b*, каротиноидов) и активности фермента каталазы. Для проведения вегетационного опыта были использованы наиболее эффективные концентрации ЭК и его конъюгатов с кислотами: S23 (2-моносалицилат 24-эпикастестерона) и S31 (тетраиндолилацетат 24-эпикастестерона), которые в предварительном лабораторном опыте

оказывали наибольший эффект на посевные качества семян, рост корней и побегов изучаемых сельскохозяйственных культур, а также $Pb(NO_3)_2$ с концентрацией, которая в предварительном опыте оказывала ингибирующее влияние на рост и развитие изучаемых растений, но не приводила к полной гибели растений.

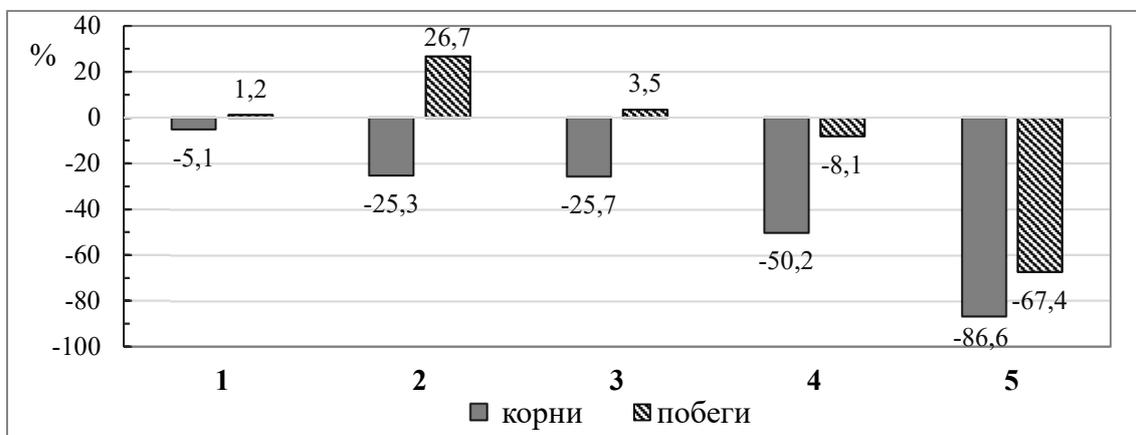
Семена замачивали в растворах 24-ЭК и его конъюгатов на 5 ч, далее высаживали в пластиковые контейнеры 9x9x10 см на универсальном почвогрунте («Хозяин», Беларусь) и выращивали в лабораторных условиях вегетационного эксперимента. Опытные образцы поливались раствором $Pb(NO_3)_2$ с соответствующей концентрацией. Контролем являлся вариант без внесения раствора $Pb(NO_3)_2$. Растения выращивали в условиях постоянной влажности почвы. Вегетационные емкости перемещали ежедневно по схеме, обеспечивающей однородные условия роста и развития растений. Все опыты проводились в четырехкратной повторности.

Для определения содержания основных фотосинтетических пигментов использовали спектрофотометрический метод [19; 20]. В качестве растворителя был выбран 100 %-ый ацетон. Определение активности каталазы в корнях и побегах клевера лугового проводили по методу М. А. Королюк [21], основанному на способности перекиси водорода образовывать с солями молибдена стойкий окрашенный комплекс.

Статистическую обработку всех полученных результатов проводили по общепринятым методикам биологической статистики согласно П. Ф. Рокицкому [22] с использованием программы Microsoft Excel и t-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что при использовании свинца в концентрациях 10^{-6} – 10^{-2} М наблюдалось ингибирование роста корней у растений клевера лугового. Длина корней уменьшалась на 5,1–86,6 % по сравнению с контролем (рисунок 1).



1 – Pb^{2+} , 10^{-6} М; 2 – Pb^{2+} , 10^{-5} М; 3 – Pb^{2+} , 10^{-4} М; 4 – Pb^{2+} , 10^{-3} М; 5 – Pb^{2+} , 10^{-2} М

Рисунок 1 – Влияние различных концентраций ионов свинца на морфометрические параметры клевера лугового сорта Слуцкий, % относительно контроля

Таким образом, для дальнейших исследований была выбрана концентрация ионов свинца 10^{-3} М, которая оказывала сильное ингибирующее действие на длину корней и побегов клевера лугового, однако не приводила к гибели растений.

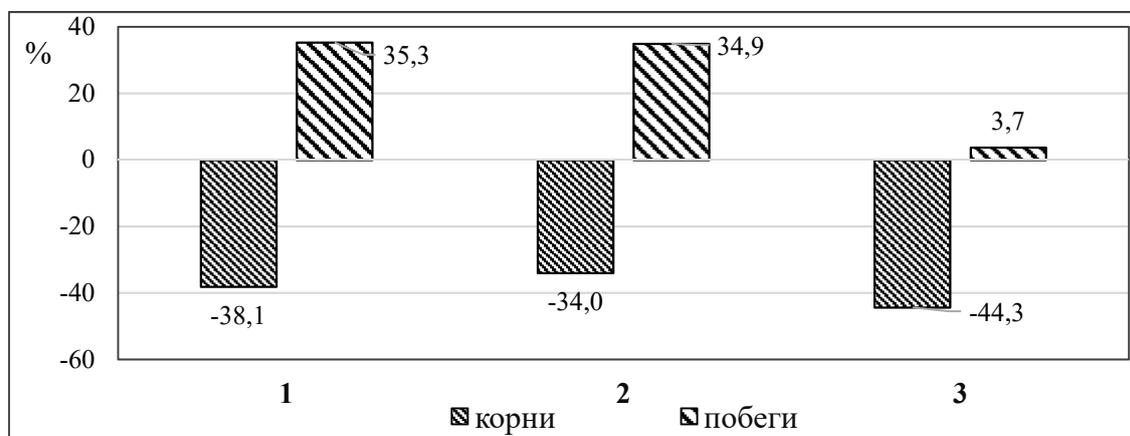
Проведенные исследования влияния ЭК и его конъюгатов с кислотами – S23 и S31 на морфометрические параметры клевера лугового сорта Слуцкий при воздействии ионов свинца показали, что ионы свинца в концентрации 10^{-3} М приводили к уменьшению длины корня на 56,3 % и побега на 1,8 % по сравнению с контролем (таблица 1). ЭК

и его конъюгаты S23 и S31 практически не оказали протекторного влияния на растения клевера лугового. Так при предварительном замачивании семян клевера лугового в растворах ЭК, S23 и S31 определенных концентраций и дальнейшем проращивании в растворе, содержащем ионы свинца с концентрацией 10^{-3} М, наблюдается уменьшение длины корней по сравнению с растениями, которые проращивались в среде с ионами свинца, но без замачивания в растворах БС. Протекторное действие на длину побегов оказывали ЭК и S23 в концентрации 10^{-10} М. Так, длина побегов увеличивалась на 35,3 и 34,9 % по сравнению с растениями без предварительного замачивания в растворах данных БС (рисунок 2).

Таблица 1 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на морфометрические параметры клевера лугового сорта Слуцкий при воздействии ионов свинца

Вариант опыта	Корень		Побег	
	длина, мм	% к контролю	длина, мм	% к контролю
Контроль	22,2 ± 0,48	100,0	27,4 ± 0,46	100,0
ЭК, 10^{-10} М	31,6 ± 0,69***	142,3	27,9 ± 0,46	101,8
S23, 10^{-10} М	30,4 ± 0,58***	136,9	27,8 ± 0,42	101,5
S31, 10^{-8} М	32,8 ± 0,64***	147,7	27,6 ± 0,39	100,7
Pb ²⁺ , 10^{-3} М	9,7 ± 0,30***	43,7	26,9 ± 0,43	98,2
		% к Pb ²⁺ , 10^{-3} М		% к Pb ²⁺ , 10^{-3} М
ЭК, 10^{-10} М + Pb ²⁺ , 10^{-3} М	6,0 ± 0,23***	61,9	36,4 ± 0,43***	135,3
S23, 10^{-10} М + Pb ²⁺ , 10^{-3} М	6,4 ± 0,24***	66,0	36,3 ± 0,51***	134,9
S31, 10^{-8} М + Pb ²⁺ , 10^{-3} М	5,4 ± 0,21***	55,7	27,9 ± 0,92	103,7

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



1 – ЭК, 10^{-10} М + Pb²⁺, 10^{-3} М; 2 – S23, 10^{-10} М + Pb²⁺, 10^{-3} М;
3 – S31, 10^{-8} М + Pb²⁺, 10^{-3} М

Рисунок 2 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на морфометрические параметры клевера лугового сорта Слуцкий, % относительно ионов свинца

Таким образом, по результатам лабораторного эксперимента можно сделать вывод, что ЭК и его конъюгаты (S23 (2-моносалицлат 24-эпикастастерона) и S31 (тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона)) практически не оказывают протекторного эффекта при воздействии ионов свинца на растения клевера лугового. Снижение негативного действия свинца наблюдается только на длину побегов клевера при предварительной обработке семян ЭК и S23 в концентрации 10^{-10} М (рисунок 2).

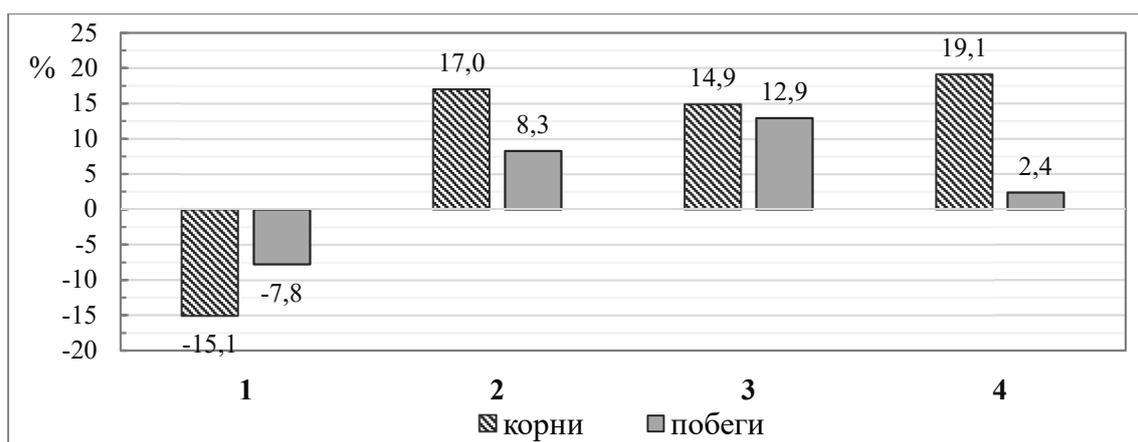
Веґетацыйны лабараторны эксперымент. На этом этапе исследований был проведен анализ влияния 24-эпикастерона и его конъюгатов с кислотами на морфометрические и биохимические параметры клевера лугового сорта Слуцкий, выращенного в защищенном грунте в результате вегетационного лабораторного опыта в условиях воздействия ионов свинца с изучением параметров длины подземной и надземной частей клевера, а также содержания основных фотосинтетических пигментов и активности фермента каталазы.

Проведенные исследования показали, что при использовании свинца в концентрации 10^{-3} М наблюдалось ингибирование роста корней и побегов у растений клевера лугового. Длина корней уменьшалась на 15,1 %, а побегов – на 7,8 % по сравнению с контрольными образцами (таблица 2, рисунок 3). Предварительная обработка семян клевера ЭК в концентрации 10^{-10} М и его конъюгатами S23 в концентрации 10^{-10} М и S31 в концентрации 10^{-8} М приводила к увеличению длины корней и побегов у растений клевера лугового. Так, длина корней увеличивалась на 14,9–19,1 %, а побегов – на 2,4–12,9 % (рисунок 3). Таким образом, ЭК и его конъюгаты в изученных концентрациях оказывали протекторное действие на морфометрические параметры (длину подземной и надземной частей) клевера при воздействии ионов свинца.

Таблица 2. – Влияние эпикастерона и его конъюгатов на морфометрические параметры клевера лугового сорта Слуцкий при воздействии ионов свинца (вегетационный опыт)

Вариант опыта	Корень		Побег	
	длина, мм	% к контролю	длина, мм	% к контролю
Контроль	$33,9 \pm 1,10$	100,0	$61,5 \pm 0,74$	100,0
$Pb^{2+}, 10^{-3}$ М	$28,8 \pm 0,59^{***}$	84,9	$56,7 \pm 0,74^{***}$	92,2
		% к $Pb^{2+}, 10^{-3}$ М		% к $Pb^{2+}, 10^{-3}$ М
ЭК, 10^{-10} М + $Pb^{2+}, 10^{-3}$ М	$33,6 \pm 0,95^{***}$	117,0	$61,4 \pm 0,92^{***}$	108,3
S23, 10^{-10} М + $Pb^{2+}, 10^{-3}$ М	$33,0 \pm 0,99^{***}$	114,9	$64,1 \pm 0,92^{***}$	112,9
S31, 10^{-8} М + $Pb^{2+}, 10^{-3}$ М	$34,3 \pm 0,92^{***}$	119,1	$58,1 \pm 0,77$	102,4

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



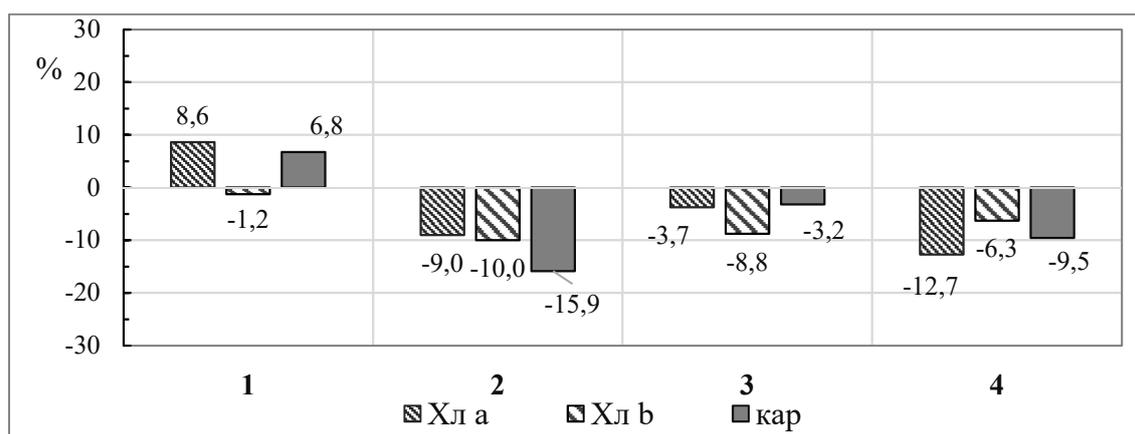
1 – $Pb^{2+}, 10^{-3}$ М; 2 – ЭК, 10^{-10} М + $Pb^{2+}, 10^{-3}$ М; 3 – S23, 10^{-10} М + $Pb^{2+}, 10^{-3}$ М;
4 – S31, 10^{-8} М + $Pb^{2+}, 10^{-3}$ М

Рисунок 3 – Влияние 24-эпикастерона и его конъюгатов на морфометрические параметры клевера лугового сорта Слуцкий при воздействии ионов свинца (вариант с $Pb^{2+}, 10^{-3}$ М в % относительно контроля, опытные варианты в % относительно $Pb^{2+}, 10^{-3}$ М)

Исследование содержания основных фотосинтетических пигментов в листьях клевера лугового проводилось с изучением содержания хлорофилла *a* (Хл *a*), хлорофилла *b* (Хл *b*) и каротиноидов (Кар). Проведенные исследования показали, что при использовании свинца в концентрации 10^{-3} М наблюдалось повышение содержания хлорофилла *a* и каротиноидов на 8,6 и 6,8 % соответственно, однако эти различия статистически недостоверны (таблица 3, рисунок 4). При предпосевной обработке семян клевера лугового брассиностероидами зафиксировано снижение содержания всех изученных пигментов относительно варианта с Pb^{2+} , 10^{-3} М.

Таблица 3 – Влияние эпикастерона и его конъюгатов на содержание фотосинтетических пигментов в листьях клевера лугового сорта Слуцкий при воздействии ионов свинца (вегетационный лабораторный опыт)

Вариант опыта	Содержание, мг/г		
	хлорофилла <i>a</i>	хлорофилла <i>b</i>	каротиноидов
Контроль	1,74 ± 0,06	0,81 ± 0,06	0,59 ± 0,04
Pb^{2+} , 10^{-3} М	1,89 ± 0,09	0,80 ± 0,03	0,63 ± 0,03
ЭК, 10^{-10} М + Pb^{2+} , 10^{-3} М	1,72 ± 0,13	0,72 ± 0,05	0,53 ± 0,04
S23, 10^{-10} М + Pb^{2+} , 10^{-3} М	1,82 ± 0,06	0,73 ± 0,02	0,61 ± 0,01
S31, 10^{-8} М + Pb^{2+} , 10^{-3} М	1,65 ± 0,11	0,75 ± 0,04	0,57 ± 0,02



1 – Pb^{2+} , 10^{-3} М; 2 – ЭК, 10^{-10} М + Pb^{2+} , 10^{-3} М; 3 – S23, 10^{-10} М + Pb^{2+} , 10^{-3} М; 4 – S31, 10^{-8} М + Pb^{2+} , 10^{-3} М

Рисунок 4 – Влияние эпикастерона и его конъюгатов на содержание фотосинтетических пигментов клевера лугового сорта Слуцкий при воздействии ионов свинца (вариант с Pb^{2+} , 10^{-3} М в % относительно контроля, опытные варианты в % относительно Pb^{2+} , 10^{-3} М)

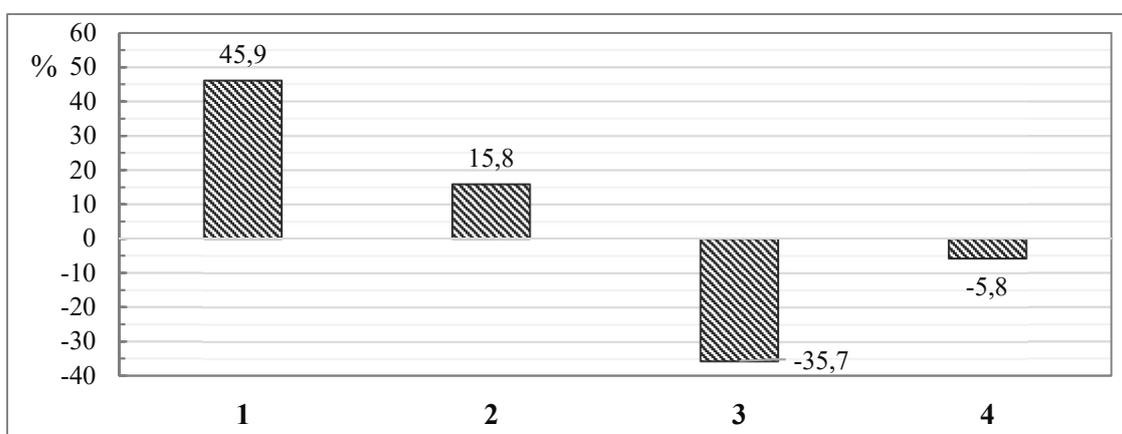
Основные функции в регуляторной деятельности клетки выполняют ферменты антиоксидантной защиты (пероксидаза и каталаза), обеспечивающие нормальный ход окислительных процессов при различного рода неблагоприятных воздействиях. Одно из проявлений защитных реакций растений в условиях стресс-факторов – это возрастание активности пероксидазы и каталазы [23].

В опытах с клевером луговым ионы свинца в концентрации 10^{-3} М приводили к увеличению активности каталазы в листьях. Так, активность каталазы увеличивалась на 45,9 % (таблица 4, рисунок 5). Предварительная обработка семян конъюгатами S23 в концентрации 10^{-10} М и S31 в концентрации 10^{-8} М приводила к снижению активности каталазы в корнях на 35,7 и 5,8 % соответственно.

Таблица 4 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на активность каталазы в листьях клевера лугового сорта Слущкий при воздействии ионов свинца (вегетационный лабораторный опыт)

Вариант опыта	Активность каталазы	
	мкат/л	% к контролю
Контроль	291,66 ± 7,39	100,0
Pb ²⁺ , 10 ⁻³ М	425,62 ± 7,08**	145,9
		% к Pb ²⁺ , 10 ⁻³ М
ЭК, 10 ⁻¹⁰ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻³ М	492,66 ± 14,26*	115,8
S23, 10 ⁻¹⁰ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻³ М	273,77 ± 4,80**	64,3
S31, 10 ⁻⁸ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻³ М	400,75 ± 18,03	94,2

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



1 – Pb²⁺, 10⁻³ М; 2 – ЭК, 10⁻¹⁰ М + Pb²⁺, 10⁻³ М; 3 – S23, 10⁻¹⁰ М + Pb²⁺, 10⁻³ М;
4 – S31, 10⁻⁸ М + Pb²⁺, 10⁻³ М

Рисунок 5 – Влияние 24-эпикастастерона и его конъюгатов на активность каталазы в листьях клевера лугового сорта Слущкий при воздействии ионов свинца (вариант с Pb²⁺, 10⁻³ М в % относительно контроля, опытные варианты в % относительно Pb²⁺, 10⁻³ М)

Заклучение

В лабораторных условиях на начальном этапе развития растений 24-эпикастастерон и его конъюгаты (S23 (2-моносалицилат 24-эпикастастерона) и S31 (тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона)) практически не оказывают протекторного эффекта при воздействии ионов свинца на растения клевера лугового. Снижение негативного действия свинца наблюдается только на длину побегов клевера при предварительной обработке семян ЭК и S23 в концентрации 10⁻¹⁰ М.

По результатам вегетационного лабораторного опыта из протестированных веществ и концентраций для клевера лугового максимальным протекторным эффектом в отношении свинца на морфометрические параметры (длину корня и побега), а также активность каталазы обладают конъюгаты эпикастастерона S23 в концентрации 10⁻¹⁰ М и S31 в концентрации 10⁻⁸ М при использовании предпосевного замачивания семян. Предобработка семян растений S23 и S31, вероятно, позволяет снизить повреждающее действие ионов свинца на растения, что указывает на их участие в развитии реакций, способствующих преадаптации растений к возможным стрессовым ситуациям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головатый, С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2002. – 239 с.
2. Kisa, D. The responses of antioxidant system against the heavy metal-induced stress in tomato / D. Kisa // J. of Natural and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 22, Nr 1. – P. 1–6.
3. Титов, А. Ф. Тяжелые металлы и растения / А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, В. В. Таланова. – Петрозаводск : Карел. науч. центр РАН, 2014. – 194 с.
4. Ильин, В. Б. Влияние тяжелых металлов на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур / В. Б. Ильин, Г. А. Гармаш, Н. Ю. Гармаш // Агрохимия. – 1985. – № 6. – С. 90–100.
5. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 437 с.
6. Башмаков, Д. И. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений / Д. И. Башмаков, А. С. Лукаткин. – Саранск : Мордов. ун-т., 2009. – 236 с.
7. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
8. Khripach, V. Brassinosteroids: a new role of steroids as bio-signaling molecules / V. Khripach, V. Zhabinskii, R. Karnachuk // Chemical probes in biology : Science at the Interface of Chemistry, Biology and Medicine ; ed. M. P. Schneider. – Dordrecht : Springer Netherlands, 2003. – P. 153–167.
9. Hayat, S. Brassinosteroids: A Class of Plant Hormones / S. Hayat, A. Ahmad. – Dordrecht : Springer, 2011. – 462 p.
10. Ефимова, М. В. Регуляция эпибрасинолидом морфогенеза и содержания фотосинтетических пигментов в проростках *Arabidopsis thaliana* / М. В. Ефимова, М. А. Елисеева // Тр. Том. гос. ун-та. Сер. биол. – 2010. – № 275. – С. 267–271.
11. Влияние лактон- и кетонсодержащих брасиностероидов на фотосинтетическую активность листьев ячменя при старении / И. С. Ковтун [и др.] // Физиология растений. – 2021. – Т. 68, № 3. – С. 268–278.
12. Синтез и стресс-протекторное действие на растения конъюгатов брасиностероидов с салициловой кислотой / Р. П. Литвиновская [и др.] // Химия природ. соединений. – 2016. – № 3. – С. 394–398.
13. Индолил-3-ацетоксипроизводные брасиностероидов: синтез и рострегулирующая активность / Р. П. Литвиновская [и др.] // Химия природ. соединений. – 2013. – № 3. – С. 408–414.
14. Защитное действие салицилатов брасиностероидов на растения ярового ячменя, подвергнутых биотическому стрессу / Н. Е. Манжелесова [и др.] // Докл. НАН Беларуси. – 2019. – Т. 63, № 3. – С. 304–311.
15. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038–84. – Введ. 01.07.86. – М. : Стандартинформ, 2011. – 29 с.
16. Методика определения силы роста семян кормовых культур / В. И. Карпин [и др.]. – М. : Изд-во РГАУ–МСХА, 2012. – 16 с.
17. Журбицкий, З. И. Теория и практика вегетационного метода / З. И. Журбицкий. – М. : Наука, 1968. – 260 с.
18. Дышко, В. Н. Агрохимические методы исследований : учеб.-метод. пособие / В. Н. Дышко, В. В. Дышко, П. В. Романенко. – Смоленск : ФГБОУ ВПО Смолен. ГСХА, 2014. – 48 с.

19. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова ; под ред. И. П. Ермакова. – М. : Академия, 2003. – 256 с.
20. Шульгин, И. А. Расчет содержания пигментов с помощью номограмм / И. А. Шульгин, А. А. Ничипорович // Хлорофилл : сб. науч. ст. ; под ред. А. А. Шлыка. – Минск : Наука и техника, 1974. – С. 121–136.
21. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк [и др.] // Лаб. дело. – 1988. – № 1. – С. 16–19.
22. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Ураджай, 1973. – 320 с.
23. Перекисное окисление и стресс / В. А. Барабой [и др.]. – СПб. : Наука, 1992. – 148 с.

REFERENCES

1. Golovatyj, S. Ye. Tiazholyje mietally v agroekosistiemakh / S. Ye. Golovatyj. – Minsk : In-t pochvoviedienija i agrokhimii NAN Bielarusi, 2002. – 239 s.
2. Kisa, D. The responses of antioxidant system against the heavy metal-induced stress in tomato / D. Kisa // J. of Natural and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 22, Nr 1. – P. 1–6.
3. Titov, A. F. Tiazholyje mietally i rastienija / A. F. Titov, N. M. Kaznina, V. V. Talanova. – Pietrozavodsk : Kariel. nauch. centr RAN, 2014. – 194 s.
4. Il'in, V. B. Vlijanije tiazholykh mietallov na rost, razvitije i urozhajnost' sel'sko-khoziazjstviennykh kul'tur / V. B. Il'in, G. A. Garmash, N. Yu. Garmash // Agrokhimija. – 1985. – № 6. – S. 90–100.
5. Kabata-Piendias, A. Mikroliemienty v pochvakh i rastienijakh / A. Kabata-Piendias, H. Piendias. – M. : Mir, 1989. – 437 s.
6. Bashmakov, D. I. Ekologo-fiziologichieskije aspiekty akumuliacii i raspriedielienija tiazholykh mietallov u vysshikh rastienij / D. I. Bashmakov, A. S. Lukatkin. – Saransk : Mordov. un-t., 2009. – 236 s.
7. Aliksiejev, Yu. V. Tiazholyje mietally v pochvakh i rastienijakh / Yu. V. Alekseev. – L. : Agropromizdat, 1987. – 142 s.
8. Khripach, V. Brassinosteroids: a new role of steroids as bio-signaling molecules / V. Khripach, V. Zhabinskii, R. Karnachuk // Chemical probes in biology : Science at the Interface of Chemistry, Biology and Medicine ; ed. M. P. Schneider. – Dordrecht : Springer Netherlands, 2003. – P. 153–167.
9. Hayat, S. Brassinosteroids: A Class of Plant Hormones / S. Hayat, A. Ahmad. – Dordrecht : Springer, 2011. – 462 p.
10. Yefimova, M. V. Riegluciacija epibrassinolidom morfogeneza i sodierzhanija fotosintetichieskikh pigmientov v prorostkakh Arabidopsis thaliana (L.). / M. V. Yefimova, M. A. Yelisiejeva // Tr. Tom. gos. un-ta. Sier. biol. – 2010. – № 275. – P. 267–271.
11. Vlijanije lakton- i kietonsodierzhashchikh brassinostieroidov na fotosintetichieskuju aktivnost' list'jev jachmienia pri starienii / I. S. Kovtun [i dr.] // Fiziologija rastienij. – 2021. – T. 68, № 3. – S. 268–278.
12. Sintez i stress-protektornoje dejstvije na rastienija konjugatov brassinostieroidov s salicilovoj kislotoj / R. P. Litvinovskaja [i dr.] // Khimija prirod. sojedinenij. – 2016. – № 3. – S. 394–398.
13. Indolil-3-acetoksiiproizvodnyje brassinostieroidov: sintez i rostriegulirujushchaja aktivnost' / R. P. Litvinovskaja [i dr.] // Khimija prirod. sojedinenij. – 2013. – № 3. – S. 408–414.
14. Zashchitnoje dejstvije salicilatov brassinostieroidov na rastienija jarovogo jachmienia, podviernutykh biotichieskomu stressu / N. Ye. Manzheliesova [i dr.] // Dokl. NAN Bielarusi. – 2019. – T. 63, № 3. – S. 304–311.

15. Siemiena siel'skokhoziajstviennykh kul'tur. Mietody opriedielienija vskhozhesti GOST12038.84. – Vvied. 01.07.86. – M. : Standartinform, 2011. – 29 s.
16. Mietodika opriedielienija sily rosta siemian kormovykh kul'tur / V. I. Karpin [i dr.]. – M. Izd-vo RGAU–MSKhA, 2012. – 16 s.
17. Zhurbickij, Z. I. Tieorija i praktika viegietacionnogo mietoda / Z. I. Zhurbickij. – M. : Nauka, 1968. – 260 s.
18. Dyshko, V. N Agrokhimichieskije mietody issliedovanij : uchieb.-mietod. posobije / V. N. Dyshko, V. V. Dyshko, P. V Romanienko. – Smoliensk : FGBOU VO Smolien. GSKhA, 2014. – 197 s.
19. Gavrilienko, V. F. Bol'shoj praktikum po fotosintezu / V. F. Gavrilienko, T. V. Zhigalova ; pod ried. I. P. Yermakova. – M. : Akadiemija, 2003. – 256 s.
20. Shul'gin, I. A. Raschiot sodierzhanija pigmientov s pomoshchju nomogramm / I. A. Shul'gin, A. A. Nichiporovich // Khlorofill : sb. nauch. st. ; pod ried. A. A. Shlyka. – Minsk : Nauka i tiekhnika, 1974. – S. 121–136.
21. Mietod opriedielienija aktivnosti katalazy / M. A. Koroliuk [i dr.] // Lab. dielo. – 1988. – № 1. – S. 16–19.
22. Rokickij, P. F. Biologichieskaja statistika / P. F. Rokickij. – Minsk : Uradzhaj, 1973. – 320 s.
23. Pieriekisnoje okislienije i stress / V. A. Baraboj [i dr.]. – SPb. : Nauka, 1992. – 148 s.

Рукапіс наступіў у рэдакцыю 03.01.2023

УДК 616.831.31-005.4.-092.913:618.33

**Елизавета Игоревна Бонь¹, Наталия Евгеньевна Максимович², Сергей Михайлович Зиматкин³,
Оксана Борисовна Островская⁴, Никита Витальевич Кохан⁵**

¹канд. биол. наук, доц., доц. каф. патологической физиологии имени Д. А. Маслакова
Гродненского государственного медицинского университета

²д-р мед. наук, проф., зав. каф. патологической физиологии имени Д. А. Маслакова
Гродненского государственного медицинского университета

³д-р биол. наук, проф., зав. каф. гистологии, цитологии и эмбриологии
Гродненского государственного медицинского университета

⁴канд. мед. наук, доц., доц. каф. микробиологии, вирусологии и иммунологии имени С. И. Гельберга
Гродненского государственного медицинского университета

⁵студент 4 курса медико-психологического факультета
Гродненского государственного медицинского университета

Elizaveta Bon¹, Natalia Maksimovich², Sergey Zimatkin³, Oksana B. Ostrovskaya⁴, Nikita Kokhan⁵

¹PhD in Biology, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Pathological
Physiology named after D. A. Maslakov of Grodno State Medical University

²Doctor of Medical Sciences, Professor,
Head of the Department of Pathological Physiology named after D. A. Maslakov
of Grodno State Medical University

³Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Histology, Cytology and Embryology
of Grodno State Medical University

⁴PhD in Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor
of the Department of Microbiology, Virology and Immunology named after S. I. Gelberg
of Grodno State Medical University

⁵4th Year Student of the Faculty of Medicine and Psychology
of Grodno State Medical University

e-mail: ¹asphodela@list.ru; ²mne@grsmu.by; ³zimatkin@grsmu.by;

⁴astrowskaja@gmail.com; ⁵nikita.kokhan1@gmail.com

ИЗМЕНЕНИЯ УЛЬТРАСТРУКТУРЫ НЕЙРОНОВ ТЕМЕННОЙ КОРЫ И ГИППОКАМПА ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС С ТОТАЛЬНОЙ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ИШЕМИЕЙ

При ишемии головного мозга развивается цепь патогенетических нарушений в его структурах, среди которых одним из ведущих является энергодефицит, что приводит к развитию клеточной патологии из-за нарушений гомеостаза, активности ферментов, целостности мембран и работы энергетических насосов. Нарушается работа ферментов, приводя к дисбалансу ионов и отеку головного мозга. Ультраструктурные характеристики органелл нейронов являются важными показателями степени повреждения головного мозга при ишемическом воздействии, что обуславливает необходимость проведения изучения изменений ультраструктуры нейронов головного мозга. В настоящем исследовании рассматривается характер ультраструктурных нарушений нейронов теменной коры и гиппокампа головного мозга крыс с тотальной церебральной ишемией.

Ключевые слова: нейроны, теменная кора, гиппокамп, церебральная ишемия.

Changes in Ultrastructure of Neurons in the Parietal Cortex and the Hippocampus of the Rat Brain with Total Cerebral Ischemia

With cerebral ischemia, a chain of pathogenetic disorders develops in its structures, among which one of the leading ones is energy deficiency, which leads to the development of cellular pathology due to violations of homeostasis, enzyme activity, membrane integrity and energy pumps. The work of enzymes is disrupted, leading to an imbalance of ions and swelling of the brain. The ultrastructural characteristics of neuron organelles are important indicators of the degree of brain damage during ischemic exposure, which necessitates the study of changes in the ultrastructure of brain neurons. The present study examines the nature of ultrastructural disorders in neurons of the parietal cortex and hippocampus of the brain of rats with total cerebral ischemia.

Key words: neurons, parietal cortex, hippocampus, cerebral ischemia.

Введение

При ишемии головного мозга (ИГМ) развивается цепь патогенетических нарушений в его структурах, среди которых одним из ведущих является энергодефицит,

что приводит к развитию клеточной патологии из-за нарушений гомеостаза, активности ферментов, целостности мембран и работы энергетических насосов. В условиях ИГМ избирательно нарушаются механизмы синаптической передачи, что способствует нарушению ауторегуляции местного кровотока, развитию вазоспазма, усилению агрегации тромбоцитов и развитию внутрисосудистого стаза, усугубляя гипоксию и усиливая энергодефицит. Нарушается работа ферментов, в т. ч. натрий-калиевой АТФазы, приводя к дисбалансу ионов и отеку головного мозга [1; 2; 4; 5].

Ультраструктурные характеристики органелл нейронов являются важными показателями степени повреждения головного мозга при ишемическом воздействии, что обуславливает необходимость проведения изучения изменений ультраструктуры нейронов головного мозга.

В настоящее время отсутствуют данные о степени выраженности данных нарушений в зависимости от вида ишемического повреждения и степени его тяжести. Данные исследования являются актуальными, т. к. позволяют изучить характер нарушений нейронов головного мозга при тотальной ишемии на ультраструктурном уровне.

Цель исследования – изучение характера нарушений нейронов головного мозга на ультраструктурном уровне.

Материалы и методы исследования

Эксперименты выполнены на 20 самцах беспородных белых крыс массой 260 ± 20 г с соблюдением требований Директивы Европейского Парламента и Совета № 2010/63/EU от 22.09.2010 о защите животных, используемых для научных целей.

Моделирование ИГМ осуществляли в условиях внутривенного тиопенталового наркоза (40–50 мг/кг). В исследованиях использованы модели тотальной (ТИГМ) и субтотальной (СИГМ) ишемии головного мозга. В контрольную группу вошли 4 самца, в группу СИГМ и ТИГМ – по 8 самцов.

Тотальную ишемию головного мозга моделировали путем декапитации животных. Забор головного мозга осуществляли спустя 1 ч и 24 ч после декапитации. Контрольную группу составили ложно оперированные крысы аналогичных пола и веса. Электронно-микроскопические исследования были выполнены в теменной коре и гиппокампе головного мозга крыс. Сразу после декапитации и быстрого извлечения головного мозга лезвием вырезали участки теменной коры и гиппокампа и помещали их в 1 %-ый осмиевый фиксатор на буфере Миллонига (рН = 7,4) на 2 ч при температуре 4 °С. Далее срезы промывали в смеси буфера Миллонига (20 мл) и сахарозы (900 мг), обезвоживали в спиртах возрастающей концентрации, смеси спирта и ацетона, чистом ацетоне; проводили через смесь смол (аралдит М + аралдит Н + дибутилфталат + ДМР-30) и ацетона и заключали в смесь смол.

Полутонкие срезы (толщиной около 350 нм) изготавливали на ультрамикротоме MT-7000 (RMC, США), окрашивали метиленовым синим и вырезали лезвием необходимые для изучения участки внутреннего пирамидного слоя теменной коры и пирамидного слоя поля СА₁ гиппокампа. Ультратонкие срезы (толщиной около 35 нм) изготавливали на том же ультрамикротоме, собирали на опорные сеточки, контрастировали ацетатом урана и цитратом свинца. Для этого сеточки со срезами опускали в каплю уранилацетата и выдерживали 20 мин. в темноте при комнатной температуре, затем промывали в трех порциях бидистиллированной воды по 5 сек. и контрастировали цитратом свинца в течение 8 мин., промывали в трех порциях бидистиллированной воды по 5 сек.

Полученные препараты изучали под электронным микроскопом JEM-1011 (JEOL, Япония), фотографировали цифровой камерой Olympus MegaView III (Olympus Soft Imaging Solutions, Германия).

Морфометрию ультраструктур проводили с помощью программы Image Warp (Bit Flow, США). Измерялись плотность, размеры, форма органелл, плотность и длина крист митохондрий, размеры лизосом и их плотность, количество связанных с эндоплазматической сетью и свободных рибосом, высчитывали коэффициент их отношения.

Так как в эксперименте использованы малые выборки, которые имели ненормальное распределение, анализ проводили методами непараметрической статистики с помощью лицензионной компьютерной программы Statistica 10.0 для Windows (StatSoft, Inc., США). Данные представлены в виде Me (LQ; UQ), где Me – медиана, LQ – значение нижнего квартиля; UQ – значение верхнего квартиля. Различия между группами считали достоверными при $p < 0,05$ (тест Крускаллы – Уоллиса с поправкой Бонферони).

Результаты исследования

Характеристика изменений ультраструктуры нейронов коры головного мозга крыс с тотальной церебральной ишемией отражена в таблице.

Таблица. – Показатели ультрамикроскопической морфометрии органелл нейронов теменной коры и гиппокампа крыс с тотальной церебральной ишемией, Me (LQ; UQ)

Показатель	теменная кора			гиппокамп			
	Контроль	ТИГМ 1 час	ТИГМ 1 сутки	Контроль	ТИГМ 1 час	ТИГМ 1 сутки	
Митохондрии	плотность	1,8 (1,7;2,2)	1,6 (1,5;1,7)	1,2 (1,0;1,3) *+	2,1 (1,7;2,2)	1,7 (1,6;1,7)	1,3 (1,1;1,4) *+
	площадь, мкм ²	0,26 (0,17;0,37)	0,11 (0,06;0,12) *	0,10 (0,08;0,12) *	0,21 (0,17;0,26)	0,10 (0,08;0,12) *	0,09 (0,08;0,11) *
	форм-фактор, ед.	0,63 (0,61;0,72)	0,87 (0,78;0,96)*	0,93 (0,83;0,96)	0,71 (0,60;0,75)*	0,86 (0,84;0,95)*	0,89 (0,85;0,93)*
	фактор элонгации, ед.	3,8 (3,5;4,1)	1,4 (1,3;1,5)	1,4 (1,3;1,5)	2,1 (1,9;2,5)	1,5 (1,3;1,7)*	1,4 (1,2;1,5)*
	плотность крист митохондрий	76 (71;82)	45 (41;51)*	40 (37;45)*	62 (59;72)	45 (41;52)*	40 (37;45)*
	длина крист митохондрий, мкм ²	12 (10;15)	5 (4;6)*	4 (3;6)*	13 (12;18)	6 (4;7)*	5 (4;7)*
	Рибосомы	количество, мкм ²	20,9 (19,3;22,7)	17,6 (16,5;18,7) *	17,4 (16,8;19,2)	20 (18,1;22,8)	16,2 (14,6;19,4) *
свободные, мкм ²		4,7 (4,1;5,8)	16,0 (15,3;16,8)*	16,5 (16,0;17,8)*	6,0 (4,8;7,3)	14,5 (13,3;17,3)*	15,5 (14,3;17,5)*
связанные, мкм ²		16,2 (15,2;16,9)	1,6 (1,2;1,9)*	0,9 (0,8;1,4)*	14,0 (13,3;15,5)	1,7 (1,3;2,1)*	0,8 (0,7;1,2)*
коэффициент отношения свя- занных и сво- бодных рибосом		3,4	0,1*	0,05*	2,3	0,1*	0,05*
Лизосомы	плотность	0,4 (0,3;0,5)	0(0;0,1)	0(0;0)	0,5(0,4;0,6)	0(0;0,1)	0(0;0)
	площадь, мкм ²	0,02 (0,01;0,03)	–	–	0,03 (0,02;0,04)	–	–

Примечание – * – $p < 0,05$ по сравнению с группой контроль, + – по сравнению с группой «ТИГМ 1 час».

При изучении ультраструктуры нейронов изменения количества митохондрий в цитоплазме нейронов теменной коры и гиппокампа крыс при одночасовой ТИГМ не отмечалось ($p > 0,05$), однако имело место изменение их размера и формы.

При одночасовой ТИГМ, по сравнению с показателями в группе «контроль», в теменной коре площадь митохондрий уменьшилась на 58 % ($p < 0,05$), фактор элонгации (вытянутость органеллы) – на 63 % ($p < 0,05$), а форм-фактор (округлость органеллы) увеличился на 28 % ($p < 0,05$). В гиппокампе отмечались аналогичные изменения: уменьшение площади и фактора элонгации на 52 % ($p < 0,05$) и на 29 % ($p < 0,05$) соответственно и увеличение форм-фактора на 14 % ($p < 0,05$), что свидетельствует об округлении митохондрий в обеих изучаемых структурах.

Плотность крист митохондрий и их длина уменьшились в теменной коре на 40 %, ($p < 0,05$) и на 58 %, ($p < 0,05$) соответственно. В гиппокампе данные показатели уменьшились на 27 % ($p < 0,05$) и на 54 % ($p < 0,05$) соответственно.

При ТИГМ продолжительностью ишемического периода одни сутки происходило уменьшение плотности митохондрий: на 33 % в теменной коре ($p < 0,05$), 38 % в гиппокампе ($p < 0,05$) по сравнению с группой «контроль» и на 25 % ($p < 0,05$), 24 % ($p < 0,05$) соответственно по сравнению с группой «ТИГМ 1 час».

При этом в теменной коре площадь митохондрий уменьшилась на 59 % ($p < 0,05$), фактор элонгации – на 63 % ($p < 0,05$), а форм-фактор, напротив, увеличился на 32 % ($p < 0,05$). В гиппокампе площадь уменьшилась на 53 % ($p < 0,05$), фактор элонгации – на 33 % ($p < 0,05$), в то время как форм-фактор увеличился на 20 % ($p < 0,05$).

Плотность крист митохондрий и их длина была меньше в теменной коре на 47 % ($p < 0,05$) и на 67 % ($p < 0,05$) соответственно. В гиппокампе данные показатели уменьшились на 35 % ($p < 0,05$) и на 62 % ($p < 0,05$) соответственно. Различий в данных показателях между группами «ТИГМ 1 час» и «ТИГМ 1 сутки» не было ($p > 0,05$).

По сравнению с показателями в группе «контроль» количество свободных рибосом при одночасовой ТИГМ в теменной коре возросло на 71 % ($p < 0,05$), а в гиппокампе – на 57 % ($p < 0,05$). Коэффициент отношения количества связанных и свободных рибосом уменьшился от 3,43 в контрольной группе до 0,11 в теменной коре ($p < 0,05$) и от 2,33 до 0,12 в гиппокампе ($p < 0,05$).

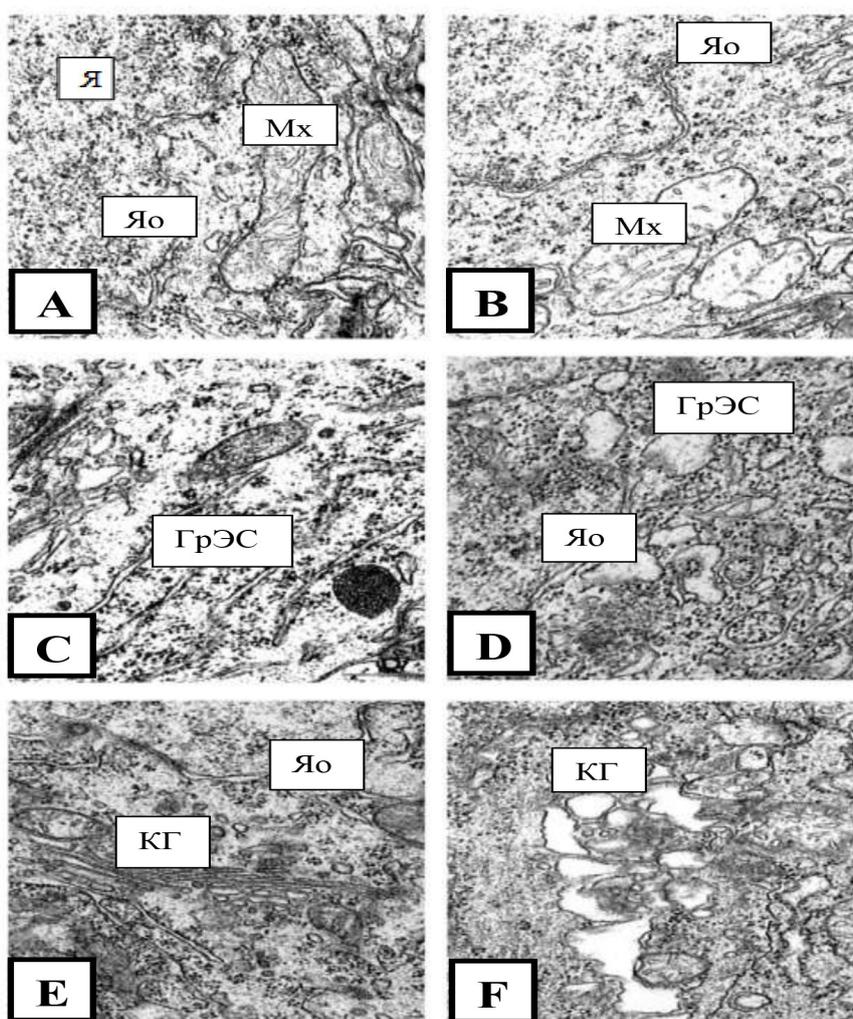
При 1-суточной ТИГМ количество свободных рибосом в цитоплазме нейронов теменной коры и гиппокампа по сравнению с показателями в группе «контроль» возросло на 72 % ($p < 0,05$) и на 58 % ($p < 0,05$), что не отличалось от изменений при ТИГМ продолжительностью 1 ч ($p > 0,05$). Коэффициент отношения количества связанных и свободных рибосом уменьшился от 3,4 в контрольной группе до 0,05 в теменной коре ($p < 0,05$) и от 2,33 до 0,05 в гиппокампе ($p < 0,05$).

Происходило значительное уменьшение плотности лизосом. При одночасовой ТИГМ в цитоплазме нейронов как теменной коры, так и гиппокампа наблюдались только единичные лизосомы ($p < 0,05$). При односуточной ТИГМ в обоих изучаемых отделах головного мозга лизосомы отсутствовали ($p < 0,05$).

Обсуждение полученных данных

Согласно данным литературы, при гипоксии головного мозга отмечаются изменения в митохондриях нейронов: набухание, разрушение их крист, неравномерное распределение в цитоплазме, что свидетельствует о нарушении энергетического обеспечения нейронов [1–4; 6]. К уменьшению количества митохондрий приводит деструкция наружной и внутренней мембран из-за нарушения проницаемости для катионов, что приводит к отеку и разрыву. Активное набухание митохондрий связано с работой цепи пе-

реноса электронов. Происходит расширение канальцев гранулярной и гладкой эндоплазматической сети, изменение их структуры, распад на мелкие гранулы, появление крупных вакуолей и петель [5–8]. Преобладают свободные рибосомы, образуя обширные скопления. Это является одним из проявлений формирующегося в клетке энергодифицита, т. к. фиксация рибосом к мембранам шероховатого эндоплазматического ретикулума при участии белка рибофорина, является энергозависимым процессом. В условиях ишемического воздействия нейрон сокращает экспорт белка и стремится направить его для внутренних потребностей. Дезорганизация гранулярной эндоплазматической сети приводит к накоплению вновь образованных белков в цитоплазме. По мере нарастания клеточной гипоксии и ацидоза усиливается денатурация белка [9].



A – Митохондрии нейронов теменной коры мозга крыс контрольной группы, B – Митохондрии нейронов теменной коры крыс с 1-часовой ТИГМ, C – Эндоплазматическая сеть нейронов теменной коры мозга крыс контрольной группы, D – Эндоплазматическая сеть нейронов теменной коры крыс с 1-часовой ТИГМ, E – Комплекс Гольджи нейронов пирамидного слоя поля СА1 гиппокампа крыс контрольной группы, F – Комплекс Гольджи нейронов пирамидного слоя поля СА1 гиппокампа крыс с 1-суточной ТИГМ. (Mx – митохондрии, Я – ядро, Яо – ядерная оболочка, ГрЭС – гранулярная эндоплазматическая сеть, СР – свободные рибосомы, КГ – комплекс Гольджи). (Увеличение: 50 000. Электроннограмма)

Рисунок – Изменение ультраструктур нейронов

Вследствие накопления воды отмечается расширение цистерн комплекса Гольджи и их частичная фрагментация [7; 10]. Возрастает среднее количество лизосом, увеличиваются их размеры. Отмечается выход в цитоплазму и активация гидролитических ферментов лизосом – катепсина, рибонуклеазы, кислой фосфатазы, дезоксирибонуклеазы, гиалуронидазы и других ферментов, что приводит к аутолизу [4; 5; 8; 9; 11].

Полученные данные соответствуют данным литературы, дополняя их особенностями развития дезорганизации органелл при тотальной ишемии.

Заключение

Таким образом, при тотальной ишемии головного мозга происходит дезорганизация органелл как в нейронах теменной коры, так и в нейронах гиппокампе, что является причиной глубоких нарушений энергопродукции и метаболизма.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hong, A. Mitochondrial quality control in acute ischemic stroke / A. Hong, Zh. Bing, J. Xunming // *J. Cereb. Blood Flow Metab.* – 2021. – Vol. 41, Nr 12. – P. 3157–3170. – DOI: 10.1177/0271678X211046992.
2. Nicholls, D. G. Mitochondria and neuronal survival / D. G. Nicholls, S. L. Budd // *Physiol. Rev.* – 2000. – Vol. 80, Nr 315. – P. 60. – DOI: 10.1152/physrev.2000.80.1.315.
3. Бонь, Е. И. Темные нейроны мозга / Е. И. Бонь, С. М. Зиматкин // *Морфология.* – 2017. – № 6. – С. 81–86. – DOI: 10.1007/s11055-018-0648-7.
4. Ultrastructural Changes of Neuronal Mitochondria After Transient and Permanent Cerebral Ischemia / Nina J. Solenski [et al.] // *Stroke.* – 2021. – Vol. 33, Nr 3. – P. 816–824. – DOI: 10.1161/hs0302.104541.
5. Mattson, M. P. Apoptotic and antiapoptotic mechanisms in stroke / M. P. Mattson, C. Clumsee, Z. F. Yu // *Cell Tissue Re.* – 2000. Vol. 301. – P. 173–87. – DOI: 10.1007/s004419900154.
6. Mitochondria as a therapeutic target for ischemic stroke / H. Zhi [et al.] // *Free Radic Biol. Med.* – 2020. – Vol. 146. – P. 45–58. – DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2019.11.005.
7. Neuronal ischemic injury: light microscopy, ultrastructure and biochemistry / J. H. Garcia [et al.] // *Acta Neuropathologica.* – 1978. – Vol. 43. – P. 15–24. – DOI: 10.1007/BF00685002.
8. Snider, B. J. Apoptosis and necrosis in cerebrovascular disease / B. J. Snider, F. J. Gottron, D. W. Choi // *Ann N Y Acad. Sci.* – 2004. – Vol. 893. – P. 243–253. – DOI: 10.1111/j.1749-6632.1999.tb07829.x.
9. Colbourne, F. Electron microscopic evidence against apoptosis as the mechanism of neuronal death in global ischemia / F. Colbourne, G. R. Sutherland, R. N. Auer // *J. Neurosci.* – 1999. – Vol. 19. – P. 4200–4210. – DOI: 10.1523/JNEUROSCI.19-11-04200.1999.
10. Беленичев, И. Ф. Нейропротекция и нейропластичность : монография / И. Ф. Беленичев. – Киев : Полиграф плюс, 2014. – 512 с. – DOI: 10.1038/s42003-019-0521-4.
11. Zimatkin, S. M. Maternal alcohol intake induces dramatic ultrastructural changes in offspring brain cortex neurons / S. M. Zimatkin, E. I. Bon // *Brain and Nerves.* – 2017. – Vol. 1. – P. 1–4. – DOI: 10.15761/JBN.1000105.

REFERENCES

1. Hong, A. Mitochondrial quality control in acute ischemic stroke / A. Hong, Zh. Bing, J. Xunming // *J. Cereb. Blood Flow Metab.* – 2021. – Vol. 41, nr 12. – P. 3157–3170. – DOI: 10.1177/0271678X211046992.
2. Nicholls, D. G. Mitochondria and neuronal survival / D. G. Nicholls, S. L. Budd // *Physiol. Rev.* – 2000. – Vol. 80, nr 315. – P. 60. – DOI: 10.1152/physrev.2000.80.1.315.
3. Bon', Ye. I. Tiomnyje nejrony mozga / Ye. I. Bon', S. M. Zimatkin // *Morfologija.* – 2017. – № 6. – S. 81–86. – DOI: 10.1007/s11055-018-0648-7.
4. Ultrastructural Changes of Neuronal Mitochondria After Transient and Permanent Cerebral Ischemia / Nina J. Solenski [et al.] // *Stroke.* – 2021. – Vol. 33, nr 3. – P. 816–824. – DOI: 10.1161/hs0302.104541.
5. Mattson, M. P. Apoptotic and antiapoptotic mechanisms in stroke / M. P. Mattson, C. Clumsee, Z. F. Yu // *Cell Tissue Re.* – 2000. Vol. 301. – P. 173–87. – DOI: 10.1007/s004419900154.
6. Mitochondria as a therapeutic target for ischemic stroke / H. Zhi [et al.] // *Free Radic Biol. Med.* – 2020. – Vol. 146. – P. 45–58. – DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2019.11.005.
7. Neuronal ischemic injury: light microscopy, ultrastructure and biochemistry / J. H. Garcia [et al.] // *Acta Neuropathologica.* – 1978. – Vol. 43. – P. 15–24. – DOI: 10.1007/BF00685002.
8. Snider, B. J. Apoptosis and necrosis in cerebrovascular disease / B. J. Snider, F. J. Gottron, D. W. Choi // *Ann N Y Acad. Sci.* – 2004. – Vol. 893. – P. 243–253. – DOI: 10.1111/j.1749-6632.1999.tb07829.x.
9. Colbourne, F. Electron microscopic evidence against apoptosis as the mechanism of neuronal death in global ischemia / F. Colbourne, G. R. Sutherland, R. N. Auer // *J. Neurosci.* – 1999. – Vol. 19. – P. 4200–4210. – DOI: 10.1523/JNEUROSCI.19-11-04200.1999.
10. Bielienichiev, I. F. Niejroprotekcija i nejroplastichnost' : monografija / I. F. Bielienichiev. – Kijev : Poligraf Plius, 2014. – 512 s. – DOI: 10.1038/s42003-019-0521-4.
11. Zimatkin, S. M. Maternal alcohol intake induces dramatic ultrastructural changes in offspring brain cortex neurons / S. M. Zimatkin, E. I. Bon // *Brain and Nerves.* – 2017. – Vol. 1. – P. 1–4. – DOI: 10.15761/JBN.1000105.

Рукапіс наступїў у рэдакцыю 16.12.2023

УДК 630*116:550.4:550.83.093:574.2(476.7)

Екатерина Ивановна Ильютчик¹, Наталия Михайловна Матусевич²

¹магистрант факультета естествознания

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

²канд. биол. наук, доц., доц. каф. ботаники и экологии

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

Ekaterina Ilyutchik¹, Natalia Matusevich²

¹Master's Student of the Faculty of Natural Sciences

of Brest State A. S. Pushkin University

²PhD in Biological Sciences, Associate Professor,

Associate Professor of the Department of Botany and Ecology

of Brest State A. S. Pushkin University

e-mail: NMMatusevich@yandex.ru

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В АРЕАЛЕ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ АНОМАЛИИ «ЗЕЛЕНЬ БОР» ИВАЦЕВИЧСКОГО РАЙОНА МЕТОДОМ АЛЬГОИНДИКАЦИИ

Изучен состав почвенных водорослей в ареале геохимической аномалии «Зеленый Бор» (Ивацевичский район) юго-восточного и северо-восточного направления трансекты, выявлен спектр их жизненных форм. Обнаружено 16 родов водорослей, относящихся к 4 отделам, 8 классам, 12 порядкам. Спектр жизненных форм почвенных водорослей юго-восточного направления представлен в следующей формуле: $Ch_3H_3B_2C_1$. Спектр жизненных форм почвенных водорослей северо-восточного направления представлен в следующей формуле: $Ch_4C_4H_3B_3$.

Ключевые слова: почвенные водоросли, состояние почвы, альгоиндикация, спектр жизненных форм, геохимическая аномалия «Зеленый Бор».

Assessment of the Soil Condition in the Area of the Geochemical Anomaly «Zeleny Bor» of the Ivatsevichi District by the Method of Algoindication

The composition of soil algae in the area of the geochemical anomaly «Zeleny Bor» (Ivatsevichi district) of the south-eastern and north-eastern transects was studied, the spectrum of their life forms was revealed. 16 genera of algae belonging to 4 division, 8 classes, 12 orders were found. The spectrum of life forms of soil algae of the south-eastern direction is presented in the following formula: $Ch_3H_3B_2C_1$. The spectrum of life forms of soil algae of the north-eastern direction is presented in the following formula: $Ch_4C_4H_3B_3$.

Key words: soil algae, soil condition, spectrum of the life forms, geochemical anomaly «Zeleny Bor».

Введение

В настоящее время возрастает интерес к методам биодиагностики состояния сред, среди которых особое место занимает почва – главный биохимический барьер на пути миграции загрязнителей в сопредельные среды. Использование микроорганизмов для биодиагностики загрязненных почв является перспективным направлением исследований.

Почвенные водоросли составляют неотъемлемую часть эдафона, имеют многочисленные трофические и топические связи, участвуют в почвообразовательном процессе, обладают специфической чувствительностью к различным видам антропогенного воздействия и быстрой ответной реакцией на изменение экологической ситуации [1; 2]. В связи с этим почвенные водоросли как объекты биодиагностики представляют значительный научный и практический интерес, но реакция почвенного альгоцианобактериального сообщества на загрязнение соединениями потенциально токсичных элементов изучена недостаточно. Кроме того, в приоритетном списке загрязнителей почвы одно из первых мест занимает свинец вследствие широкого использования, высокой токсичности и способности к аккумуляции в цепях питания живых организмов [3; 4].

В связи с этим интерес вызывает развитие почвенной биоты в местах геохимических аномалий, таких как «Зеленый Бор» Ивацевичского района. Выявление закономерностей в жизнедеятельности водорослей в конкретных условиях среды может позволить проводить аналитическую оценку биологического состояния почв.

Целью исследования является установление состава почвенных водорослей и оценка состояния почв в ареале геохимической аномалии «Зеленый Бор» Ивацевичского района методом альгоиндикации.

Материалы и методы

Исследуемая территория расположена в Ивацевичском районе Брестской области в 8,5 км к юго-западу от г. Ивацевичи, в 0,6 км к северо-востоку от поселка Зеленый Бор и в 2,2 км к юго-востоку от железнодорожной станции Нехачево. Территория промышленной площадки, где в 2015–2018 гг. несанкционированно размещалась зола свинцовая (изгарь) на протяжении длительного времени принадлежала АБЗ «Нехачево» ОАО «ДСТ № 4 г. Брест». В последние 5 лет собственник площадки неоднократно менялся. В геоботаническом отношении эта зона принадлежит к подзоне грабово-дубово-темнохвойных лесов Неманско-Предполесского округа Западно-Предполесского геоботанического района. Подзона грабово-дубово-темнохвойных лесов занимает центральную часть территории Беларуси; расположена между северной границей ареала граба и южной – сплошного распространения ели. Данная подзона является переходной между темнохвойными и широколиственными лесами и представляет собой арену активного взаимопроникновения бореальных и неморальных фитоценозов, что, в свою очередь, обуславливает повышенное разнообразие растительных сообществ и их высокую флористическую насыщенность. В геоморфологическом отношении подзона включает западную часть Белорусской гряды и приледниковые равнины, включая Прибужскую. Рассматриваемая территория при движении к югу постепенно переходит в Полесскую изменчивость. Западная часть подзоны лежит в бассейне Немана и Западного Буга, восточная – левых притоков Припяти [5]. Климат умеренно теплый и умеренно влажный. Средняя годовая температура – около $+6,5^{\circ}\text{C}$, среднегодовое количество осадков – около 595 мм. Преобладающие почвы – дерново-подзолистые, развивающиеся на водно-ледниковых песках и супесях; в меньшей степени представлены торфяно-болотные почвы. Как следует из метеорологических наблюдений, в теплый период года в локации доминируют воздушные потоки северо-западного и западного направлений. Открытая территория промплощадки способствовала сносу пылевых частиц с поверхности складированных отходов западными, юго-западными и северо-западными ветрами, в меньшей степени – северными, восточными и южными, что и послужило основным фактором формирования пространственного рисунка ареалов загрязнения лесного массива с вектором направления в сторону востока и юго-востока.

Согласно отчету о НИР «Особенности распределения и миграции тяжелых металлов в почвах и растительных объектах экосистем в ареале площадки складирования свинецсодержащих отходов (пос. Зеленый Бор Ивацевичского района) с разработкой рекомендаций по минимизации экологических рисков», выполненной в ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси», место исследования является одним из наиболее существенных экологических инцидентов последних лет на территории Брестской области – химическое загрязнение территории в районе поселка Зеленый Бор (Ивацевичский район) в ареале несанкционированного складирования золы свинцовой – одного из свинецсодержащих отходов, образующихся на ООО «Белинвестторг-Сплав» (г. Белоозерск) при рециклинге отработанных аккумуляторных батарей и производстве марочного свинца и сплавов (порядка 10 тыс. т в год). Объем складированных отходов ориентировочно оценивался в 10–12 тыс. т. За время хранения отходов (около 3-х лет)

произошло существенное загрязнение тяжелыми металлами почвогрунтов как самой площадки размещения отходов, так и прилегающей лесопокрытой территории.

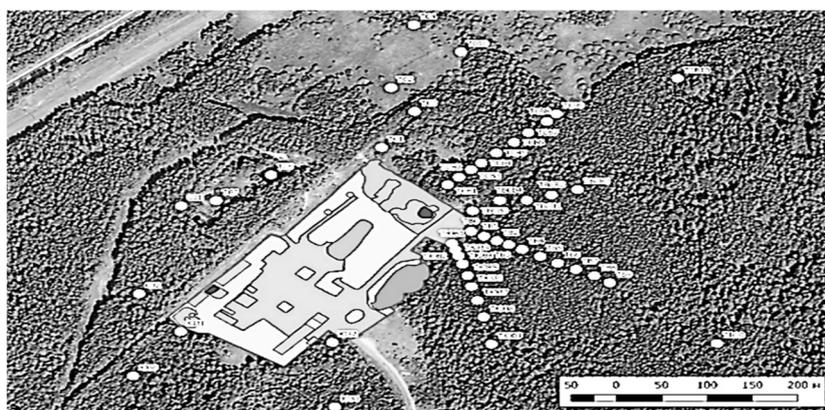
На основании результатов, полученных в ходе обследования местности, были сделаны следующие выводы:

1) особое внимание необходимо уделить изучению загрязнения местности соединениями свинца в северо-восточном, юго-восточном направлении, поскольку пыль с поверхности складированных насыпью отходов на площадке хранения преимущественно сносилась ветром в этих направлениях по розе ветров;

2) возможный масштаб распространения пылевого загрязнения в западном направлении оценивается как незначительный, учитывая небольшие (до 5 %) объемы хранившихся в полузахороненном состоянии свинецсодержащих отходов на северо-западном углу промплощадки;

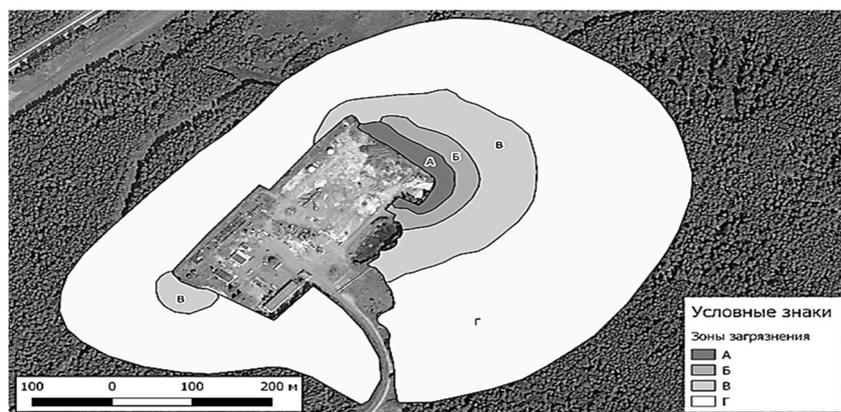
3) в локации установлена высокая неоднородность растительного покрова с выявлением более 20 типов биоценозов. Участки с развитым древостоем чередуются с открытыми местоположениями (разнотравно-осоковое низинное болото в северо-восточном секторе лесного массива) и участками с молодой лесной порослью, кустарниковой растительностью. Характер растительного покрова и микрорельеф местности оказали существенное влияние на проникновение воздушно-пылевого загрязнения в глубь лесного массива, в той или иной степени действуя как естественные преграды для переноса свинецсодержащей пыли.

Основываясь на этих данных, сформировано несколько трансект по основным направлениям розы ветров с целью отбора образцов почв и растений, последующих лабораторных испытаний и установления масштабов загрязнения лесного массива тяжелыми металлами. На каждой трансекте размещено 10 и более пробных площадок (ПП), на максимальном удалении до 350 м и более от торца промплощадки (рисунок 1). Это позволило провести анализ пространственного распределения загрязнения почв металлами по градиенту загрязнения; критерием загрязненности служило превышение уровня содержания тяжелых металлов в почвенном покрове в сравнении с ПДК.



**Рисунок 1 – Схема размещения ПП
в зоне потенциального загрязнения вокруг промплощадки**

По результатам исследования особенностей пространственного распределения пылевых выбросов было произведено зонирование территории прилегающего к промплощадке лесного массива по степени загрязнения верхних горизонтов почвенного покрова (рисунок 2).



Рисунек 2 – Зонирование территории прилегающей к промплощадке лесного массива по степени загрязнения верхних горизонтов почвенного покрова

А. Зона очень высокого загрязнения, 0,54 га. На удалении 0–25–35 м от торца площадки хранения отходов в восток-северо-восточном, восточном, юго-восточном и южном направлениях. Валовое содержание свинца в подстилке: от 7 935 мг/кг до 1 600 мг/кг.

Б. Зона высокого загрязнения, 0,74 га. На удалении в интервале 30–60 м от торца площадки хранения отходов в восток-северо-восточном, восточном, юго-восточном и южном направлениях. Содержание свинца: от 1 600 мг/кг до 640 мг/кг.

В. Зона среднего загрязнения, 3,45 га. На удалении в интервале 60–150 м от торца площадки хранения отходов в восток-северо-восточном, восточном, юго-восточном и южном направлениях; участок на удалении 0–30 м в юго-западном направлении от двух емкостей для хранения нефтепродуктов; участок на удалении 0–30 м на северо-восточном углу площадки для складирования отходов. Содержание свинца: от 640 мг/кг до 160 мг/кг.

Г. Зона слабого загрязнения, оценочно 25–35 га. На удалении в интервале 150–250–300 м от торца площадки хранения отходов в восток-северо-восточном, восточном, юго-восточном и южном направлениях; участок леса на удалении в интервале 50–100 м в юго-западном направлении от двух емкостей для хранения нефтепродуктов; участок леса в северном направлении вдоль железнодорожной насыпи на удалении до 60–70 м; участок леса возле проходной и вдоль подъездной дороги (200–300 м вдоль дороги по направлению к пос. Зеленый Бор). Содержание свинца снижается по мере удаления: от 160 мг/кг до значений ниже ПДК для почв (32 мг/кг) [6].

ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси» на вышеуказанной территории организован научный стационар экологического мониторинга и заложены постоянные пробные площадки для долгосрочных наблюдений и отбора почвенных и растительных образцов в границах зон очень высокого и высокого загрязнений.

Отбор образцов почвы для последующего лабораторного анализа проводился по ГОСТ 17.4.4.02-2017 [7]. При выяснении особенностей пространственного загрязнения территории образцы отбирали из слоя подстилок и горизонта А₁ до глубины 10 см в пяти местах (методом конверта) и составляли смешанный образец.

Выявление таксономического состава производили при помощи метода прямого микроскопирования – непосредственного просмотра небольших порций почвы под микроскопом, препарат в капле воды дает представление о доминирующих видах [8; 9]. Располагая индексы жизненных форм в порядке убывания числа видов, получили спектр жизненных форм по Штиной и Голлербаху [10].

Результаты и их обсуждение

В почвах с целостным растительным покровом, загрязненных тяжелыми металлами, обнаружено 16 родов водорослей, относящихся к 4 отделам, 8 классам, 12 порядкам [11]. Для двух направлений можно выделить специфические роды. Так, только в юго-восточном направлении обнаружены роды *Palmella* Lyngb, *Coccomyxa* Schmidle. Роды *Nitzschia* Hass., *Pandorina* Bory, *Mesotaenium* Näg., *Elakatothrix* Wille выявлены только в северо-восточном направлении исследуемой трансекты. Распределение почвенных водорослей по экобиоморфам, или жизненным формам, характеризует экологические особенности водорослей независимо от их систематической принадлежности. Располагая индексы жизненных форм в порядке убывания числа видов, выявили спектры жизненных форм.

На шести пробных площадях юго-восточного направления трансекты было выявлено и определено 11 родов водорослей (таблица 1).

Таблица 1 – Почвенные водоросли юго-восточного направления

Отдел	Класс	Порядок	Род	Жизненная форма
<i>Cyanophyta</i>	<i>Chroococcophyceae</i>	<i>Chroococcales</i>	<i>Gloeocapsa</i> (Kütz.) Hollerb. Em.	<i>Ch</i>
	<i>Hormogoniophyceae</i>	<i>Oscillatoriales</i>	<i>Oscillatoria</i> Vauch.	<i>Ch</i>
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Pennatophyceae</i>	<i>Araphales</i>	<i>Fragilaria</i> Lyngb.	<i>B</i>
		<i>Raphales</i>	<i>Navicula</i> Bory	<i>B</i>
<i>Xanthophyta</i>	<i>Xanthotrichophyceae</i>	<i>Tribonematales</i>	<i>Tribonema</i> Derbes et Solier	<i>H</i>
<i>Chlorophyta</i>	<i>Volvocophyceae</i>	<i>Chlamydomonadales</i>	<i>Chlamydomonas</i> Ehr.	<i>C</i>
	<i>Protococcolophyceae</i>	<i>Chlorococcales</i>	<i>Chlorella</i> Beyer.	<i>H</i>
			<i>Palmella</i> Lyngb.	<i>Ch</i>
			<i>Coccomyxa</i> Schmidle.	<i>Ch</i>
	<i>Ulothrichophyceae</i>	<i>Chaetophorales</i>	<i>Pleurococcus</i> Menegh.	<i>H</i>
<i>Ulothrichales</i>		<i>Elakatothrix</i> Wille	<i>Ch</i>	

Спектр жизненных форм альгофлоры юго-восточного направления представляет собой сочетание четырех экобиоморф. Исходя из формулы $Ch_5H_3B_2C_1$ заметно преобладание *Ch*-биоморфы. Это пять представителей из отделов *Cyanophyta* и *Chlorophyta*. *Ch*-форма – это одноклеточные, образующие колонии водоросли, обитающие в подстилке и поверхностном слое почвы. Для них характерна стадия цисты для перенесения неблагоприятных условий, в т. ч. засухи, засоления и перенасыщения почвы потенциально токсичными элементами. Представители биоморфы *H* из отдела *Chlorophyta* и *Xanthophyta* живут рассеянными среди почвенных частиц колониями, относительно устойчивы к неблагоприятным условиям. *B*- и *C*-водоросли, располагающиеся в самых верхних частях почвы, – диатомовые и зеленые водоросли. Как правило, они образуют достаточное количество слизи и существуют в ней, либо поселяются в слизистых чехлах других водорослей.

На шести пробных площадях северо-восточного направления трансекты было выявлено и определено 14 родов водорослей (таблица 2).

Таблица 2 – Почвенные водоросли северо-восточного направления

Отдел	Класс	Порядок	Род	Жизненная форма
<i>Cyanophyta</i>	<i>Chroococcophyceae</i>	<i>Chroococcales</i>	<i>Gloeocapsa</i> (Kütz.) Hollerb. Em.	<i>Ch</i>
	<i>Hormogoniophyceae</i>	<i>Ocsillatoriales</i>	<i>Ocsillatoria</i> Vauch.	<i>Ch</i>
<i>Bacillario-phyta</i>	<i>Pennatophyceae</i>	<i>Araphales</i>	<i>Fragilaria</i> Lyngb.	<i>B</i>
		<i>Raphales</i>	<i>Navicula</i> Bory	<i>B</i>
			<i>Nitzschia</i> Hass.	<i>B</i>
<i>Xanthophyta</i>	<i>Xanthotrichophyceae</i>	<i>Tribonematales</i>	<i>Tribonema</i> Derbes et Solier	<i>H</i>
<i>Chloro-phyta</i>	<i>Volvocophyceae</i>	<i>Chlamydomonadales</i>	<i>Chlamydomonas</i> Ehr.	<i>C</i>
		<i>Volvocales</i>	<i>Pandorina</i> Bory	<i>C</i>
	<i>Protococcophyceae</i>	<i>Chlorococcales</i>	<i>Chlorella</i> Beyer.	<i>H</i>
	<i>Conjugatophyceae</i>	<i>Desmidiiales</i>	<i>Closterium</i> Nitzsch.	<i>C</i>
		<i>Mesotaeniales</i>	<i>Mesotaenium</i> Näg.	<i>C</i>
	<i>Ulothrichophyceae</i>	<i>Chaetophorales</i>	<i>Pleurococcus</i> Menegh.	<i>H</i>
		<i>Ulothrichales</i>	<i>Elakatothrix</i> Wille	<i>Ch</i>
			<i>Chlorhormidium</i> Fott	<i>Ch</i>

Спектр жизненных форм эдафотфильных водорослей на северо-восточном направлении представлен четырьмя биоморфами и описывается формулой Ch4C4.H3B3. Благодаря специфическим видам формула меняется в сторону увеличения С-форм водорослей, что свидетельствует о достаточном количестве доступной для живых организмов влаги.

В техногенно преобразованных экотопах ареала геохимической аномалии «Зеленый бор» выявлены разнообразные альгогруппировки, отличающиеся от таковых ненарушенных почв. Кроме того, для данного участка исследования характерно линейное увеличение разнообразия почвенных водорослей по мере удаления от источника загрязнения (рисунок 3). Реакция водорослей на загрязнение в условиях целостного и нарушенного почвенно-растительного покрова различна.

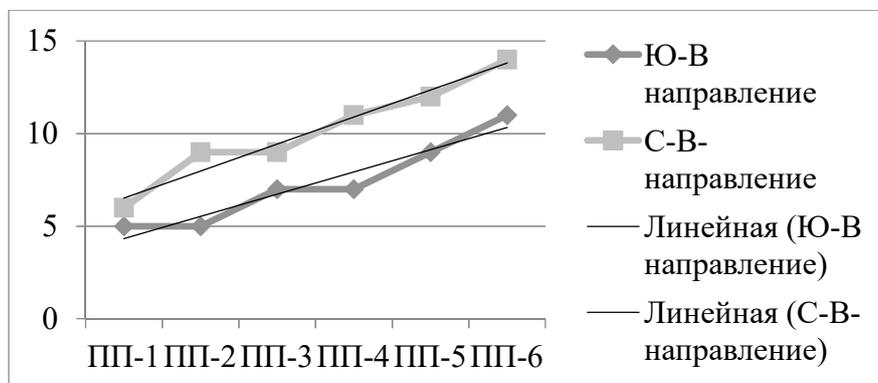


Рисунок 3 – Увеличение разнообразия почвенных водорослей по мере удаления от источника загрязнения

Заключение

В результате проведенного исследования уточнена таксономическая структура почвенных водорослей ареала геохимической аномалии «Зеленый Бор» (Ивацевичский район). Обнаружено и определено 16 родов, относящихся к 4 отделам, 8 классам, 12 порядкам. Наиболее многочисленным по числу родов оказался отдел *Chlorophyta*, который включает 10 родов, *Bacillariophyta* – 3 рода, *Cyanophyta* – 2 рода, *Xanthophyta* – 1 род. В юго-восточном направлении трансекты было обнаружено 11 родов, в северо-восточном направлении – 14 родов. Для двух направлений можно выделить специфические роды. Так, только в юго-восточном направлении обнаружены роды *Palmella* Lyngb, *Coccomyxa* Schmidle. Роды *Nitzschia* Hass., *Pandorina* Bory, *Mesotaenium* Näg., *Elakatothrix* Wille выявлены только в северо-восточном направлении исследуемой трансекты.

Установлена экологическая структура и определены спектры жизненных форм почвенных водорослей. Спектр жизненных форм почвенных водорослей юго-восточного направления – $Ch_5H_3B_2C_1$. Спектр жизненных форм почвенных водорослей северо-восточного направления – $Ch_4C_4H_3B_3$. Доминирование Ch-формы объясняется тем, что ее составляют виды, способные вызывать «цветение почвы», отличающиеся исключительной выносливостью к различным экстремальным условиям, а также чрезвычайной конкурентоспособностью.

Из шести пробных площадок в юго-восточном направлении трансекты было установлено, что две из них относятся к очень высокозагрязненным, две – к высокозагрязненным, две – к среднезагрязненным почвам. В северо-восточном направлении трансекты из шести пробных площадок одна относится к очень высокозагрязненным, две – к высокозагрязненным и три – к среднезагрязненным.

Присутствие свинцового загрязнения обуславливает господство приспособленных к перенесению неблагоприятных условий среды широко распространенных видов-убииквистов из отдела Зеленые водоросли, характерных для ненарушенных торфяных почв. Диатомовые исчезают практически полностью, желто-зеленые представлены одним видом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доценко, К. А. Почвенные водоросли в агроценозах : монография / К. А. Доценко. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – 109 с.
2. Кабиров, Р. Р. Роль почвенных водорослей в антропогенных экосистемах / Р. Р. Кабиров // Фундам. исслед. – 2004. – № 6. – С. 22–24.
3. Зенова, Г. М. Почвенные водоросли / Г. М. Зенова, Э. А. Штина. – М. : МГУ, 1990. – 80 с.
4. Водяницкий, Ю. Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами / Ю. Н. Водяницкий // Почвоведение. – 2010. – № 10. – С. 1276–1280.
5. Кулаковская, Т. Н. Почвы Белорусской ССР / Т. Н. Кулаковская ; под ред. Т. Н. Кулаковской. – Минск : Ураджай, 1974. – 328 с.
6. Особенности распределения и миграции тяжелых металлов в почвах и растительных объектах экосистем в ареале площадки складирования свинецсодержащих отходов (пос. Зеленый Бор Ивацевичского района) с разработкой рекомендаций по минимизации экологических рисков : отчет о НИР (заключ.) / Полес. аграр.-экол. ин-т НАН Беларуси ; рук. темы Н. В. Михальчук. – Брест, 2021. – 140 с. – № ГР 20200201.

7. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки почв для химического, бактериологического, гельминтологического анализа : ГОСТ 17.4.4.02-2017. – Введ. в действие Приказом Росстандарта от 17.04.2018 № 202-ст.

8. Кузяхметов, Г. Г. Методы изучения почвенных водорослей : учеб. пособие / Г. Г. Кузяхметов, И. Е. Дубовик. – Уфа : Башкир. ун-т, 2001. – 60 с.

9. Стрельская, О. Я. Низшие растения. Систематика : учеб. пособие для пед. ин-тов по биол. и геогр. спец. / О. Я. Стрельская. – Минск : Выш. шк., 1985. – 240 с.

10. Штина, Э. А. Экология почвенных водорослей / Э. А. Штина, М. М. Голлербах. – М. : Наука, 1976. – 143 с.

11. Михеева, Т. М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог / Т. М. Михеева. – Минск : БГУ, 1999. – 396 с.

REFERENCES

1. Docenko, K. A. Pochviennyje vodorosli v agrocenozakh : monografija / K. A. Docenko. – Krasnodar : KubGAU, 2017. – 109 s.

2. Kabirov, R. R. Rol' pochviennykh vodoroslej v antropogennykh ekosistimakh / R. R. Kabirov // Fundam. issled. – 2004. – № 6. – S. 22–24.

3. Zienova, G. M. Pochviennyje vodorosli / G. M. Zienova, E. A. Shtina. – M. : MGU, 1990. – 80 s.

4. Vodianickij, Yu. N. Formuly ocenki summarnogo zagriaznienija pochv tiazholymi mietallami i mietalloidami / Yu. N. Vodianickij // Pochvoviedienije. – 2010. – № 10. – S. 1276–1280.

5. Kulakovskaja, T. N. Pochvy Bieloruskoj SSR / T. N. Kulakovskaia ; pod red. T. N. Kulakovskoj. – Minsk : Uradzhaj, 1974. – 328 s.

6. Osobiennosti raspriedielienija i migracii tiazholych mietallov v pochvakh i rastitel'nykh objektakh ekosistem v ariealie ploshchadki skladirovanija svinecsodierzhashchikh otkhodov (pos. Zielionyj Bor Ivacevichskogo rajona) s razrabotkoj riekomiendacij po minimizacii ekologichieskich riskov : otchet o NIR (zakliuch.) / Polies. agrar.-ekol. in-t NAN Bielarusi ; ruk. tiemy N. V. Mikhal'chuk. – Brest, 2021. – 140 s. – № GR 20200201.

7. Miezghosudarstviennyj standart. Okhrana prirody. Pochvy. Mietody otbora i podgotovki pochv dlia khimichieskogo, bakteriologichieskogo, giel'mintologichieskogo analiza : GOST 17.4.4.02-2017. – Vvied. v diejstvije Prikazom Rosstandarta ot 17.04.2018 № 202-st.

8. Kuziakhmietov, G. G. Mietody izuchienija pochviennykh vodoroslej : uchieb. posobie / G. G. Kuziakhmietov, I. Ye. Dubovik. – Ufa : Bashkir. un-t, 2001. – 60 s.

9. Striel'skaja, O. Ya. Nizshije rastienija. Sistiematika : uchieb posobije dlia pied. in.-tov po biol. i gieogr. spiec. / O. Ya. Striel'skaja. – Minsk : Vysh. shk., 1985. – 240 s.

10. Shtina, E. A. Ekologija pochviennykh vodoroslej / E. A. Shtina, M. M. Gollierbakh. – M. : Nauka, 1976. – 143 s.

11. Mikhiejeva, T. M. Al'goflora Bielarusi. Taksonomichieskij katalog / T. M. Mikhiejeva. – Minsk : BGU, 1999. – 396 s.

Рукапіс наступіў у рэдакцыю 16.01.2023

УДК 577.175.1: 57.085

Виктор Викторович Коваленко
ст. преподаватель каф. химии
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
Viktar Kavalenka
Senior Lecturer of the Department of Chemistry
of Brest State A. S. Pushkin University
e-mail: kvv0407@rambler.ru

**ПРОТЕКТОРНАЯ АКТИВНОСТЬ 24-ЭПИКАСТАСТЕРОНА
И ТЕТРАИНДОЛИЛАЦЕТАТА 24-ЭПИКАСТАСТЕРОНА
В ОТНОШЕНИИ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ИОНОВ СВИНЦА
НА КУЛЬТУРЕ ТИМОФЕЕВКИ ЛУГОВОЙ (*PHLEUM PRATENSE* L.)***

Изучено влияние 24-эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона на морфометрические и физиолого-биохимические параметры тимофеевки луговой, подвергшейся токсическому действию ионов свинца. Отмечается, что растения, которые подверглись токсическому действию ионов свинца и прошли предпосевную обработку 24-эпикастастероном и тетраиндолилацетатом 24-эпикастастероном, по сравнению с растениями, которые подверглись действию ионов свинца, но не обрабатывались стероидными соединениями, демонстрируют некоторые изменения физиолого-биохимического статуса. Установлено, что токсическое действие ионов свинца в определенной степени может быть минимизировано предпосевной обработкой 24-эпикастастероном и тетраиндолилацетатом 24-эпикастастерона.

Ключевые слова: тимофеевка луговая, энергия прорастания, всхожесть, brassinosterоиды, 24-эпикастастерон, конъюгаты 24-эпикастастерона, хлорофилл, каротиноиды, каталаза.

***Protective Activity of 24-Epicasterone and Tetra-Indolylacetate of 24-Epicasterone
in Relation to the Toxic Effect of Lead Ions on the Culture of Timothy (*Phleum Pratense* L.)***

The effect of 24-epicasterone and tetraindolyl acetate of 24-epicasterone on morphometric and physiological and biochemical parameters of Timothy exposed to the toxic effects of lead ions was studied. It was noted that plants that had been exposed to the toxic effects of lead ions and had undergone pre-sowing treatment with 24-epicasterone and tetraindolyl acetate of 24-epicasterone, compared with plants that had been exposed to lead ions, but not treated with steroid compounds, showed some changes in the physiological and biochemical status. It was found that the toxic effect of lead ions to a certain extent can be minimized by pre-sowing treatment with 24-epicasterone and tetraindolyl acetate of 24-epicasterone.

Keywords: Timothy, germination energy, germination, brassinosterоids, 24-epitesterone, conjugates of 24-epicasterone, chlorophyll, carotenoids, catalase.

Введение

Браassinosterоиды (БС) являются фитогормонами, которые участвуют в регуляции практически всех физиологических функций [1]. В основе их действия лежит стимуляция естественных защитных сил растительного организма, повышение фотосинтетической и анаболической активности, улучшение приспособительных реакций и иммунного статуса [2].

В лаборатории химии стероидов Института биоорганической химии НАН Беларуси синтезированы конъюгаты БС с кислотами. Имеются данные о рострегулирующей, стресс-протекторной и антиоксидантной их активности [3; 4].

*Работа выполнена в рамках НИР «Оценка влияния природных brassinosterоидов и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельскохозяйственных и декоративных растений» подпрограммы 2.3 «Химические основы процессов жизнедеятельности» (Биоорхимия) ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия» на 2021–2025 гг.

Нами исследовано влияние 24-эпикастастерона (ЭК), а также 2-моносалицилата 24-эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона (S31) на морфометрические и физиолого-биохимические параметры тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.) [5]. Показано, что ЭК в концентрации 10^{-8} М и S31 в концентрации 10^{-9} М оказывают ростстимулирующее действие в отношении растений тимофеевки луговой сорта Воля.

Целью данного этапа исследования является изучение протекторной активности ЭК и S31 в отношении токсического действия ионов свинца на растения тимофеевки луговой.

Материал и методы исследования

В первой серии экспериментов было изучено влияние различных концентраций ионов свинца на показатели энергии прорастания, всхожести, длины корня и длины побега проростков тимофеевки луговой. Предпосевное замачивание семян осуществляли в растворах нитрата свинца с концентрацией от 10^{-6} М до 10^{-2} М. Проращивание семян проводилось в соответствии с ГОСТ 12038–84 [6]. Энергия прорастания определялась на 4-е сутки, всхожесть – на 8-е сутки. На 8-е сутки также определялась длина корня и длина побега проростков тимофеевки.

Во второй серии экспериментов было изучено протекторное действие ЭК и S31 в отношении токсического действия ионов свинца (в концентрации 10^{-3} М) на растения тимофеевки луговой.

Были использованы следующие варианты опыта:

- 1) дистиллированная вода (контроль);
- 2) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (10^{-3} М);
- 3) ЭК (10^{-8} М);
- 4) S31 (10^{-9} М);
- 5) ЭК (10^{-8} М) + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (10^{-3} М);
- 6) S31 (10^{-9} М) + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (10^{-3} М).

При предпосевной обработке семена замачивали в растворах стероидных соединений либо в дистиллированной воде, проращивали в соответствии с ГОСТ 12038–84 и поливали водой либо 10^{-3} М раствором нитрата свинца. Энергия прорастания определялась на 4-е сутки, всхожесть – на 8-е сутки. На 8-е сутки также определялась длина корня и длина побега проростков тимофеевки.

В третьей серии экспериментов было изучено протекторное действие ЭК и S31 в отношении токсического действия ионов свинца (в концентрации 10^{-3} М) на растения тимофеевки луговой в ходе вегетационного лабораторного эксперимента. Были использованы следующие варианты опыта:

- 1) дистиллированная вода (контроль);
- 2) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (10^{-3} М);
- 3) ЭК (10^{-8} М);
- 4) S31 (10^{-9} М);
- 5) ЭК (10^{-8} М) + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (10^{-3} М);
- 6) S31 (10^{-9} М) + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (10^{-3} М).

При предпосевной обработке семена замачивали в растворах стероидных соединений либо в дистиллированной воде, далее высаживали в пластиковые контейнеры с универсальным почвогрунтом и выращивали в лабораторных условиях в течение 2 недель. В зависимости от варианта опыта растения поливали водой либо 10^{-3} М раствором нитрата свинца. На 8-е сутки эксперимента определяли всхожесть семян, длину корня и длину побега проростков, сырую массу побегов. Сухую массу побегов определяли после высушивания при комнатной температуре в течение 2 недель. На 14-е

сутки эксперимента определяли содержание фотосинтетических пигментов спектрофотометрическим методом [7; 8] и активность каталазы методом М. А. Корольюк [9].

Статистическую обработку результатов проводили в соответствии с общепринятыми методиками биологической статистики согласно П. Ф. Рокицкому [10] с использованием программы Microsoft Excel. Установление достоверности различий от контроля проводили нахождением t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Влияние различных концентраций ионов свинца на растения тимофеевки луговой. Воздействие ионов свинца в концентрации 10^{-2} М вызывало в эксперименте гибель растений. Статистически достоверное токсическое действие ионов свинца в отношении растений тимофеевки луговой отмечается в вариантах опыта с концентрацией ионов свинца 10^{-4} М и 10^{-3} М (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние различных концентраций ионов свинца на растения тимофеевки луговой в лабораторном эксперименте

Вариант опыта	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина корня, мм	Длина побега, мм
Контроль	$50 \pm 2,5$	$77 \pm 2,1$	$16,86 \pm 0,81$	$25,55 \pm 0,59$
$Pb^{2+} 10^{-6}$ М	$46 \pm 2,5$	$73 \pm 2,2$	$16,18 \pm 0,82$	$27,45 \pm 0,63$
$Pb^{2+} 10^{-5}$ М	$49 \pm 2,5$	$77 \pm 2,1$	$17,54 \pm 0,82$	$26,97 \pm 0,69$
$Pb^{2+} 10^{-4}$ М	$38 \pm 2,4^{***}$	$70 \pm 2,3^*$	$12,46 \pm 0,72^{***}$	$24,62 \pm 0,81$
$Pb^{2+} 10^{-3}$ М	$7 \pm 1,3^{***}$	$51 \pm 2,5^{***}$	$1,38 \pm 0,36^{***}$	$16,60 \pm 0,94^{***}$

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

На основании приведенных в таблице 1 данных можно констатировать, что в варианте опыта с концентрацией ионов свинца 10^{-4} М наблюдается уменьшение энергии прорастания на 12 %, уменьшение всхожести на 7 %, уменьшение длины корня на 26,1 %, уменьшение длины побега на 3,6 % по сравнению с контролем.

В варианте опыта с концентрацией ионов свинца 10^{-3} М уменьшение энергии прорастания составляет 43 % по сравнению с контролем, уменьшение всхожести – 26 %, уменьшение длины корня – 91,8 %, уменьшение длины побега – 35,0 %.

Таким образом, для растений тимофеевки луговой воздействие ионов свинца в концентрации 10^{-3} М является достаточно сильным стресс-фактором. Данная концентрация ионов свинца была отобрана для изучения протекторного действия изучаемых brassinosteroidов.

Влияние ЭК и S31 на растения тимофеевки луговой при воздействии ионов свинца в лабораторном эксперименте. Данные, полученные в ходе лабораторного эксперимента по влиянию ЭК и S31 на растения тимофеевки луговой при воздействии ионов свинца, приведены в таблице 2.

Анализ данных, приведенных в таблице 1, позволяет утверждать, что под действием ионов свинца энергия прорастания и всхожесть семян тимофеевки луговой уменьшаются. По сравнению с контролем уменьшение данных показателей составляет 6 % и 5 % соответственно. Предпосевная обработка семян ЭК и S31 способствует увеличению показателей энергии прорастания и всхожести. Так, в варианте опыта с S31 наблюдается статистически достоверное увеличение энергии прорастания на 10 % по сравнению с контролем.

Таблица 2 – Влияние эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона на растения тимофеевки луговой при воздействии ионов свинца в лабораторном эксперименте

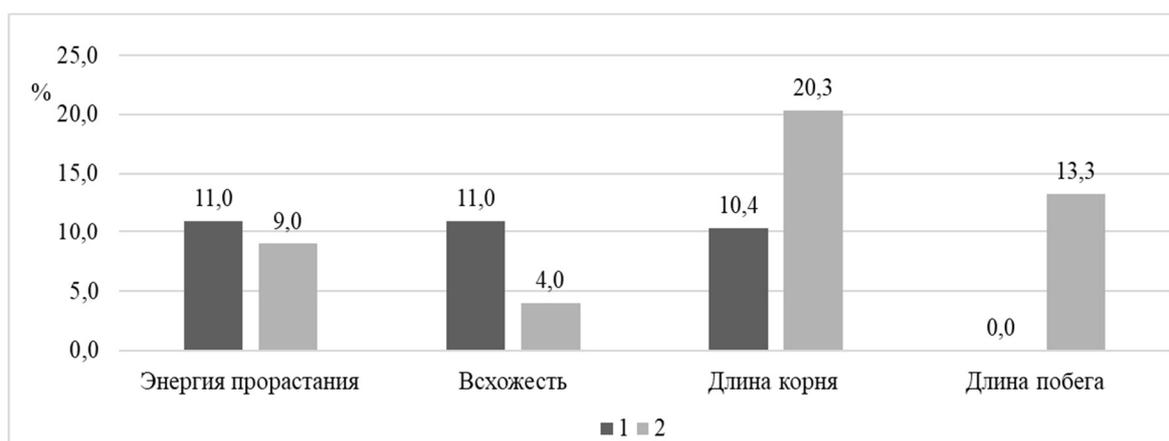
Вариант опыта	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина корня, мм	Длина побега, мм
Контроль	47 ± 2,9	65 ± 2,8	25,03 ± 0,77	30,18 ± 0,81
Pb ²⁺ 10 ⁻³ М	41 ± 2,8	60 ± 2,8	3,75 ± 0,30***	25,98 ± 0,80***
ЭК 10 ⁻⁸ М	52 ± 2,9	72 ± 2,6	25,06 ± 0,58	30,66 ± 0,68
S31 10 ⁻⁹ М	57 ± 2,9*	68 ± 2,7	25,92 ± 0,66	31,91 ± 0,77
ЭК 10 ⁻⁸ М + Pb ²⁺ 10 ⁻³ М	52 ± 2,9**	71 ± 2,6**	4,14 ± 0,36	25,98 ± 0,88
S31 10 ⁻⁹ М + Pb ²⁺ 10 ⁻³ М	50 ± 2,9*	64 ± 2,8	4,51 ± 0,38	29,44 ± 0,92**

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

Наиболее сильное токсическое действие ионы свинца оказывают на рост корня тимофеевки луговой. Растения, подвергнувшиеся токсическому действию ионов свинца, демонстрируют уменьшение длины корня на 85 % по сравнению с контролем. Растения, подвергнувшиеся токсическому действию ионов свинца и обработанные ЭК и S31, демонстрируют уменьшение длины корня на 83,5 и 82 % соответственно по сравнению с контролем.

Токсическое действие ионов свинца в отношении длины побега проростков тимофеевки луговой может уменьшить предпосевная обработка семян S31. Если растения, подвергнувшиеся токсическому действию ионов свинца, демонстрируют уменьшение длины побега на 13,9 % по сравнению с контролем, то растения, подвергнувшиеся токсическому действию ионов свинца и обработанные S31, демонстрируют уменьшение длины побега только на 2,5 % по сравнению с контролем.

Сравнение морфометрических показателей растений тимофеевки луговой, подвергнувшихся токсическому действию ионов свинца и обработанных ЭК и S31 по сравнению с растениями, не обработанными ЭК и S31, приведены на рисунке 1.



1 – ЭК, 10⁻⁸ М + Pb²⁺, 10⁻³ М; 2 – S31, 10⁻⁹ М + Pb²⁺, 10⁻³ М.

Рисунок 1 – Влияние эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона на морфометрические показатели тимофеевки луговой, % относительно ионов свинца

Семена, подвергнувшиеся токсическому действию ионов свинца и обработанные ЭК, демонстрируют статистически достоверное повышение энергии прорастания и всхожести на 11 % соответственно по сравнению с семенами, которые подверглись

действию ионов свинца и не обрабатывались ЭК. Повышение показателя длины корня в данном варианте опыта составляет 10,4 % (рисунок 1).

Семена, подвергнувшиеся токсическому действию ионов свинца и обработанные S31, демонстрируют энергию прорастания и всхожесть выше на 9 и 4 % соответственно по сравнению с семенами, которые подверглись действию ионов свинца и не обрабатывались S31. Повышение показателя длины корня в данном варианте опыта составляет 20,3 %, показателя длины побега – 13,3 %. При этом статистически достоверными являются различия показателей энергии прорастания и длины побега.

Влияние ЭК и его конъюгата на растения тимфеевки луговой при воздействии ионов свинца в вегетационном лабораторном эксперименте. В таблице 3 приведены данные о влиянии эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона на морфометрические показатели тимфеевки луговой при воздействии ионов свинца в вегетационном эксперименте.

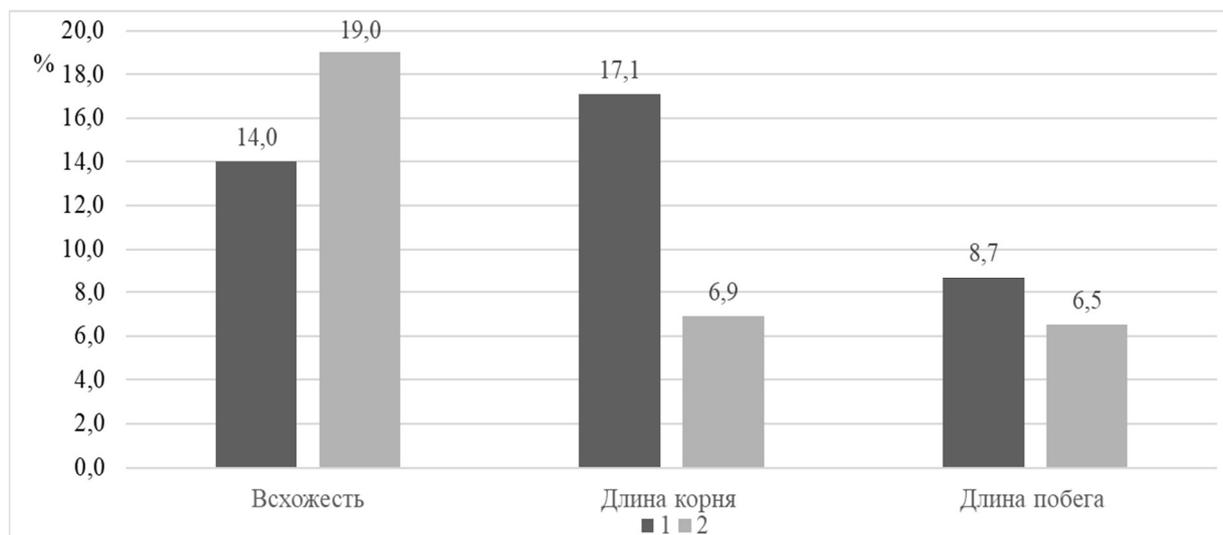
Таблица 3 – Влияние эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона на морфометрические показатели тимфеевки луговой при воздействии ионов свинца в вегетационном эксперименте

Вариант опыта	Всхожесть, %	Длина корня, мм	Длина побега, мм	Сырая масса 10 побегов, г	Сухая масса 10 побегов, г
Контроль	64 ± 3,4	24,79 ± 1,40	40,98 ± 1,36	0,0211 ± 0,0012	0,0022 ± 0,00025
Pb ²⁺ 10 ⁻³ М	58 ± 3,5	20,28 ± 0,93**	39,76 ± 1,43	0,0176 ± 0,0007	0,0018 ± 0,00026
ЭК 10 ⁻⁸ М	64 ± 3,4	22,22 ± 1,18	35,06 ± 1,24**	0,0183 ± 0,0005	0,0018 ± 0,00011
S31 10 ⁻⁹ М	70 ± 3,2	21,88 ± 1,23	36,18 ± 1,31*	0,0181 ± 0,0017	0,0018 ± 0,00023
ЭК 10 ⁻⁸ М + Pb ²⁺ 10 ⁻³ М	72 ± 3,2**	23,75 ± 1,04*	43,20 ± 1,33	0,0203 ± 0,0006*	0,0022 ± 0,00026
S31 10 ⁻⁹ М + Pb ²⁺ 10 ⁻³ М	77 ± 3,0***	21,68 ± 1,12	42,34 ± 1,15	0,0231 ± 0,0009**	0,0023 ± 0,00018

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

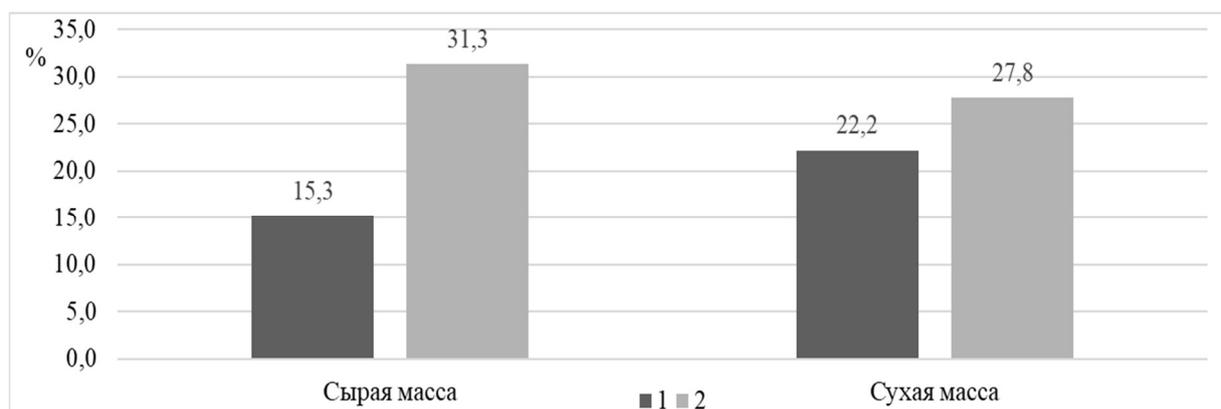
Как показывает анализ данных, приведенных в таблице 3, под действием ионов свинца все морфометрические показатели уменьшаются. Статистически достоверным является ингибирующий эффект в отношении показателя длины корня. По сравнению с контролем уменьшение длины корня составляет 18,2 %. При этом семена, не подвергнувшиеся воздействию ионов свинца и прошедшие предпосевную обработку стероидными соединениями, демонстрируют всхожесть, незначительно отличающуюся от контроля.

На рисунках 2, 3 приведены данные, позволяющие сопоставить действие эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона на растения тимфеевки луговой, подвергнувшиеся токсическому действию ионов свинца и обработанные ЭК и S31 по сравнению с растениями, не обработанными ЭК и S31 в вегетационном эксперименте.



1 – ЭК, $10^{-8} M + Pb^{2+}, 10^{-3} M$; 2 – S31, $10^{-9} M + Pb^{2+}, 10^{-3} M$

Рисунок 2 – Влияние эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона на показатели всхожести, длины корня и длины побега тимфеевки луговой, % относительно ионов свинца



1 – ЭК, $10^{-8} M + Pb^{2+}, 10^{-3} M$; 2 – S31, $10^{-9} M + Pb^{2+}, 10^{-3} M$

Рисунок 3 – Влияние эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона на показатели сырой и сухой массы побегов тимфеевки луговой, % относительно ионов свинца

Семена, прошедшие предпосевную обработку ЭК и S31 и подвергшиеся воздействию ионов свинца, демонстрируют повышение всхожести на 14 и 19 % соответственно по сравнению с семенами, которые не прошли предпосевную обработку изучаемыми стероидными соединениями (рисунок 2). У растений, которые подверглись токсическому действию ионов свинца и не прошли предпосевную обработку ЭК и S31, наблюдается уменьшение длины корня и длины побега соответственно на 18,2 и 3,0 % по сравнению с контролем. Растения, которые подверглись действию ионов свинца и прошли предпосевную обработку ЭК и S31, демонстрируют увеличение длины корня и длины побега по сравнению с растениями, которые предпосевную обработку не проходили (под действием ЭК различия данных показателей составляет 17,1 и 8,7 %, под действием S31 – 6,9 и 6,5 % соответственно).

Аналогичная тенденция наблюдается для показателей сырой и сухой массы побегов. Растения, подвергшиеся воздействию ионов свинца и не прошедшие

предпосевную обработку ЭК и S31, демонстрируют уменьшение сырой и сухой массы побегов 16,6 и 18,2 % по сравнению с контролем. Растения, подвергшиеся воздействию ионов свинца и прошедшие предпосевную обработку ЭК по сравнению с растениями, которые предпосевную обработку не прошли, демонстрируют увеличение сырой и сухой массы побегов на 15,3 и 22,2 % (рисунок 3). В случае предпосевной обработки S31 соответствующие показатели составляют 31,3 и 27,8 %.

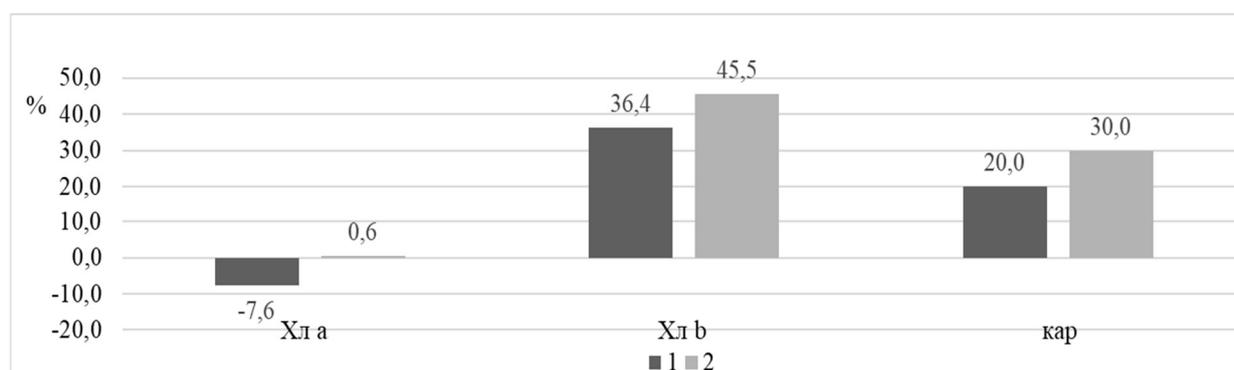
В таблице 4 приведены данные о влиянии эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона на физиолого-биохимические показатели тимофеевки луговой при воздействии ионов свинца в вегетационном эксперименте.

На рисунках 4 и 5 приведены данные, позволяющие сопоставить действие эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона на растения тимофеевки луговой, подвергнувшиеся токсическому действию ионов свинца и обработанные ЭК и S31 по сравнению с растениями, не обработанными ЭК и S31 в вегетационном эксперименте.

Таблица 4 – Влияние эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона на физиолого-биохимические показатели тимофеевки луговой при воздействии ионов свинца в вегетационном эксперименте

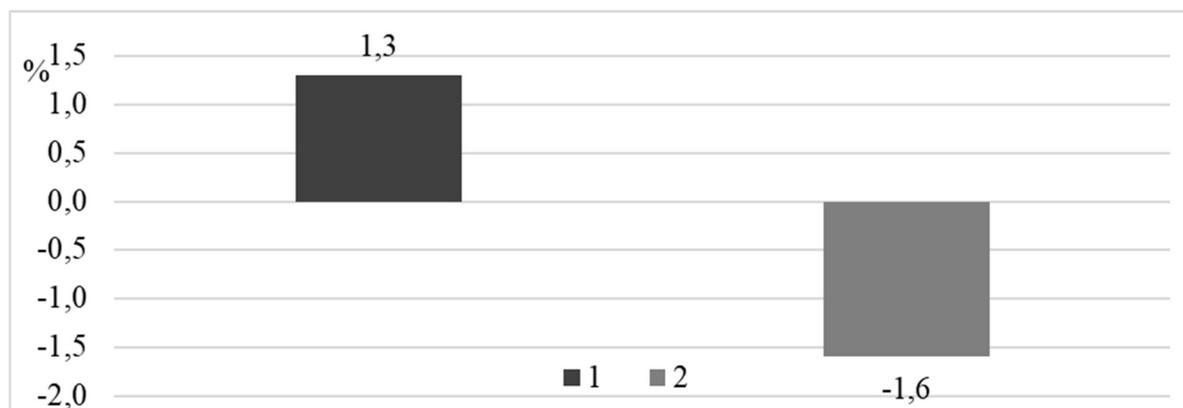
Вариант опыта	Содержание пигментов, мг/г			Активность каталазы, мкат/л
	Хлорофилл <i>a</i>	Хлорофилл <i>b</i>	Каротиноиды	
Контроль	1,59 ± 0,118	0,19 ± 0,016	0,054 ± 0,006	835,3 ± 4,28
Pb ²⁺ 10 ⁻³ М	1,58 ± 0,145	0,11 ± 0,009	0,070 ± 0,008	867,9 ± 1,79*
ЭК 10 ⁻⁸ М	1,75 ± 0,156	0,22 ± 0,019	0,104 ± 0,008	867,3 ± 0,84*
S31 10 ⁻⁹ М	1,61 ± 0,134	0,19 ± 0,016	0,107 ± 0,009	849,8 ± 2,90
ЭК 10 ⁻⁸ М + Pb ²⁺ 10 ⁻³ М	1,46 ± 0,104	0,15 ± 0,017	0,084 ± 0,005	879,5 ± 0,78**
S31 10 ⁻⁹ М + Pb ²⁺ 10 ⁻³ М	1,59 ± 0,113	0,16 ± 0,019	0,091 ± 0,009	854,2 ± 0,48*

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



1 – ЭК, 10⁻⁸ М + Pb²⁺, 10⁻³ М; 2 – S31, 10⁻⁹ М + Pb²⁺, 10⁻³ М

Рисунок 4 – Влияние эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона на содержание фотосинтетических пигментов тимофеевки луговой, % относительно ионов свинца



1 – ЭК, $10^{-8} M + Pb^{2+}, 10^{-3} M$; 2 – S31, $10^{-9} M + Pb^{2+}, 10^{-3} M$.

Рисунек 5 – Влияние эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона на активность каталазы тимфефевки луговой, % относительно ионов свинца

Как показывает анализ данных таблицы 4, под действием ионов свинца наблюдается уменьшение содержания хлорофилла *a* и *b* (на 0,6 и 42,1 % соответственно) и одновременно увеличение содержания каротиноидов и активности каталазы (на 29,6 и 3,9 % соответственно).

Растения, подвергшиеся воздействию ионов свинца и прошедшие предпосевную обработку ЭК, по сравнению и растениями, которые предпосевную обработку не прошли, демонстрируют уменьшение содержания хлорофилла *a* на 7,6 %, увеличение содержания хлорофилла *b* на 36,4 %, увеличение содержания каротиноидов на 20,0 % и увеличение активности каталазы на 1,3 %.

Растения, подвергшиеся воздействию ионов свинца и прошедшие предпосевную обработку S31, по сравнению и растениями, которые предпосевную обработку не прошли, демонстрируют увеличение содержания хлорофилла *a* на 0,6 %, увеличение содержания хлорофилла *b* на 45,5 %, увеличение содержания каротиноидов на 30,0 % и уменьшение активности каталазы на 1,6 % (рисунки 4, 5).

Заклучение

Оценка протекторной активности 24-эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона по комплексу морфометрических и физиолого-биохимических параметров тимфефевки луговой позволяет говорить о том, что токсическое действие ионов свинца в определенной степени может быть минимизировано предпосевной обработкой 24-эпикастастероном и тетраиндолилацетата 24-эпикастастероном. Морфометрическими параметрами, наиболее отзывчивыми на их действие, являются длина корня, сырая и сухая масса побегов.

Растения, которые подверглись токсическому действию ионов свинца и прошедшие предпосевную обработку 24-эпикастастероном и тетраиндолилацетатом 24-эпикастастероном, по сравнению с растениями, которые подверглись действию ионов свинца, но не обрабатывались стероидными соединениями, демонстрируют некоторые изменения физиолого-биохимического статуса, о чем свидетельствует увеличение содержания хлорофилла *b* и каротиноидов. При этом активность каталазы, являющейся основным ферментом антиоксидантной системы растений, изменяется весьма незначительно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kripach, V. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plants hormones warrant better crops for the XXI century / V. Kripach, V. Zhabinskii, A. de Groot // *Annals Bot.* – 2000. – Vol. 86. – P. 441–447.
2. Хрипач, В. А. Брассиностероиды и урожай. Экологически дружелюбный подход к решению проблемы производства высококачественной продукции / В. А. Хрипач // *Химико-биологические технологии и экологическая безопасность : материалы Международ. науч.-практ. конф., Минск, 15–17 мая 2001 г. ; под ред. И. И. Лиштвана [и др.].* – Минск, 2001. – С. 121–130.
3. Синтез и стресс-протекторное действие на растения конъюгатов брассиностероидов с салициловой кислотой / Р. П. Литвиновская [и др.] // *Химия природ. соединений.* – 2016. – № 3. – С. 394–398.
4. Индол-3-ацетоксипроизводные брассиностероидов: синтез и рострегулирующая активность / Р. П. Литвиновская [и др.] // *Химия природ. соединений.* – 2013. – Т. 49, № 3. – С. 408–414.
5. Коваленко, В. В. Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на морфометрические и физиолого-биохимические параметры тимфеевки луговой (*Phleum pratense* L.) / В. В. Коваленко // *Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Біялогія. Навукі аб зямлі.* – 2022. – № 1. – С. 22–30.
6. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038–84. – Введ. 01.07.86. – М. : Стандартинформ, 2011. – 29 с.
7. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова ; под ред. И. П. Ермакова. – М. : Академия, 2003. – 256 с.
8. Шульгин, И. А. Расчет содержания пигментов с помощью номограмм / И. А. Шульгин, А. А. Ничипорович // *Хлорофилл : сб. науч. ст. ; под ред. А. А. Шлыка.* – Минск : Наука и техника, 1974. – С. 121–136.
9. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк [и др.] // *Лаб. дело.* – 1988. – № 1. – С. 16–19.
10. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Ураджай, 1973. – 320 с.

REFERENCES

1. Kripach, V. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plants hormones warrant better crops for the XXI century / V. Kripach, V. Zhabinskii, A. de Groot // *Annals Bot.* – 2000. – Vol. 86. – P. 441–447.
2. Khripach, V. A. Brassinosteroidy i urozhaj. Ekologichieskij družhestviennyi podkhod k riesheniju probliemy proizvodstva vysokokachiestviennoj produkcii / V. A. Khripach // *Khimiko-biologichieskije tiekhnologii i ekologichieskaja biezopasnost' : matierialy Miezhdu-nar. nauch.-prakt. konf., Minsk, 15–17 maja 2001 g. ; pod ried. I. I. Lishtvana [i dr.].* – Minsk, 2001. – S. 121–130.
3. Sintez i stress-protektornoje diejstvije na rastienija konjugatov brassinostieroidov s salicilovoj kislotoj / R. P. Litvinovskaja [i dr.]. // *Khimija prirod. sojedinenij.* – 2016. – № 3. – S. 394–398.
4. Indolil-3-acetoksiiproizvodnyje brassinostieroidov: sintez i rostriegulirujushchaja aktivnost' / R. P. Litvinovskaja [i dr.]. // *Khimiiia prirod. sojedinenij.* – 2013. – Т. 49, № 3. – S. 408–414.

5. Kovalienko, V. V. Vlijanije epikastierona i jego konjugatov na morfometričieskije i fiziologo-biokhimichieskije parametry timofiejevki lugovoj (Phleum pratense L.) / V. V. Kovalienko // Viesn. Bresc. un-ta. Ser. 5, Bijalohija. Navuki ab ziamli. – 2022. – № 1. – S. 22–30.

6. Siemiena siel'skokhoziajstviennykh kul'tur. Mietody opriedielienija vskhozhesti : GOST 12038–84. – Vvied. 01.07.86. – M. : Standartinform, 2011. – 29 s.

7. Gavrilienko, V. F. Bol'shoj praktikum po fotosintezu / V. F. Gavrilienko, T. V. Zhigalova ; pod ried. I. P. Yermakova – M. : Akadiemiia, 2003. – 256 s.

8. Shul'gin, I. A. Raschiot sodierzhanija pigmentov s pomoshchju nomogramm / I. A. Shul'gin, A. A. Nichiporovich // Khlorofill : sb. nauch. st. ; pod ried. A. A. Shlyka. – Minsk : Nauka i tiekhnika, 1974. – S. 121–136.

9. Mietod opriedielienija aktivnosti katalazy / M. A. Koroliuk [i dr.] // Lab. dielo. – 1988. – № 1. – S. 16–19.

10. Rokickij, P. F. Biologichieskaja statistika / P. F. Rokickij. – Minsk : Uradzhaj, 1973. – 320 s.

Рукапіс наступіў у рэдакцыю 03.01.2023

УДК 632.154:57.085:042.5

Оксана Владимировна Корзюк

ст. преподаватель каф. химии

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

Aksana Karziuk

Senior Lecturer of the Department of Chemistry of Brest State A. S. Pushkin University

e-mail: chem@brsu.brest.by

ПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭПИКАСТАСТЕРОНА И ЕГО КОНЬЮГАТОВ С КИСЛОТАМИ НА РАСТЕНИЯ ГОРОХА ПОСЕВНОГО В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ИОНОВ СВИНЦА*

Проведенная оценка влияния 24-эпикастастерона (ЭК) и его конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические показатели гороха посевного сорта Саламанка в условиях воздействия ионов свинца подтверждает их биологическую активность, установленную с помощью стандартной методики проращивания по ГОСТу 12038–84. Статистически подтверждено, что применение 24-эпикастастерона и его конъюгатов с кислотами для защиты растений при загрязнении окружающей среды свинцом возможно. Использование определенных концентраций 24-эпикастастерона и его конъюгатов с кислотами стимулирует рост и развитие гороха посевного.

***Ключевые слова:** брассиностероиды, 24-эпикастастерон, эфиры ЭК с кислотами (конъюгаты), горох, рострегулирующая активность, фотосинтетические пигменты, содержание белка, ионы свинца.*

Protective Effect of Epicastasterone and its Conjugates with Acid on Pea Plants Under the Influence of Lead Ions

The evaluation of the effect of 24-epicastasterone (EC) and its conjugates with acids on morphometric and physiological and biochemical parameters of pea under the influence of lead ions confirms their biological activity established by the standard method of germination according to State Standard 12038-84. It is statistically confirmed that the use of 24-epicastasterone and its conjugates with acids for plant protection under environmental lead pollution is possible. The use of certain concentrations of 24-epicastasterone and its conjugates with acids stimulates the growth and development of pea plants.

***Key words:** brassinosteroids, 24-epicastasterone, EC acid esters (conjugates), pea, growth-regulating activity, photosynthetic pigments, protein content, lead ions.*

Введение

Поиск новых эффективных регуляторов роста в сельском хозяйстве активно ведется с целью повышения продуктивности и устойчивости растений к неблагоприятным факторам произрастания, стимуляции плодо- и корнеобразования, улучшения биохимического состава плодов и увеличения сроков их хранения.

В последнее время стало заметно, что постоянное воздействие техногенного загрязнения на сельскохозяйственные растения обуславливает накопление токсических веществ, в т. ч. и тяжелых металлов. Свинец является опасным загрязнителем окружающей среды, т. к. этот металл широко используется в промышленности и относится к I классу опасности. В условиях изменения климата и антропогенного химического загрязнения биосферы данный стрессор является одним из важнейших агентов, снижающих урожайность и качество растениеводческой продукции [1]. В растениях в биологически важных обменных процессах он не участвует и является абсолютным токсикантом. Избыток свинца является токсичным и вызывает такие симптомы, как повреждение мембран, изменение активности ферментов, ингибирует процесс дыхания и подавляет фотосинтез [2].

**Работа выполнена в рамках НИР «Оценка влияния природных брассиностероидов и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельскохозяйственных и декоративных растений» подпрограммы «Химические основы процессов жизнедеятельности» (Биоорхимия) ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия» на 2021–2025 гг. (№ госрегистрации 20211450 от 20.05.2021 г.).*

Свинец в достаточно высокой концентрации тормозит прорастание семян, замедляет рост корней в длину, а также образование корневых волосков. У листьев отравленных свинцом растений наблюдается хлороз, часто между жилками. Особенно сильно поражаются молодые листья. Повышенное содержание свинца вызывает функциональные нарушения в пигментных комплексах и уменьшение содержания хлорофилла в тканях [3].

Наряду с традиционными методами повышения продуктивности в настоящее время активно развивается новое направление, основанное на использовании биологически активных веществ для стимуляции роста, развития и повышения иммунитета растений. Одним из таких новых агрономических решений для растениеводства может быть использование рострегулирующих препаратов на основе брассиностероидов (БС), которые играют важную роль в регуляции многих физиологических процессов у растений [4]. Известно, что они изменяют активность ферментов, мембранный потенциал, активируют синтез белков и нуклеиновых кислот, регулируют метаболизм аминокислот и жирных кислот, влияют на гормональный статус растительного организма, стимулируют растяжение и деление клеток. В то же время БС обладают стрессоустойчивыми и адаптогенными свойствами, которые повышают резистентность ко многим повреждающим воздействиям [5]. Среди преимуществ БС можно отметить их способность вызывать эффекты антистрессового действия в чрезвычайно низких концентрациях по сравнению с другими гормонами [6]. Выявление наиболее эффективных регуляторов роста, оптимальных способов их использования является актуальной задачей современной агрохимии.

Целью данного исследования является исследование биологической активности 24-эпикастерона и его конъюгатов с кислотами на основные морфометрические и физиолого-биохимические параметры гороха посевного условия влияния ионов свинца, т. к. производство экологически безопасной продукции, которая будет соответствовать установленным общегигиеническим, токсикологическим нормативам, не влияющей негативно на здоровье человека, – первоочередное требование.

Материалы и методы

Для изучения влияния биологической активности 24-эпикастерона (ЭК) и его конъюгатов с кислотами был выбран горох посевной (*Pisum sativum L.*), сорта Саламанка, 1-ой репродукции. Выбор семян был обусловлен тем, что, из возделываемых видов гороха в Беларуси горох посевной имеет высокую урожайность и пригоден для промышленной переработки, может быть использован для приготовления высококачественного зерна [7]. Сорт раннеспелый, детерминированный, вегетационный период составляет 63–87 дней. Высота растений – 44–103 см. Среднезасухоустойчив. Сорт отличается дружным созреванием, имеет хороший стартовый рост, устойчивость к осыпанию высокая. Устойчив к полеганию. Масса 1 000 семян составляет 185–250 г. Содержание белка в зерне – 23,4–26,3 %.

Для изучения рострегулирующего и протекторного действия 24-эпикастерона и его конъюгатов с кислотами – 2-моносалицилат 24-эпикастерона (S23) и тетраиндолилацетат 24-эпикастерона (S31) – на семена гороха посевного сорта Саламанка в условиях токсичных концентраций ионов свинца были использованы следующие варианты опыта:

- 1) вода (контроль);
- 2) БС с оптимальной концентрацией, оказывающей рострегулирующую активность на растение: ЭК с концентрацией 10^{-9} М; S23 с концентрацией 10^{-11} М; S31 с концентрацией 10^{-9} М;
- 3) $Pb(NO_3)_2$ с концентрациями 10^{-4} – 10^{-3} М;
- 4) $Pb(NO_3)_2$ с концентрацией 10^{-4} – 10^{-3} М + БС с оптимальной концентрацией.

Устойчивость гороха посевного к ионам свинца (лабораторный опыт) устанавливалась на 10-е сутки по морфометрическим параметрам растений гороха посевного (средняя длина, масса корней и побегов). Проращивание семян осуществлялось согласно ГОСТу 12038–84 [8]. Все опыты проводились в четырехкратной повторности.

Следующий этап исследований был связан с оценкой протекторного действия гормонов в отношении потенциально токсичных ионов свинца на морфометрические параметры гороха посевного, выращенного в почвогрунте («Хозяин», РБ (азот общий – 5 795 мг/кг, калий общий – 3 223 мг/кг, фосфор общий – 1 838 мг/кг, Cu – 6,15 мкг/кг, Zn – 24 мкг/кг)) в ходе вегетационного лабораторного опыта [9]. Семена гороха замачивались на 5 ч. в дистиллированной воде, а затем проращивались с добавлением раствора нитрата свинца с концентрацией 10^{-4} и 10^{-3} М. Опытные образцы поливались раствором $Pb(NO_3)_2$ с соответствующей концентрацией. Контролем являлся вариант без внесения раствора $Pb(NO_3)_2$. Растения выращивались в условиях постоянной влажности почвы. Вегетационные емкости передвигались ежедневно по схеме, обеспечивающей однородные условия роста и развития растений. На 20-ые сутки были исследованы морфометрические параметры растений гороха посевного (средняя длина, масса корней и побегов).

Для определения содержания фотосинтетических пигментов использовался спектрофотометрический метод [10]. Он, несмотря на свою простоту, позволяет в одной пробе определить концентрацию различных видов хлорофилла. Определение концентрации фотосинтетических пигментов включает следующие процедуры: получение навески листьев, экстракцию пигментов растворителем (ацетоном) и спектрофотометрический анализ при различных длинах волн. Для лабораторного эксперимента в качестве растворителя был выбран 100 %-ый ацетон. Для расчета концентрации хлорофиллов а, b и каротиноидов в вытяжке пигментов определяли оптическую плотность экстракта на спектрофотометре при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения определяемых пигментов в данном растворителе: $\lambda = 662, 644$ и $440,5$ нм. Концентрацию пигментов рассчитывали по формулам (1–4):

$$C_{\text{хл а}} = 9,784 D_{662} - 0,990 D_{644}; \quad (1)$$

$$C_{\text{хл b}} = 21,426 D_{644} - 4,650 D_{662}; \quad (2)$$

$$C_{\text{хл а + хл b}} = 5,134 D_{662} + 20,436 D_{644}; \quad (3)$$

$$C_{\text{кар.}} = 4,695 D_{440,5} - 0,268 C_{\text{хл а+хл b}}. \quad (4)$$

Сначала вычисляется концентрация пигментов (С) в экстракте по приведенным выше формулам в мг/л. Затем содержание пигментов на грамм сырой массы рассчитывается по формуле (5):

$$A = V * C / 1000 * P, \quad (5)$$

где С – концентрация пигментов, мг/л;

V – объем вытяжки, мл;

P – навеска растительного материала, г.

Содержание белка определялось спектрофотометрически по методу Лоури [11]. Метод основан на реакции реактива Фолина с фенольными радикалами некоторых аминокислот, входящих в состав белков, в результате которой образуются соединения, придающие синюю окраску раствору белка.

Статистическую обработку всех полученных результатов проводили по общепринятым методикам биологической статистики согласно П.Ф. Рокицкому [12] с использованием программы Microsoft Excel и t-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что ионы свинца в концентрации 10^{-3} М приводили к уменьшению длины корня на 40,0 % и массы корня на 13,6 % по сравнению с контрольными растениями и побега на 5,9 % и 18,2 % соответственно. Ионы свинца в концентрации 10^{-4} М также приводили к уменьшению длины корня на 27,8 % и массы корня на 11,0 % по сравнению с контрольными растениями и побега на 2,2 %, но при этом масса побега незначительно увеличивалась (9,3 %). Наибольшее увеличение длины корней гороха посевного наблюдалось при воздействии ЭК в концентрации 10^{-9} М, так длина корня увеличивалась на 32,8 %, побега – на 35,8 % по сравнению с контролем, соответственно увеличивались и их массы (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Влияние 24-эпикастерона и его конъюгатов на морфометрические параметры гороха посевного сорта Саламанка при воздействии ионов свинца (10-ые сутки)

Вариант опыта	Корень		Побег	
	длина, мм	масса, г	длина, мм	масса, г
Контроль	66,6 ± 2,19	0,12 ± 0,006	58,6 ± 2,38	0,17 ± 0,008
ЭК ⁻⁹ М	88,4 ± 1,98*	0,23 ± 0,005***	79,6 ± 1,18**	0,22 ± 0,005*
S23 ⁻¹¹ М	76,4 ± 2,5	0,21 ± 0,013**	69,4 ± 3,7	0,17 ± 0,013
S31 ⁻⁹ М	84,0 ± 11,2*	0,16 ± 0,011*	81,5 ± 10,7**	0,17 ± 0,011
Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	48,1 ± 1,6*	0,11 ± 0,006	57,4 ± 1,95	0,18 ± 0,006
ЭК ⁻⁹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	67,1 ± 3,03**	0,18 ± 0,006**	80,9 ± 2,13**	0,21 ± 0,007**
S23 ⁻¹¹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	58,3 ± 2,13*	0,17 ± 0,004**	74,7 ± 1,25**	0,24 ± 0,033***
S31 ⁻⁹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	57,3 ± 1,67*	0,16 ± 0,003**	72,8 ± 1,74**	0,24 ± 0,052***
Pb ²⁺ , 10 ⁻³ М	39,9 ± 0,94**	0,10 ± 0,003	55,2 ± 1,83	0,14 ± 0,007
ЭК ⁻⁹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻³ М	53,5 ± 2,48*	0,11 ± 0,007	57,1 ± 2,05	0,17 ± 0,007
S23 ⁻¹¹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻³ М	38,6 ± 0,85	0,13 ± 0,005**	54,0 ± 1,52	0,16 ± 0,006
S31 ⁻⁹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻³ М	44,6 ± 1,71	0,12 ± 0,004**	59,3 ± 2,21	0,20 ± 0,007

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

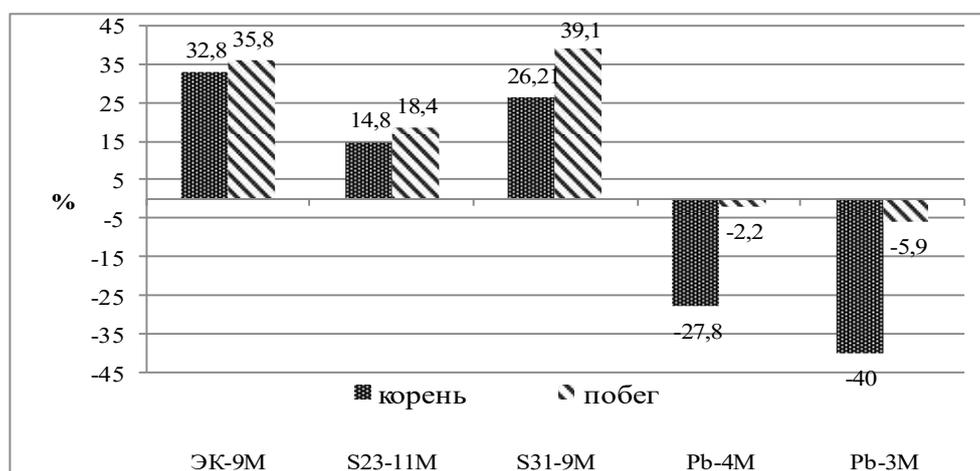


Рисунок 1 – Влияние 24-эпикастерона и его конъюгатов, ионов свинца на морфометрические параметры гороха посевного, % относительно контроля

Предварительное замачивание семян в растворе S23 в концентрации 10^{-11} М приводило к увеличению длины корней на 14,8 %, а побегов – на 18,4 % по сравнению с контролем и значительному увеличению массы корней на 79,7 %, но при этом масса побегов увеличивалась только на 2,4 %.

При обработке S31 в концентрации 10^{-9} М длина корня увеличивалась на 26,2 %, побега – на 39,1 % по сравнению с контролем. По полученным результатам для дальнейших исследований была выбрана концентрация ионов свинца 10^{-4} М, которая оказывала менее ингибирующее воздействие на длину корней и побегов гороха посевного.

При предварительной обработке семян раствором ЭК в концентрации 10^{-9} М и дальнейшем проращивании в среде с ионами свинца концентрацией 10^{-4} М у растений гороха наблюдалось увеличение длины и массы корня на 39,5 и 66,9 % соответственно, а также длины и массы побега на 40,9 и 16,7 % по сравнению с растениями, выращенными в среде, где присутствовали ионы свинца, но не проводилось предварительное замачивание в растворе ЭК (таблица 1, рисунки 2 и 3).

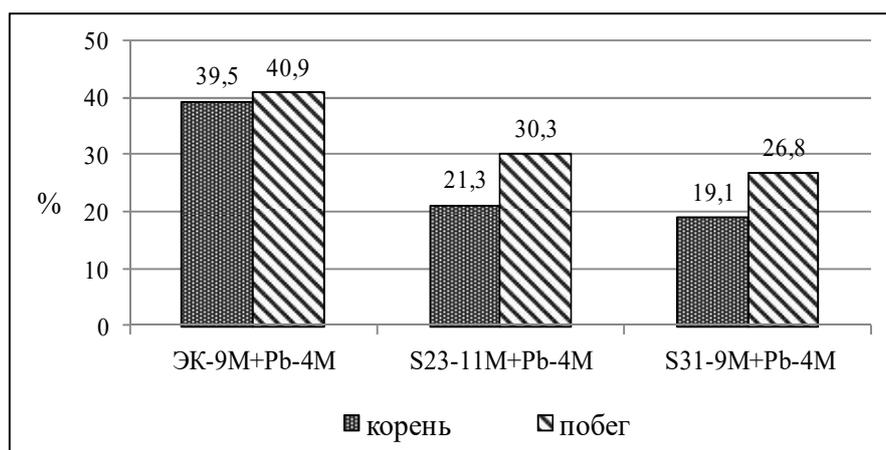


Рисунок 2 – Влияние 24-эпикастастерона и его конъюгатов на длину корня и побега гороха посевного, % относительно ионов свинца

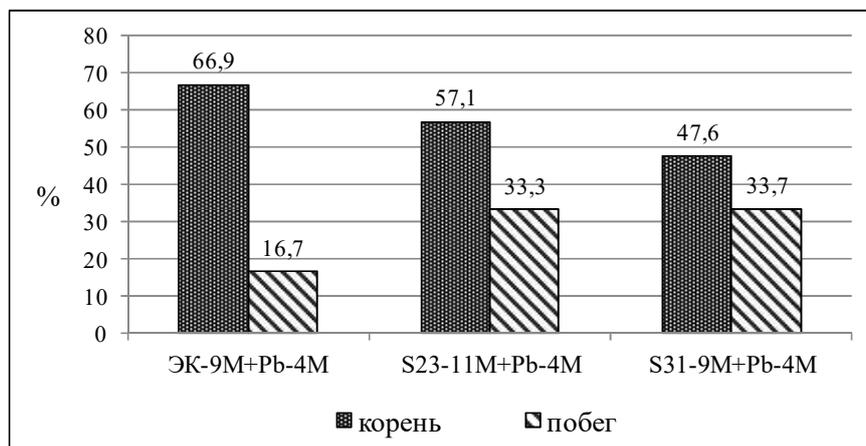


Рисунок 3 – Влияние 24-эпикастастерона и его конъюгатов на массу корня и побега гороха посевного, % относительно ионов свинца

При предварительном замачивании семян в растворе S23 с концентрацией 10^{-11} М и дальнейшем проращивании в растворе с ионами свинца концентрацией 10^{-4} М у растений гороха также наблюдалось увеличение длины корня на 21,3 % и массы корня на 57,1 % (таблица 1, рисунки 2 и 3) и побега на 30,3 и 33,3 % соответственно.

При предварительном замачивании семян в растворе S31 с концентрацией 10^{-9} М и дальнейшем проращивании в среде, содержащей ионы свинца, наблюдалось незначительное увеличение длины корня, что составляло 19,1 % и массы корня – 47,6 %, но при этом длина побега увеличивалась на 26,8 и масса на 33,7 % соответственно (таблица 1, рисунки 2 и 3).

Более высокий прирост по длине и массе корней и побегов отмечался при предварительном замачивании семян в растворе ЭК в концентрации 10^{-9} М и дальнейшем проращивании в среде с ионами свинца в концентрации 10^{-4} М (рисунки 2 и 3).

Таким образом, по результатам лабораторного опыта можно сделать вывод, что наиболее эффективными исследуемыми веществами, оказывающими наибольший достоверный эффект на рост, массу корней и побегов гороха посевного сорта Саламанка и протекторного действия при воздействии ионов свинца, является ЭК в концентрации 10^{-9} М и S23 в концентрации 10^{-11} М.

Дальнейшее изучение влияния 24-эпикастастерона и его конъюгатов с кислотами на длину корня и побега гороха посевного в результате вегетационного лабораторного опыта показало достоверно, что ионы свинца в концентрации 10^{-4} М приводят к уменьшению длины корня на 15,8 % и длины побега на 23,6 % по сравнению с контрольными растениями (таблица 2). Наибольший прирост длины корней гороха посевного наблюдается при воздействии ЭК в концентрации 10^{-9} М, так длина корня увеличивалась на 14,8 %, прирост по побегу незначителен: на 1,2 % по сравнению с контролем.

При предварительной обработке семян ЭК в концентрации 10^{-9} М и дальнейшем проращивании в почвогрунте с ионами свинца у растений гороха посевного наблюдалось увеличение длины корня на 16,3 % и длины побега на 20,2 % по сравнению с растениями, выращенными в среде, где присутствовали ионы свинца в концентрации 10^{-4} М, но не проводилось предварительное замачивание в растворе ЭК (таблица 2, рисунок 4). При предварительном замачивании семян в растворе S23 с концентрацией 10^{-11} М и дальнейшем проращивании в почвогрунте с ионами свинца у растений гороха посевного также наблюдалось увеличение длины корня на 11,2 и побега на 21,6 % соответственно. Предварительная обработка семян S31 и дальнейшее проращивание в почвогрунте с ионами свинца незначительно увеличивали длину корня и побега в среднем на 1,11 и 10,5 % соответственно (таблица 2, рисунок 4).

Таблица 2 – Влияние 24-эпикастастерона и его конъюгатов на морфометрические параметры гороха посевного сорта Саламанка при воздействии ионов свинца (20-ые сутки)

Вариант опыта	Корень		Побег	
	длина, мм	% к контролю	длина, мм	% к контролю
Контроль	135,7 ± 3,41	100,0	220,3 ± 7,88	100,0
Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	114,2 ± 5,89**	84,2	168,4 ± 10,00***	76,4
ЭК, 10 ⁻⁹ М	155,8 ± 4,97**	114,8	222,8 ± 8,15	101,2
S23, 10 ⁻¹¹ М	138,4 ± 5,92	102,0	226,3 ± 5,58	102,7
S31, 10 ⁻⁹ М	146,8 ± 6,46	108,2	247,1 ± 5,45**	112,2
	% к Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М		% к Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	
ЭК, 10 ⁻⁹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	132,8 ± 45,7**	116,3	202,3 ± 8,72*	120,2
S23, 10 ⁻¹¹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	127,0 ± 7,41*	111,2	204,8 ± 6,58***	121,6
S31, 10 ⁻⁹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	115,5 ± 4,01	101,1	186,13 ± 7,52	110,5

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

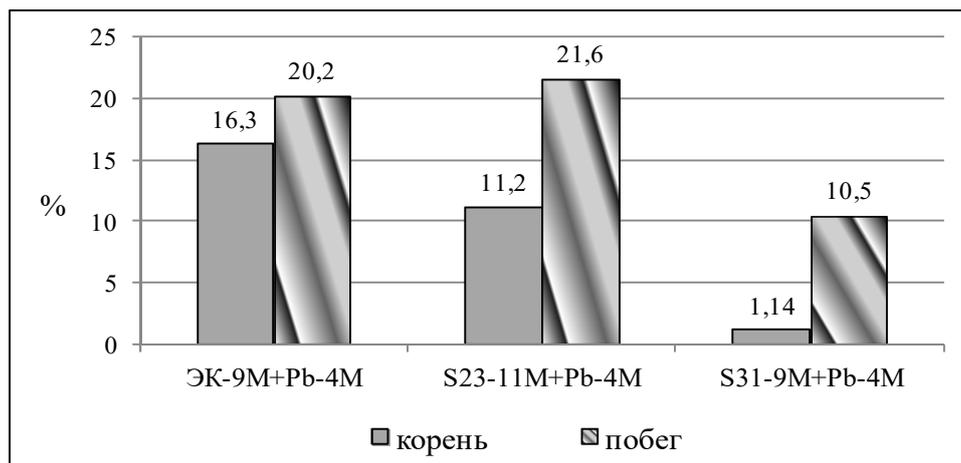


Рисунок 4 – Влияние 24-эпикастерона и его конъюгатов на длину корня и побега гороха посевного, вегетационный опыт, % относительно ионов свинца

Таким образом, ЭК в концентрации 10^{-9} М и S23 в концентрации 10^{-11} М оказывают достоверное протекторное действие на морфометрические параметры (длину подземной и надземной частей) гороха при воздействии ионов свинца.

На следующем этапе было исследовано содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a* (Хл *a*), хлорофилла *b* (Хл *b*) и каротиноидов (Кар)) в листьях гороха посевного, выращенного в защищенном грунте в вегетационном лабораторном опыте в условиях воздействия ионов свинца (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние 24-эпикастерона и его конъюгатов на содержание фотосинтетических пигментов в листьях гороха посевного сорта Саламанка в присутствии ионов свинца (вегетационный опыт)

Вариант опыта	Содержание, мг/г		
	хлорофилла <i>a</i>	хлорофилла <i>b</i>	каротиноидов
Контроль	0,465 ± 0,093	0,169 ± 0,030	0,215 ± 0,028
Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	0,356 ± 0,093	0,222 ± 0,023	0,201 ± 0,055
ЭК, 10 ⁻⁹ М	0,551 ± 0,025	0,228 ± 0,018	0,264 ± 0,022
S23, 10 ⁻¹¹ М	0,493 ± 0,039	0,174 ± 0,038	0,179 ± 0,001
S31, 10 ⁻⁹ М	0,404 ± 0,008	0,171 ± 0,013	0,135 ± 0,006
ЭК, 10 ⁻⁹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	0,450 ± 0,018	0,298 ± 0,009*	0,293 ± 0,023*
S23, 10 ⁻¹¹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	0,380 ± 0,009	0,230 ± 0,027	0,227 ± 0,009
S31, 10 ⁻⁹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	0,409 ± 0,018	0,248 ± 0,03	0,218 ± 0,01

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

Хлорофилл необходим для роста растений. Применение 24-эпикастерона и его конъюгатов значительно увеличивало содержание хлорофилла и улучшало фотосинтетические характеристики растений при свинцовом стрессе.

Содержание Хл *a* в листьях гороха посевного, выращенного в почвогрунте с ионами свинца, понижалось в среднем на 23,4 % по отношению к контролю, и Кар – на 6,5 % соответственно. Содержание Хл *b*, наоборот, повышалось (в среднем на 31 %).

Обработка растений раствором ЭК, 10^{-9} М, повышало содержание фотосинтетических пигментов (Хл *a*, Хл *b* и Кар) в среднем на 18,5, 6,04, 22,8 % по отношению к контролю соответственно. При обработке раствором S23, 10^{-11} М

содержание Хл *a* и Хл *b* в листьях гороха посевного повышалось незначительно, в среднем на 6 и 3 % соответственно. Обработка раствором S31, 10^{-9} М незначительно увеличивала содержание Хл *b* (на 1,1 %) и понижала содержание Кар и Хл *a* в листьях гороха. При предварительной обработке семян ЭК в концентрации 10^{-9} М и дальнейшем проращивании в почвогрунте с ионами свинца концентрацией 10^{-4} М у растений гороха посевного наблюдалось достоверное увеличение содержания Хл *a*, Хл *b* и Кар в среднем на 26,4, 34,2, 45,8 % соответственно по отношению к образцам, выращенным в среде, где присутствовали ионы свинца в концентрации 10^{-4} М, но не проводилось предварительное замачивание в растворе ЭК (таблица 3, рисунок 5).

При предварительном замачивании семян в растворе S23 с концентрацией 10^{-11} М и дальнейшем проращивании в почвогрунте с ионами свинца у растений гороха посевного также наблюдалось увеличение содержания Хл *a*, Хл *b* и Кар (в среднем на 6,7, 3,6 и 13 %). При предварительном замачивании семян в растворе S31 с концентрацией 10^{-9} М и дальнейшем проращивании в растворе с ионами свинца у растений гороха посевного также наблюдалось увеличение содержания хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов (в среднем на 14,9, 11,7 и 8,5 % соответственно) (рисунок 5).

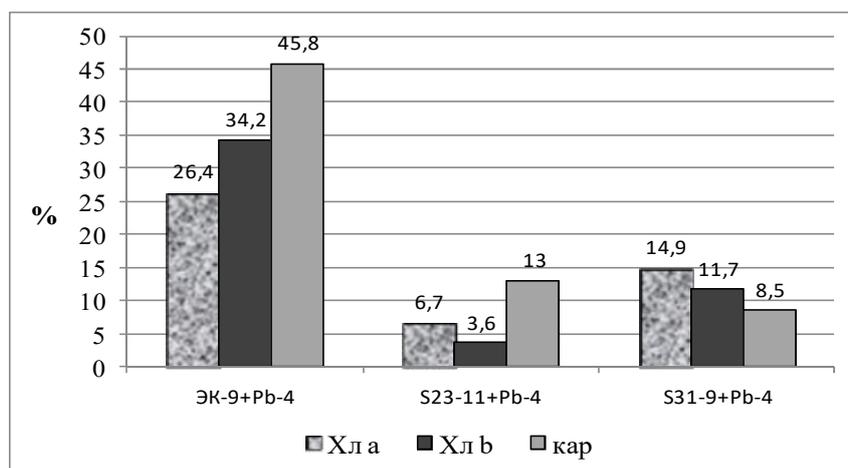


Рисунок 5 – Влияние 24-эпикастастерона и его конъюгатов на содержание фотосинтетических пигментов, % относительно ионов свинца

Хлорофилл является важным параметром, часто используемым в качестве индикатора развития хлоропластов и фотосинтетической активности. Хлорофилл очень чувствителен к внешнему стрессу, который снижает общее содержание Хл *a*, Хл *b* и каротиноидов в листьях. 24-эпикастастерон и его конъюгаты защищают хлорофилл от внешних раздражителей, а также повышают их концентрацию при стрессах.

Одним из важных показателей продуктивности гороха посевного является содержание белка. По полученным данным видна значительная тенденция к уменьшению содержания белка под воздействием ростостимулирующих препаратов (таблица 4). Однако при обработке семян ЭК и дальнейшем проращивании в почвогрунте с ионами свинца содержание белка увеличивалось в среднем на 23,23 % по отношению к образцам, выращенными в почвогрунте, где присутствовали ионы свинца в концентрации 10^{-4} М, но не проводилось предварительное замачивание в растворе ЭК (таблица 4, рисунок 6). Обработка семян S23 и S31 также приводила к незначительному повышению содержания белка в исследуемых образцах.

Таблица 4 – Влияние 24-эпикастерона и его конъюгатов на содержание белка в надземных частях проростков гороха посевного сорта Саламанка в присутствии ионов свинца (вегетационный опыт)

Вариант опыта	Содержание белка	
	мг/г сырой массы	% к контролю
Контроль	84,39 ± 3,7	100,0
Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	62,38 ± 2,3	74,0
ЭК, 10 ⁻⁹ М	57,47 ± 6,0	68,1
S23, 10 ⁻¹¹ М	49,77 ± 1,8	59,0
S31, 10 ⁻⁹ М	50,93 ± 1,6	60,0
		% к Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М
ЭК, 10 ⁻⁹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	76,87 ± 1,8	123,2
S23, 10 ⁻¹¹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	65,84 ± 2,6	105,5
S31, 10 ⁻⁹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	67,71 ± 1,7	108,5

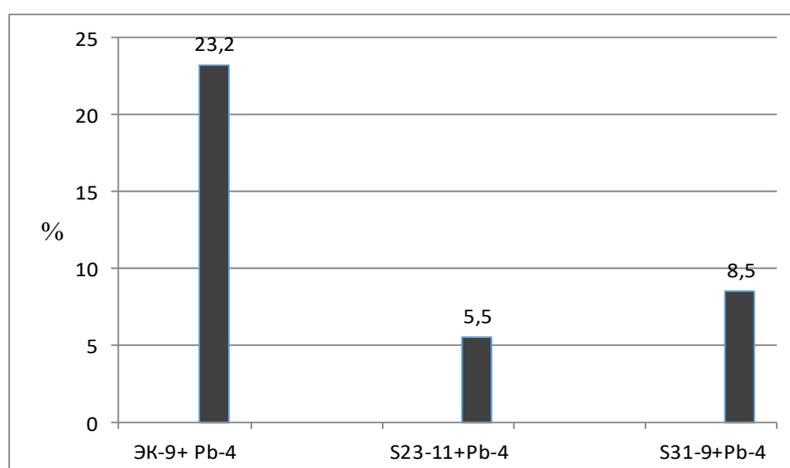


Рисунок 6. – Влияние 24-эпикастерона и его конъюгатов на содержание белка, % относительно ионов свинца

Заключение

В лабораторных условиях проведено исследование биологической активности 24-эпикастерона (ЭК) и его конъюгатов с биологически значимыми органическими кислотами по влиянию на морфометрические и биохимические параметры гороха посевного сорта Саламанка. Выявлено, что растения гороха посевного отвечали на интенсивный стресс ионов свинца целым комплексом физиологических реакций: торможением роста в высоту, уменьшением сырой массы, снижением содержания хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов, снижением содержания белка.

Таким образом, по результатам вегетационного лабораторного опыта (в почвогрунте) можно достоверно сделать следующие выводы:

1. ЭК и его конъюгаты обладают протекторным действием в отношении ионов свинца на морфометрические параметры, содержание основных фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов) и белка у растений гороха посевного.

2. Из протестированных веществ и концентраций для гороха посевного максимальным эффектом повышения морфометрических параметров (длины, массы корня и побега), а также содержания фотосинтетических пигментов обладает ЭК в концентрации 10⁻⁹ М при предварительном замачивании семян в данном растворе и дальнейшем проращивании в растворе с ионами свинца.

3. Предобработка семян растений ЭК и его конъюгатами, вероятно, способствует снижению повреждающего действия ионов свинца на растения, что указывает на их участие в развитии реакций, способствующих преадаптации растений к возможным стрессовым ситуациям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Химическое загрязнение почв и их охрана : словарь-справочник / Д. С. Орлов [и др.]. – М. : Агропромиздат. – 1991. – 303 с.
2. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях. / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 437 с.
3. Башмаков, Д. И. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений / Д. И. Башмаков, А. С. Лукаткин. – Саранск : Мордов. ун-т., 2009. – 236 с.
4. Kripach, V. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plants hormones warrant better crops for the XXI century / V. Kripach, V. Zhabinskii, A. de Groot // *Annals Bot.* – 2000. – Vol. 86. – P. 441–447.
5. Синтез и стресс-протекторное действие на растения конъюгатов брассиностероидов с салициловой кислотой / Р. П. Литвиновская [и др.] // *Химия природ. соединений.* – 2016. – № 3. – С. 394–398.
6. Ефимова, М. В. Влияние брассиностероидов на формирование защитных реакций проростков рапса в условиях засоления / М. В. Ефимова, А. В. Мануйлова, М. К. Малофий // *Вестн. Том. гос. ун-та. Биология.* – 2013. – № 1 (21). – С. 118–128.
7. Шор, В. Ч. Возделывание гороха и яровой вики в чистых и смешанных посевах / В. Ч. Шор, Л. И. Белявская // *Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию».* – Минск : ИВЦ Минфина, 2007. – С. 179–190.
8. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Межгосударственный стандарт : ГОСТ 12038–84. – Введ. 01.07.86. – М. : Стандартиформ, 2011. – 29 с.
9. Дышко, В. Н. Агрохимические методы исследований : учеб.-метод. пособие / В. Н. Дышко, В. В. Дышко, П. В. Романенко. – Смоленск : Смолен. ГСХА, 2014. – 48 с.
10. Шульгин, И. А. Расчет содержания пигментов с помощью номограмм / И. А. Шульгин, А. А. Ничипорович // *Хлорофилл : сб. науч. ст. ; под ред. А. А. Шлыка.* – Минск : Наука и техника, 1974. – С. 121–136.
11. Protein measurement with Folin phenol reagent / O. N. Lowry [et al.] // *J. Biol. Chem.* – 1951. – Vol. 193, nr 1. – P. 265–275.
12. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Ураджай, 1973. – 320 с.

REFERENCES

1. Khimichieskoje zagriaznienije pochv i ikh okhrana : slovar'-spravochnik / D. S. Orlov [i dr.]. – M. : Agropromizdat. – 1991.– 303 s.
2. Kabata-Piendias, A. Mikroliemienty v pochvakh i rastienijakh. / A. Kabata-Pendias, H. Piendias. – M. : Mir, 1989. – 437 s.
3. Bashmakov, D. I. Ekologo-fiziologichieskije aspiekty akkumuliacii i raspriedielienija tiazholykh mietallov u vysshikh rastienij / D. I. Bashmakov, A. S. Lukatkin. – Saransk : Mordov. un-t., 2009. – 236 s.

4. Kripach, V. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plants hormones warrant better crops for the XXI century / V. Kripach, V. Zhabinskii, A. de Groot // *Annals Bot.* – 2000. – Vol. 86. – P. 441–447.
5. Sintez i stress-protektornoje dejstvije na rastienija konjugatov brassinostieroidov s salicilovoj kislotoj / R. P. Litvinovskaja [i dr.] // *Khimija prirod. sojedinenij.* – 2016. – № 3. – S. 394–398.
6. Yefimova, M. V. Vlijaniye brassinostieroidov na formirovanije zashchitnykh rieakcij prorostkov rapsa v uslovijakh zasolienija / M. V. Yefimova, A. V. Manujlova, M. K. Malofij // *Viestn. Tom. gos. un-ta. Biologija.* – 2013. – № 1 (21). – S. 118–128.
7. Shor, V. Ch. Vozdielyvanije gorokha i jarovoj viki v chistykh i smieshannykh posievakh / V. Ch. Shor, L. I. Bieliavskaja // *Sovriemiennyje riesursosbieriegajushchije tiekhnologii proizvodstva rastienijevodchieskoj produkcii v Bielarusi : sb. nauch. tr. / RUP «Nauch.-prakt. centr NAN Bielarusi po ziemliedieliju».* – Minsk : IVC Minfina, 2007. – S. 179–190.
8. Siemiena siel'skokhoziajstviennykh kul'tur. Mietody opriedielienija vskhozhesti. Miezghosudarstviennyj standart : GOST 12038–84. – Vvied. 01.07.86. – M. : Standartinform, 2011. – 29 s.
9. Dyshko, V. N. Agrokhimichieskije mietody issliedovanij : uchieb.-mietod. posobije / V. N. Dyshko, V. V. Dyshko, P. V. Romanienko. – Smoliensk : Smolien. GSKhA, 2014. – 48 s.
10. Shul'gin, I. A. Raschiot sodierzhanija pigmientov s pomoshchju nomogramm / I. A. Shul'gin, A. A. Nichiporovich // *Khlorofill : sb. nauch. st. ; pod ried. A. A. Shlyka.* – Minsk : Nauka i tiekhnika, 1974. – S. 121–136.
11. Protein measurement with Folin phenol reagent / O. H. Lowry [et al.] // *J. Biol. Chem.* – 1951. – Vol. 193, nr 1. – P. 265–275.
12. Rokickij, P. F. Biologichieskaja statistika / P. F. Rokickij. – Minsk : Uradzhaj, 1973. – 320 s.

Рукапіс наступіў у рэдакцыю 04.01.2023

УДК 581.93

Аляксандр Мікалаевіч Мялік

наук. супрацоўнік Цэнтральнага батанічнага саду Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі

Aliaksandr Mialik

Researcher at the Central Botanical Garden of National Academy of Sciences of Belarus

e-mail: aleksandr-myalik@yandex.ru**АСАБЛІВАСЦІ АПАФІТНАЙ ФРАКЦЫІ ФЛОРЫ ПРЫПЯЦКАГА ПАЛЕССЯ
Ў СУВЯЗІ З ЯЕ АНТРАПАГЕННАЙ ТРАНСФАРМАЦЫЯЙ**

Разглядаюцца асаблівасці апафітнай фракцыі флоры Прыпяцкага Палесся, якая прадстаўлена 281 абарыгенным відам сасудзістых раслін. Устаноўлена, што сярод апафітаў, здольных вырастаць ва ўмовах трансфармаваных раслінных супольніцтваў, пераважаюць прадстаўнікі з тэрмафільных сямействаў *Rosaceae*, *Umbelliferae*, *Polygonaceae* і некаторых іншых. Экалага-геаграфічны аналіз апафітнай фракцыі паказвае перавагу відаў з шырокім тыпам арэала, слабай занальнай прымеркаванасцю і ксератэрмічнымі экалагічнымі патрабаваннямі. Гэта сведчыць аб страце флорай сваіх натуральных рыс барэальнай вобласці Галарктыкі і набыцці ксератэрмічных уласцівасцяў пад уплывам антрапагеннага ўздзеяння на прыроднае асяроддзе.

Ключавыя словы: флора Прыпяцкага Палесся, апафітная фракцыя, антрапагенная трансфармацыя.

***Apophytic Fraction's Features of the Pripyat Polesie Flora in Relation
to its Anthropogenic Transformation***

The article considers the features of the apophyte fraction of the flora of Pripyat Polesie. It is represented by 281 native species of vascular plants that are able to grow in conditions of transformed plant communities. It has been established that representatives of the thermophilic families *Rosaceae*, *Umbelliferae*, *Polygonaceae* and some others predominate among apophytes. Ecological and geographical analysis of the apophyte fraction revealed the predominance of species with a wide range type and xerothermic ecological requirements. Thus, the analysis of the apophytic fraction of the flora indicates the loss of its natural characteristics of the boreal region of the Holarctic. The weak zonal confinement of species and the dominance of xerothermic properties lead to the unification of the flora, which is a consequence of the anthropogenic impact on the natural environment of Polesie.

Key words: flora of Pripyat Polesie, apophytic fraction, anthropogenic transformation.

Уводзіны

У цяперашні час праблема антрапагеннай трансфармацыі флоры набывае ўсё большую значнасць для любога прыроднага рэгіёну, што абумоўлена нарастальнымі маштабамі ўздзеяння гаспадарчай дзейнасці чалавека на навакольнае асяроддзе. Не з'яўляецца выключэннем і Прыпяцкае Палессе – фізіка-геаграфічная акруга цэнтральнай часткі Беларускага Палесся, размешчаная ў сярэднім цячэнні ракі Прыпяць.

Дадзеная тэрыторыя на працягу мінулага стагоддзя была падвергнута моцнаму антрапагеннаму ўздзеянню ў выглядзе асушальнай меліярацыі, наступствы якой разам з іншымі фактарамі нарастальнага тэхнагеннага ўздзеяння вызначаюць тэндэнцыі і маштабы сучаснай антрапагеннай трансфармацыі флоры. Пад апошній разумеецца стратэгія адаптацыі расліннага свету да змененых у выніку дзейнасці чалавека ўмоў асяроддзя.

Гэтыя працэсы выяўляюцца ў збыдненні абарыгеннай флоры, сціранні яе рэгіянальных асаблівасцяў, замене мясцовых відаў заноснымі, а карэнных раслінных супольніцтваў – сінантропнымі, што прыводзіць у выніку да зніжэння ўстойлівасці ўсяго расліннага покрыва [1].

Адным з важных падыходаў, што дазваляе вызначыць маштабы і накірункі антрапагеннай трансфармацыі флоры, з'яўляецца ацэнка і аналіз яе сінантрапізацыі, якая выяўляецца ў павелічэнні колькасці відаў (як заносных антрапафітаў, так і абарыгенных апафітаў), здольных вырастаць у межах антрапагенна-пераўтвораных фітацэнозаў [2]. Такім чынам, менавіта апафітная фракцыя вызначае асаблівасці адаптацыі абарыгеннай

флоры да новых умоў пад уплывам тэхнагеннага ўздзеяння. Аднак да цяперашняга часу роля апафітаў у сінантрапізацыі флоры пакуль не атрымала належнай ацэнкі і застаецца слаба даследаванай [3]. У сувязі з гэтым вызначаецца актуальнасць і мэта дадзенай працы – вызначыць асаблівасці апафітнай фракцыі флоры Прыпяцкага Палесся, якія характарызуюць агульныя тэндэнцыі антрапагеннай трансфармацыі расліннага покрыва ў дадзеным рэгіёне.

Матэрыялы і метады даследаванняў

Для вызначэння складу і структуры апафітнай фракцыі флоры Прыпяцкага Палесся выкарыстаны вынікі ўласных фларыстычных даследаванняў, выкананых у межах дадзенага рэгіёну на працягу 2012–2020 гг. маршрутным і напаяўстацыянарным метадам. Улічваліся таксама даступныя звесткі разнастайных літаратурных крыніц (фларыстычныя зводкі, манаграфіі, асобныя публікацыі), а таксама матэрыялы беларускіх (BRTU, GMU, MSK, MSKH, MSKU) і замежных (LE, LW, MW) гербарных калекцый.

Апафітная фракцыя флоры разглядаецца як абарыгенны складнік усёй сінантропнай флоры, што адпавядае поглядам В. Пратапопавай, згодна якім да апошняй адносяцца віды, што спантанна вырастаюць на антрапагенных месцапражываннях, пранікаюць у паўнатуральныя раслінныя супольнасці, а іх больш шырокаму распаўсюджванню спрыяе менавіта антрапагенны прэсінг [4].

Пры вызначэнні асаблівасцей апафітнай фракцыі, якія могуць сведчыць аб агульных тэндэнцыях антрапагеннай трансфармацыі флоры даследуемага рэгіёну, выкарыстаны агульнапрынятыя падыходы параўнальнай фларыстыкі. Сістэматычная структура флоры вызначана з улікам метаду аналізу таксанамічных спектраў, прапанаванага А. Хахраковым [5].

Батаніка-геаграфічныя асаблівасці відаў апафітаў прааналізаваны згодна схеме географічных элементаў флоры Беларусі распрацаванай Н. Казлоўскай [6]. Біямарфалагічная структура апафітнай фракцыі вызначана ў сістэме жыццёвых форм раслін К. Рункіера [7], а пры аналізе экалагічных асаблівасцей выдзяляліся эдафатапічныя (гідроморфы) і кліматапічныя (тэрмаморфы) групы раслін, згодна класіфікацыі Я. Дзідуха [8].

Вынікі і іх абмеркаванне

У выніку праведзеных даследаванняў вызначаны агульны склад сінантропнай фракцыі флоры Прыпяцкага Палесся, якая прадстаўлена 915 відамі сасудзістых раслін (60,2 % ад іх агульнай колькасці) з 443 родаў і 101 сямейства, сярод якіх 634 віда (69,29 %) па свайму паходжанню з'яўляюцца антрапафітамі (адвентыўнымі для Палесся раслінамі), а 281 від (30,71 %) адносіцца да апафітаў – абарыгенных раслін.

Аналізу асаблівасцей сінантропнай фракцыі флоры дадзенага рэгіёну прысвечана асобная публікацыя [9], дзе разглядаюцца яе асноўныя характарыстыкі, якія вызначаюць тэндэнцыі антрапагеннай трансфармацыі флоры Прыпяцкага Палесся. Пры гэтым важныя звесткі дазваляе атрымаць асобны разгляд апафітай фракцыі флоры, паколькі менавіта яна характарызуе адаптацыйныя магчымасці абарыгенных відаў да змененых гаспадарчай дзейнасцю чалавека прыродных умоў.

У табліцы 1 прадстаўлена таксанамічная характарыстыка апафітаў флоры Прыпяцкага Палесся, аналіз якой вызначае шэраг асаблівасцяў.

Табліца 1 – Таксанамічныя асаблівасці апафітнай фракцыі флоры Прыпяцкага Палесся

Сямейства	Колькасць відаў	Ранг	Адносна абарыгеннай флоры Прыпяцкага Палесся	
			колькасць відаў	% ад агульнай колькасці
<i>Compositae</i> Giseke	32	1	85	37,65
<i>Gramineae</i> Juss.	26	2	78	33,33
<i>Fabaceae</i> Lindl.	19	3	37	51,35
<i>Scrophulariaceae</i> Juss.	18	4–5	46	29,13
<i>Caryophyllaceae</i> Juss.	18		39	46,15
<i>Rosaceae</i> Juss.	13	6	38	34,21
<i>Labiatae</i> Juss.	11	7	26	42,31
<i>Salicaceae</i> Mirb.	10	8–10	17	58,82
<i>Polygonaceae</i> Juss.	10		17	58,82
<i>Cruciferae</i> Juss.	10		19	52,63
<i>Ranunculaceae</i> Juss.	9	11	31	29,03
<i>Umbelliferae</i> Juss.	7	12	25	28,00
<i>Cyperaceae</i> Juss.	6	13	73	8,22
<i>Juncaceae</i> Juss.	5	14	18	27,78
<i>Onagraceae</i> Juss.	4	15	9	26,67

Згодна суадносінам буйнейшых па колькасці відаў сямействаў апафітнай фракцыі флоры Прыпяцкага Палесся адносіцца да *Fabaceae*-тыпу. Сінантропная фракцыя дадзенай тэрыторыі адпавядае *Rosaceae*-тыпу [9], а абарыгенная – *Cyperaceae*-тыпу [10]. Такім чынам, менавіта абарыгенная фракцыя вызначае натуральныя занальныя рысы (высокая прадстаўленасць і ранг сямейства *Cyperaceae*) тыповай флоры ўмеранага пояса Галарктыкі. Таксанамічны склад як сінантропнай, так і апафітнай фракцыі сведчыць, што ва ўмовах антрапагеннага ўздзеяння на высокія пазіцыі падымаюцца тэрмафільныя сямействы (*Rosaceae*, *Umbelliferae*, *Polygonaceae* і інш.), прадстаўнікі якіх лепш адаптаваныя да ўмоў парушаных фітацэнозаў. Такім чынам, на антрапагенна трансфармаваных месцапражываннях большую адаптацыйную актыўнасць займаюць цеплалюбныя і засухаўстойлівыя расліны паўднёвага паходжання. Дадзеныя элементы абарыгеннай флоры найбольш устойлівыя і ў межах Прыпяцкага Палесся. Так, найбольшая доля апафітаў адносна агульнай колькасці абарыгенных відаў характэрна для сямействаў *Polygonaceae* – 58,82 %, *Cruciferae* – 52,63 %, *Fabaceae* – 51,35 %, *Caryophyllaceae* – 46,15 % і некаторых інш.

Важныя звесткі дазваляе атрымаць аналіз флоргенетычнай структуры відаў апафітаў (табліца 2). У залежнасці ад асаблівасцяў і здольнасцяў раслін вырастаць і распаўсюджвацца ў межах антрапагенных месцапражыванняў сярод відаў апафітаў вылучаюць 3 флоргенетычныя групы: спантанеафіты, геміапафіты і эўапафіты [3].

Табліца 2 – Флоргенетычная структура апафітаў флоры Прыпяцкага Палесся

Флоргенетычная група	Апафіты		
	эўапафіты	спантанеафіты	геміапафіты
Колькасць відаў	22	131	128
% ад агульнай колькасці	2,40	14,32	13,99
Усяго	281		

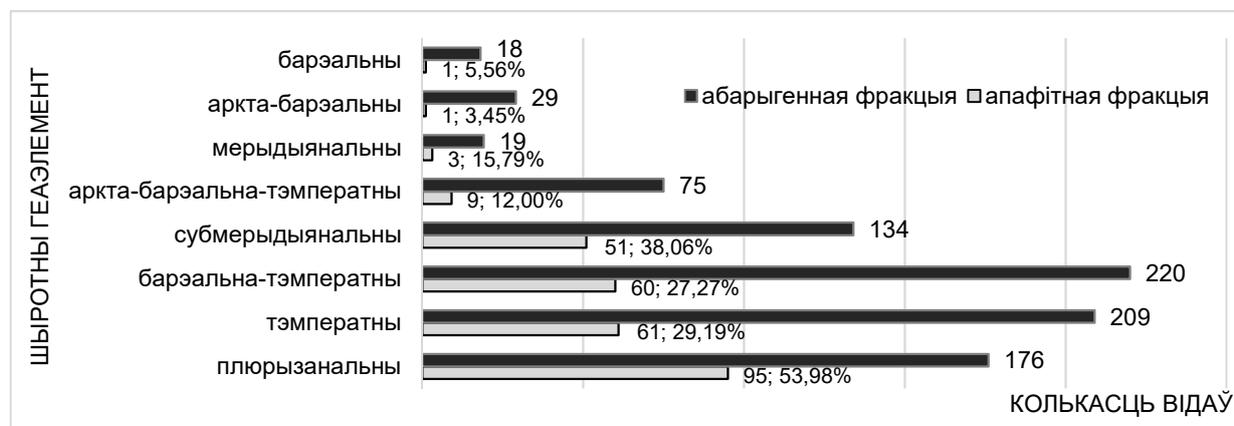
Група эўапафітаў ці аблігатных апафітаў прадстаўлена абарыгеннымі відамі, якія сустракаюцца пераважна ў межах парушаных месцапражыванняў, дзе могуць шырока распаўсюджвацца як экспансіўныя, так і адвентыўныя расліны. У складзе флоры

Прыпяцкага Палесся ўсяго 22 такіх віды, сярод іх *Equisetum arvense* L., *Taraxacum officinale* F.H. Wigg., *Verbascum nigrum* L. і некаторыя інш. шырока распаўсюджаныя расліны. Важна адзначыць, што расліны дадзенай групы малахарактэрныя для натуральных фітацэнозаў, хоць і з’яўляюцца для Беларусі абарыгеннымі відамі па свайму паходжанню.

Да групы спантанеафітаў (выпадковых або няўстойлівых апафітаў) адносіцца 131 сінантропны від абарыгеннага паходжання. Дадзеныя расліны (*Acinos arvensis* (Lam.) Dandy, *Centaurea jacea* L., *Veronica chamaedrys* L. і інш.) вызначаюцца высокай фітацэнатычнай устойлівасцю, што дазваляе ім захоўвацца ў складзе фітацэнозаў пасля іх пераўтварэння чалавекам. Некаторыя з рэдкіх і ахоўваемых відаў гэтай групы (напрыклад, *Silene lithuanica* Zapal., *Thesium ebracteatum* Hayne) у межах парушаных месцапражыванняў нярэдка знаходзяць для свайго росту і развіцця больш выгадныя ўмовы з прычыны аслабленых канкурэнтных сувязяў і спрыяльнага тэрмічнага рэжыму.

Асаблівасць геміапафітаў заключаецца ў тым, што расліны дадзенай групы здольныя актыўна распаўсюджвацца па парушаных месцапражываннях, не губляючы пры гэтым сваіх пазіцый у складзе натуральных фітацэнозаў. Дадзеная група факультатывных апафітаў налічвае 128 відаў. Усе яны (*Equisetum hyemale* L., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, *Rumex acetosa* L. і інш.) адносяцца да эўрытопных раслін з шырокай экалагічнай амплітудай, што і вызначае іх высокі адаптацыйны патэнцыял.

Аналіз геаграфічнай структуры відаў апафітнай фракцыі ў шыротным дыяпазоне арэалаў паказвае, што большасць з іх мае дастаткова слабую занальную прымеркаванасць адносна салярна-кліматычных зон у параўнанні з абарыгеннай фракцыяй флоры даследуемага рэгіёну (малюнак 1).



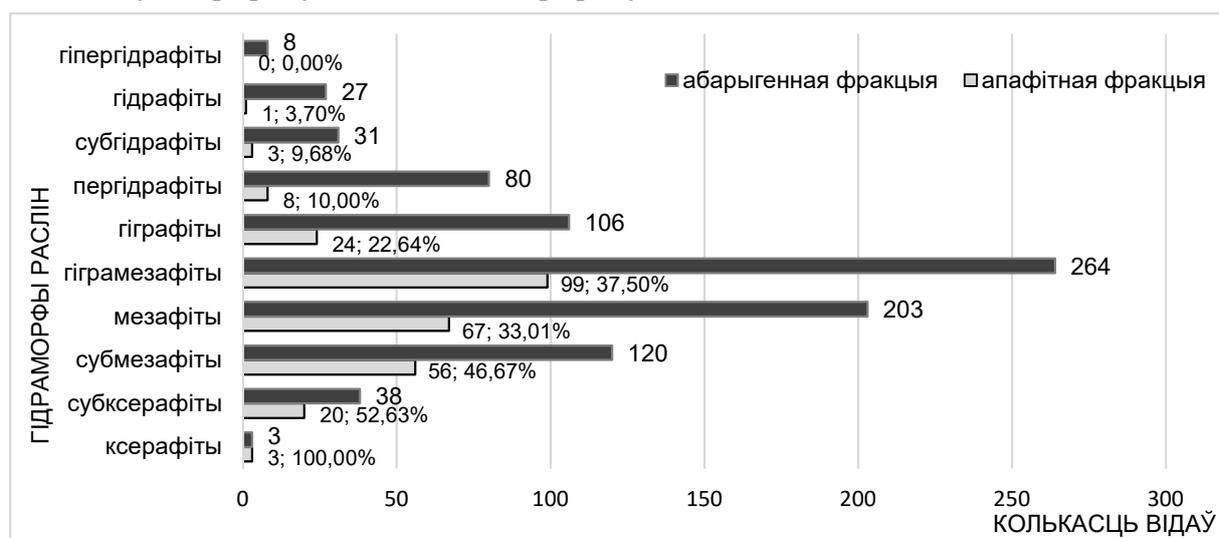
Малюнак 1 – Размеркаванне апафітаў па шыротным геаграфічным элементам флоры

Найбольш шматлікімі з’яўляюцца плюрызанальныя віды (*Equisetum arvense* L., *Poa pratensis* L., *Salix cinerea* L. і інш.) распаўсюджаныя па ўсёй тэрыторыі Еўропы – фактычна ад арктычных шырот да субтропікаў. Доля відаў гэтай групы адносна ўсіх абарыгенных відаў з плюрызанальным тыпам арэала складае 53,98 %. Высокай прадстаўленасцю (больш 50 відаў у кожнай групе) вылучаюцца ўмерана цеплалюбівыя віды – тэмператныя (29,19 %) і барэальна-тэмператныя (27,27 %), а таксама субмерыдыянальныя (38,06 %). Адзінкавымі відамі прадстаўлены элементы арктычнай і барэальнай групы, што адпавядае выяўленай заканамернасці аб высокай адаптацыйнай актыўнасці менавіта тэрмафільных раслін. Такім чынам, сярод апафітаў найбольш шматлікімі з’яўляюцца еўразійскія і галарктычныя плюрызанальныя, а таксама еўрапейска-сібірскія барэальна-тэмператныя віды. Падобныя асаблівасці геаграфічнай структуры апафітаў выяўлены Дз. Трацяковым для сінантропнай флоры Беларусі [11],

а таксама В. Пратапопавай для апафітнай фракцыі флор некаторых гарадоў Украіны (Луцк, Харкаў, Марыупаль, Луганск і інш.) [12].

Апафіты, як і іншыя сінантропныя расліны, маюць таксама шэраг экалагічна-біялагічных асаблівасцяў, што дазваляе ім вырастаць у межах антрапагенна-пераўтвораных месцапражыванняў са спецыфічнымі ўмовамі ўвільготненасці, трафічнага і тэрмічнага рэжыму глеб, іх механічнага і грануламетрычнага складу. Згодна жыццёвым формам раслін у сістэме К. Раункіера, прадстаўнікі апафітнай фракцыі размеркаваны наступным чынам: фанерафіты – 37 відаў, або 13,17 % ад агульнай колькасці, гемікрыптафіты – 169 (60,14 %), геафіты – 22 (7,83 %), тэрафіты – 39 (13,88 %). Дамінаванне групы шматгадовых травяністых раслін тлумачыцца тым, што доўга- (*Hypericum maculatum* Crantz) і короткакарэнішчныя (*Agrimonia eupatoria* L.) расліны з высокай вегетатыўнай рухомасцю больш актыўна распаўсюджваюцца ў межах парушаных фітацэнозаў з аслабленымі канкурэнтнымі сувязямі. Тое ж тычыцца сцержнекарнявых (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.) і шчыльнадзернавінных (*Dactylis glomerata* L.) раслін, лепш прыстасаваных да росту ў месцах з парушаным глебавым покрывам. Аднагадовыя расліны (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., *Arenaria serpyllifolia* L., *Poa annua* L. і інш.), якія ва ўмовах антрапагенна-парушаных фітацэнозаў таксама маюць высокую адаптацыйную актыўнасць, сярод апафітаў больш шматлікія ў параўнанні з абарыгеннай фракцыяй флоры даследуемага рэгіёну, дзе іх доля складае 10,11 % [13].

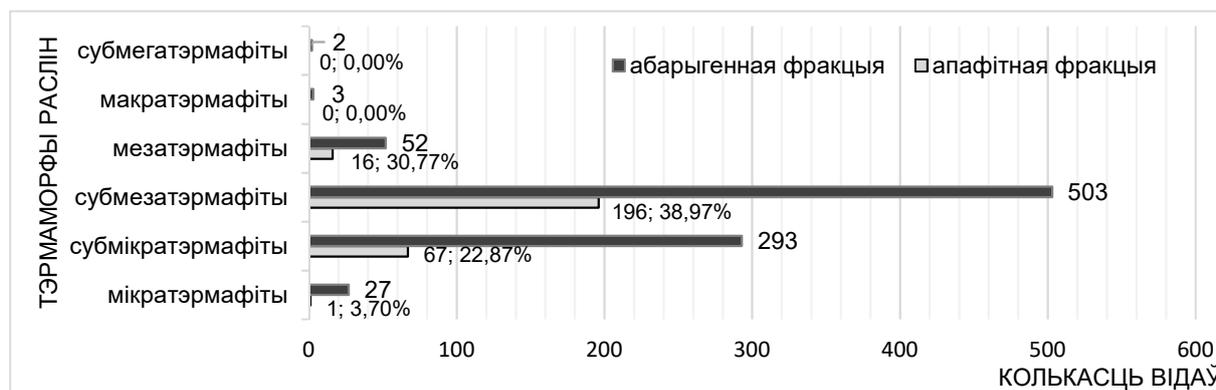
Шэраг асаблівасцяў апафітнай фракцыі флоры дапамагае выявіць таксама яе экалагічны аналіз. Спектр гідраморфаў (малюнак 2) паказвае, што адносна рэжыму ўвільготненасці глебы сярод апафітаў пераважаюць гіграмезафіты (*Aegopodium podagraria* L., *Ranunculus acris* L. і інш.), доля якіх адносна абарыгеннай фракцыі складае 37,50 %, мезафіты (*Carex hirta* L., *Fragaria vesca* L. і інш.) – 33,01 % і субмезафіты (*Asparagus officinalis* L., *Pimpinella saxifraga* L. і інш.) – 46,67 %. Расліны гэтых груп аддаюць перавагу вільготна-лугавому, суха-лугавому і лугава-стэпаваму тыпам месцапражыванняў раслін, згодна класіфікацыі Дз. Цыганова [14]. У цэлым назіраецца заканамернасць, што ў складзе апафітнай фракцыі больш прадстаўлены менавіта засухаўстойлівыя гідраморфы. Рэпрэзентатыўнасць групы субмезафітаў складае 46,67 %, субксерофітаў – 52,63 %, а ксерофітаў дасягае 100 %.



Малюнак 2 – Параўнальная характарыстыка гідраморфаў апафітнай і абарыгеннай фракцый флоры Прыпяцкага Палесся

У адпаведнасці з гэтым можна адзначыць, што ў выніку антрапагеннага ўздзеяння адбываецца ксерафітызацыі флоры і раслінных супольніцтваў, значную частку фларыстычнага складу якіх утвараюць менавіта апафіты як найбольш устойлівыя расліны.

Важныя звесткі аб асаблівасцях апафітнай фракцыі флоры (з улікам раней выяўленай высокай адаптацыйнай актыўнасці відаў з тэрмафільных сямействаў) дазваляе атрымаць яе аналіз адносна тэрмічнага рэжыму фітацэнозаў (малюнак 3).



Малюнак 3 – Параўнальная характарыстыка тэрмаморфаў апафітнай і абарыгеннай фракцый флоры Прыпяцкага Палесся

Прадстаўлены спектр тэрмаморфаў паказвае, што ў складанні апафітнай фракцыі флоры асноўная роля належыць умерана-цеплалюбівым і цеплалюбівым раслінам – субмезатэрмафітам (*Dianthus deltoides* L., *Trifolium aureum* Pollich і інш.) і мезатэрмафітам (*Chondrilla juncea* L., *Trifolium fragiferum* L. і інш.). Рэпрэзентатыўнасць дадзеных груп у складзе апафітнай фракцыі складае 38,97 % і 30,77 % адпаведна. Экалагічныя патрабаванні гэтых відаў адпавядаюць субмерыдыянальнаму і мерыдыянальнаму занальным рэжымам цеплазабяспечанасці тэрыторыі, што было адзначана і пры геаграфічным аналізе апафітнай фракцыі адносна размеркавання відаў па шыротным геаграфічным элементам.

Такім чынам, экалагічны аналіз апафітнай фракцыі флоры Прыпяцкага Палесся паказвае, што ў выніку сінантрапізацыі флора і расліннае покрыва набываюць рысы, характэрныя для фітахарыёнаў больш паўднёвых тэрыторый. Усё гэта выяўляецца ў перавазе цеплалюбівых і засухаўстойлівых раслін, якія аддаюць перавагу субкантынентальным кліматычным умовам.

Заклучэнне

Атрыманыя вынікі паказваюць, што аналіз апафітнай фракцыі, якая адначасова з’яўляецца часткай абарыгеннай і сінантропнай флоры, дазваляе вызначыць некаторыя асаблівасці і накірункі антрапагеннай трансфармацыі ўсёй флоры. У выніку сукупнага ўздзеяння тэхнагенных і прыродных фактараў на навакольнае асяроддзе Прыпяцкага Палесся адбылося павелічэнне колькасці абарыгенных відаў апафітаў, здольных вырастаць ва ўмовах антрапагенапераўтвораных фітацэнозаў. Пры гэтым больш высокі адаптацыйны патэнцыял маюць прадстаўнікі тэрмафільных сямействаў з шырокім тыпам арэала і ксератэрмічнымі экалагічнымі патрабаваннямі. Павелічэнне такіх відаў у структуры расліннага покрыва прыводзіць да змены натуральнага складу прыроднай флоры, што выяўляецца ў сціранні яе рэгіянальных асаблівасцяў і страце прыкмет тыповай флоры барэальнай вобласці Галарктыкі.

СПІС ВЫКАРЫСТАНАЙ ЛІТАРАТУРЫ

1. Горчаковский, П. Л. Антропогенные изменения растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование / П. Л. Горчаковский // Экология. – 1984. – № 5. – С. 3–16.
2. Горчаковский, П. Л. Синантропизация растительного покрова в условиях заповедного режима / П. Л. Горчаковский, Е. В. Козлова // Экология. – 1998. – № 3. – С. 171–177.
3. Sukkop, H. Apophytes in the flora of Central Europe / H. Sukkop // Polish Botanical Studies. – 2006. – Nr 22. – P. 473–485.
4. Протопопова, В. В. Синантропная флора Украины и пути ее развития / В. В. Протопопова. – Киев : Наук. думка, 1991. – 202 с.
5. Хохряков, А. П. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике / А. П. Хохряков // Ботан. журн. – 2000. – Т. 85, № 5. – С. 1–11.
6. Козловская, Н. В. Флора Белоруссии, закономерности ее формирования, научные основы использования и охраны / Н. В. Козловская. – Минск : Наука и техника, 1978. – 128 с.
7. Raunkiaer, C. Plant life forms / C. Raunkiaer. – Oxford : At the clarendon press, 1937. – 104 p.
8. Didukh, Ya. P. The ecological scales of the species of ukrainian flora and their use in synphytoindication / Ya. P. Didukh. – Kyiv : Phytosociocenter, 2011. – 176 p.
9. Мялик, А. Н. Синантропизация флоры Припятского Полесья как показатель ее антропогенной трансформации / А. Н. Мялик, В. И. Парфенов // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2018. – Т. 63, № 3. – С. 276–285.
10. Мялик, А. Н. Особенности таксономического состава аборигенной фракции флоры Припятского Полесья / А. Н. Мялик // Ботаника (исследования) : сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси. – Минск, 2019. – Вып. 48. – С. 89–97.
11. Третьяков, Д. И. Роль синантропного компонента в формировании флоры Белоруссии : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Д. И. Третьяков ; Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича АН БССР. – Минск, 1990. – 20 с.
12. Protopopova, V. V. The geographical analysis of apophytes fraction of urban floras of Ukraine / V. V. Protopopova, M. V. Shevera, M. M. Fedoronchuk // Thaiszia – J. Bot., Košice. – 2012. – Nr 22 (2). – P. 181–189.
13. Мялик, А. Н. Биоморфологический анализ аборигенной флоры Припятского Полесья / А. Н. Мялик // Весн. Брєсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2016. – № 1. – С. 46–54.
14. Цыганов, Д. Н. Экоморфы флоры хвойно-широколиственных лесов / Д. Н. Цыганов. – М. : Наука, 1976. – 60 с.

REFERENCES

1. Gorchakovskij, P. L. Antropogienyije izmienienija rastitel'nosti: monitoring, ocenka, prognozirovanije / P. L. Gorchakovskij // Ekologija. – 1984. – № 5. – S. 3–16.
2. Gorchakovskij, P. L. Sinantropizacija rastitel'nogo pokrova v uslovijakh zapovednogo riezhima / P. L. Gorchakovskij, Ye. V. Kozlova // Ekologija. – 1998. – № 3. – S. 171–177.
3. Sukkop, H. Apophytes in the flora of Central Europe / H. Sukkop // Polish Botanical Studies. – 2006. – Nr 22. – P. 473–485.
4. Protopopova, V. V. Sinantropnaja flora Ukrainy i puti jejo razvitija / V. V. Protopopova. – Kijev : Nauk. dumka, 1991. – 202 s.
5. Khokhriakov, A. P. Taksonomichieskije spiektry i ikh rol' v sravnitel'noj floristikie / A. P. Khokhriakov // Botan. zhurn. – 2000. – T. 85, № 5. – S. 1–11.

6. Kozlovskaja, N. V. Flora Bielorusii, zakonomiernosti jejo formirovanija, nauchnyje osnovy ispol'zovanija i okhrany / N. V. Kozlovskaja. – Minsk : Nauka i tiekhnika, 1978. – 128 s.
7. Raunkiaer, C. Plant life forms / C. Raunkiaer. – Oxford : At the clarendon press, 1937. – 104 p.
8. Didukh, Ya. P. The ecological scales of the species of ukrainian flora and their use in synphytoindication / Ya. P. Didukh. – Kyiv : Phytosociocenter, 2011. – 176 p.
9. Mialik, A. N. Sinantropizacija flory Pripiatskogo Polies'ja kak pokazatel' jejo antropogennoj transformacii / A. N. Mialik, V. I. Parfionov // Vies. Nac. akad. navuk Bielarusi. Sier. bijal. navuk. – 2018. – T. 63, № 3. – S. 276–285.
10. Mialik, A. N. Osobiennosti taksonomichieskogo sostava aborigiennoj frakcii flory Pripiatskogo Polies'ja / A. N. Mialik // Botanika (issliedovanija) : sb. nauch. tr. / In-t ekspierim. botaniki NAN Bielarusi. – Minsk, 2019. – Vyp. 48. – S. 89–97.
11. Triet'jakov, D. I. Rol' sinantropnogo komponenta v formirovanii flory Bielorusii : avtorief. dis. ... kand. biol. nauk : 03.00.05 / D. I. Triet'jakov ; In-t ekspierim. botaniki im. V. F. Kuprievicha AN BSSR. – Minsk, 1990. – 20 s.
12. Protopopova, V. V. The geographical analysis of apophytes fraction of urban floras of Ukraine / V. V. Protopopova, M. V. Shevera, M. M. Fedoronchuk // Thaiszia – J. Bot., Košice. – 2012. – Nr 22 (2). – P. 181–189.
13. Mialik, A. N. Biomorfologichieskij analiz aborigiennoj flory Pripiatskogo Polies'ja / A. N. Mialik // Viesn. Bresc. un-ta. Sier. 5, Khimija. Bijalohija. Navuki ab ziamli. – 2016. – № 1. – S. 46–54.
14. Cyganov, D. N. Ekomorfy flory khvojno-shirokolistviennykh liesov / D. N. Cyganov. – M. : Nauka, 1976. – 60 s.

Рукапіс наступіў у рэдакцыю 12.08.2022

УДК 577.175.1:576.353

Александр Николаевич Тарасюк
канд. биол. наук, доц., зав. каф. зоологии и генетики
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
Alexander Tarasiuk
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Zoology and Genetics
of Brest State A. S. Pushkin University
e-mail: tarasiuk01@yandex.ru

**ПРОТЕКТОРНЫЕ СВОЙСТВА ЭПИКАСТАСТЕРОНА
И ЕГО КОНЬЮГАТОВ С КИСЛОТАМИ
ПО ОТНОШЕНИЮ К ТОКСИЧЕСКОМУ ДЕЙСТВИЮ ИОНОВ СВИНЦА И КАДМИЯ
НА КЛЕТКИ КОРНЕВОЙ МЕРИСТЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР***

Исследовано влияние brassinosterоида 24-эпикастастерона и его конъюгатов с органическими кислотами на митотическую активность клеток корневой меристемы проростков гречихи и гороха в условиях токсического действия ионов свинца и кадмия. Показано, что данные соединения в концентрациях 10^{-9} , 10^{-8} и 10^{-7} М значительно повышают митотическую активность клеток при предварительной обработке семян, предшествующей воздействию ионов свинца и кадмия, снижающему этот показатель. Полученные результаты свидетельствуют о том, что 24-эпикастастерон и его конъюгаты обладают выраженными протекторными свойствами по отношению к токсическому действию ионов свинца и кадмия.

Ключевые слова: brassinosterоиды, 24-эпикастастерон, конъюгаты brassinosterоидов с кислотами, тяжелые металлы, митотическая активность, протекторные свойства.

Protective Properties of Epicastasterone and its Conjugates with Acids in Relation to the Toxic Effect of Lead and Cadmium Ions on the Cells of the Root Meristem of Agricultural Crops

The influence of the brassinosteroid 24-epicastasterone and its conjugates with organic acids on the mitotic activity of the cells of the root meristem of buckwheat and pea seedlings under the toxic action of lead and cadmium ions was studied. It was shown that these compounds at concentrations of 10^{-9} , 10^{-8} , and 10^{-7} M significantly increase the mitotic activity of cells during seed pretreatment prior to exposure to lead and cadmium ions, which reduces this indicator. The results obtained indicate that 24-epikastasterone and its conjugates have pronounced protective properties in relation to the toxic effects of lead and cadmium ions.

Key words: brassinosteroids, 24-epicastasterone, conjugates of brassinosteroids with acids, heavy metals, mitotic activity, protective properties.

Введение

В последние десятилетия наблюдается значительное возрастание степени загрязнения окружающей среды потенциально токсическими элементами вследствие быстрого развития промышленности, резкого увеличения числа автотранспортных средств, возрастания количества вносимых в почву минеральных удобрений. Наиболее распространенными и опасными из них являются тяжелые металлы (ТМ) [1]. Накапливаясь в растениях, ТМ приводят к угнетению различных физиологических процессов и, как следствие, к существенному снижению урожайности сельскохозяйственных культур и устойчивости их к действию неблагоприятных факторов среды и болезням. В связи с этим проблема повышения устойчивости растений к действию ТМ является актуальной и имеет большое практическое значение [2].

*Работа выполнена в рамках НИР «Оценка влияния природных brassinosterоидов и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельскохозяйственных и декоративных растений» подпрограммы «Химические основы процессов жизнедеятельности» (Биоорхимия) ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия» на 2021–2025 гг. (№ госрегистрации 20211450 от 20.05.2021 г.).

Одним из наиболее общих и легко регистрируемых проявлений токсичности ТМ для растений является замедление ростовых процессов, что связано с их прямым действием на деление клеток [3]. Известно, что наиболее интенсивно деление клеток происходит в апикальных меристемах корня и побега, а формирование всех органов растения связано в первую очередь с функционированием меристематических клеток. Изучение митотической активности клеток меристемы корня у разных видов растений (гороха, лука, ячменя, *Crepis capillaries*, *Lathyrus odoratus*) показало, что в присутствии ТМ в высоких концентрациях замедляется интенсивность клеточных делений, уменьшается количество клеток на всех фазах митоза, увеличивается продолжительность отдельных фаз и всего митотического цикла [4].

В меристематических клетках корней высокие концентрации ТМ также приводят к цитогенетическим нарушениям, таким как, например, спирализация хромосом, неравное их расхождение к полюсам клетки или полное отсутствие расхождения, появление тетраплоидных клеток [5; 6]. В основе всех отмеченных выше нарушений клеточного деления, прежде всего, лежит способность связывания ионов металлов с сульфгидрильными группами белков веретена деления и ферментов, ответственных за прохождение митоза, в результате чего они теряют свою активность [7; 8].

Для повышения устойчивости растений к действию ТМ могут быть использованы биологически активные вещества, к числу которых относятся brassinosterоиды (БС). Для этих соединений установлено стресс-протекторное действие, проявляющееся в повышении устойчивости растений к засухе, анаэробнозису, засолению, полеганию и др. [9].

В то же время число веществ этого класса, обладающих значительной стресс-протекторной активностью, весьма ограничено [9; 10]. В связи с этим важной задачей является поиск новых веществ из класса БС, обладающих протекторным действием по отношению к ТМ. К числу таких веществ относятся конъюгаты brassinosterоидов с кислотами, действие которых на растительные организмы остается малоизученным.

Целью данного исследования является оценка протекторного действия 24-эпикастастерона и его конъюгатов с салициловой и индолилуксусной кислотами по отношению к токсическому действию ионов свинца и кадмия на клетки корневой меристемы гречихи и гороха.

Материалы и методы

Для оценки протекторного действия 24-эпикастастерона и его конъюгатов с кислотами по отношению к токсическому действию ТМ на клетки корневой меристемы сельскохозяйственных культур были использованы следующие соединения:

- 24-эпикастастерон (ЭК);
- 2-моносалицилат 24-эпикастастерона (S23);
- тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона (S31);
- нитрат кадмия $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$;
- нитрат свинца $Pb(NO_3)_2$.

Исследования проводились на двух сельскохозяйственных культурах: гречихе посевной *Fagopyrum esculentum* Moench., сорт Влада и горохе посевном *Pisum sativum* L., сорт Саламанка.

Выбор концентраций действующих веществ осуществлялся на основе оценочных опытов по влиянию 24-эпикастастерона и его конъюгатов с кислотами, а также нитратов кадмия и свинца на всхожесть, энергию прорастания и начальные этапы роста. Были использованы следующие концентрации:

1) для 24-эпикастастерона и его конъюгатов с кислотами – 10^{-7} , 10^{-8} и 10^{-9} М (исследованные более высокие концентрации обладают ингибирующим действием, а более

низкие содержат столь незначительные количества действующих веществ, что возможные наблюдаемые эффекты трудно объяснить их влиянием);

2) для соединений ТМ: нитрата свинца – 10^{-2} М (гречиха) и 10^{-3} М (горох), нитрата кадмия – 10^{-3} М (гречиха) и 10^{-4} М (горох) (исследованные более высокие концентрации практически полностью ингибируют прорастание семян, а более низкие – незначительно угнетают прорастание семян и рост корешков).

Воздействие осуществлялось путем замачивания семян в течение 5 ч в растворах БС, а затем в течение 5 ч в растворах нитратов свинца и кадмия. Для оценки влияния ионов свинца и кадмия без воздействия БС семена замачивали в течение 5 ч в воде, а затем в течение 5 ч в растворах нитратов свинца и кадмия. Были использованы следующие варианты опыта:

- 1) дистиллированная вода (контроль);
- 2) раствор $Pb(NO_3)_2$ с концентрацией 10^{-2} М для гречихи и 10^{-3} М для гороха;
- 3) раствор $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ с концентрацией 10^{-3} М для гречихи и 10^{-4} М для гороха;
- 4) растворы ЭК с концентрациями 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М + раствор $Pb(NO_3)_2$ с концентрацией 10^{-2} М для гречихи и 10^{-3} М для гороха;
- 5) растворы S23 с концентрациями 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М + раствор $Pb(NO_3)_2$ с концентрацией 10^{-2} М для гречихи и 10^{-3} М для гороха;
- 6) растворы S31 с концентрациями 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М + раствор $Pb(NO_3)_2$ с концентрацией 10^{-2} М для гречихи и 10^{-3} М для гороха;
- 7) растворы ЭК с концентрациями 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М + раствор $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ с концентрацией 10^{-3} М для гречихи и 10^{-4} М для гороха;
- 8) растворы S23 с концентрациями 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М + раствор $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ с концентрацией 10^{-3} М для гречихи и 10^{-4} М для гороха;
- 9) растворы S31 с концентрациями 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М + раствор $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ с концентрацией 10^{-3} М для гречихи и 10^{-4} М для гороха.

Проращивание семян гречихи посевной и гороха посевного проводили согласно ГОСТу 12038–84 [11].

По достижении корешками длины 1,5–2 см, примерно через 2–3 суток после начала проращивания, их фиксировали в свежеприготовленном спиртуксусном (3:1) фиксаторе в количестве не менее 20 корешков на вариант опыта. Цитологические препараты корневой меристемы готовили общепринятым ацетоорсеиновым методом [12].

Анализ препаратов с целью определения митотической активности осуществляли на микроскопе Микмед-5 при увеличении 15×40 .

В каждом варианте опыта анализировали не менее 2 000 клеток с препаратов 4–5 корешков. Для каждого корешка в трех полях зрения проводили подсчет числа клеток, находящихся на стадиях интерфазы (И), профазы (П), метафазы (М), анафазы (А) и телофазы (Т) соответственно. В качестве показателя митотической активности клеток использовали митотический индекс (МИ), измеряемый в промилле (‰), который рассчитывали по следующей формуле (1) [12]:

$$MI = \frac{П + М + А + Т}{П + М + А + Т + И} \cdot 1000. \quad (1)$$

Статистическую обработку проводили по общепринятым методикам, согласно П. Ф. Рокицкому [13], с использованием программы Microsoft Excel. Для оценки достоверности различий был применен t-критерий Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований установлено, что при действии ионов свинца и кадмия наблюдается снижение митотической активности клеток корневой меристемы гречихи относительно контроля (таблицы 1, 2). При этом наиболее выраженный ингибирующий эффект демонстрирует нитрат свинца в концентрации 10^{-2} М – митотический индекс составляет 23,1 % по отношению к контролю (различия достоверны при $P \leq 0,001$). При действии нитрата кадмия митотический индекс клеток корневой меристемы гречихи снижается не столь значительно и составляет 87,2 % к контролю (различия недостоверны).

Предварительная обработка БС семян гречихи, предшествующая воздействию нитратов свинца и кадмия, в большинстве случаев приводит к увеличению значений митотического индекса по сравнению с результатами обработки семян только нитратами свинца и кадмия (таблицы 1, 2; рисунки 1, 2).

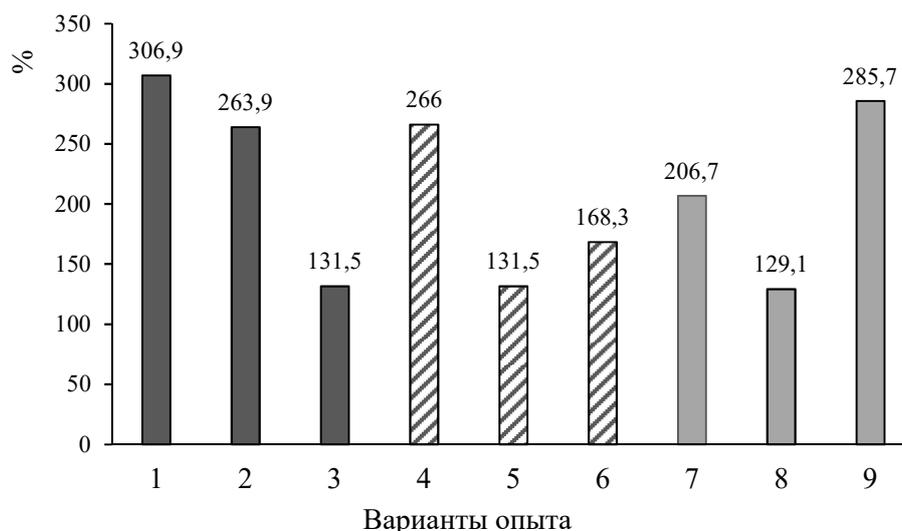
Максимальный эффект при этом отмечается при предварительной обработке БС, предшествующей воздействию ионов свинца: во всех вариантах опыта различия достоверны при $P \leq 0,001$. Наилучшие результаты показывает предварительная обработка ЭК 10^{-9} М – 406,9 %, S31 10^{-7} М – 385,7 %, S23 10^{-9} М – 366,0 % по отношению к варианту $Pb(NO_3)_2$ 10^{-2} М.

В результате предварительной обработки БС семян гречихи, предшествующей воздействию ионов кадмия, достоверный (при $P \leq 0,01$) положительный эффект отмечается для S23 и S31 в концентрации 10^{-9} М (митотический индекс увеличивается на 38,5 и 38,7 % соответственно). В остальных случаях увеличение значений митотического индекса не является достоверным.

Таблица 1 – Влияние 24-эпикастерона и его конъюгатов с кислотами на митотическую активность клеток корневой меристемы гречихи при воздействии ионов свинца

Вариант опыта	Митотический индекс	
	%	% к контролю
Контроль	63,84 ± 4,17	100,0
$Pb(NO_3)_2$, 10^{-2} М	14,72 ± 1,36***	23,1
		% к $Pb(NO_3)_2$, 10^{-2} М
$Pb(NO_3)_2$, 10^{-2} М	14,72 ± 1,36	100,0
24-эпикастерон		
ЭК, 10^{-9} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-2} М	59,89 ± 3,90***	406,9
ЭК, 10^{-8} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-2} М	53,56 ± 1,79***	363,9
ЭК, 10^{-7} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-2} М	34,08 ± 4,23***	231,5
2-моносалицилат 24-эпикастерона		
S23, 10^{-9} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-2} М	53,87 ± 3,61***	366,0
S23, 10^{-8} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-2} М	34,11 ± 1,87***	231,7
S23, 10^{-7} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-2} М	39,49 ± 2,98***	268,3
тетраиндолилацетат 24-эпикастерона (S31)		
S31, 10^{-9} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-2} М	45,15 ± 4,19***	306,7
S31, 10^{-8} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-2} М	33,72 ± 2,84***	229,1
S31, 10^{-7} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-2} М	56,77 ± 3,91***	385,7

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



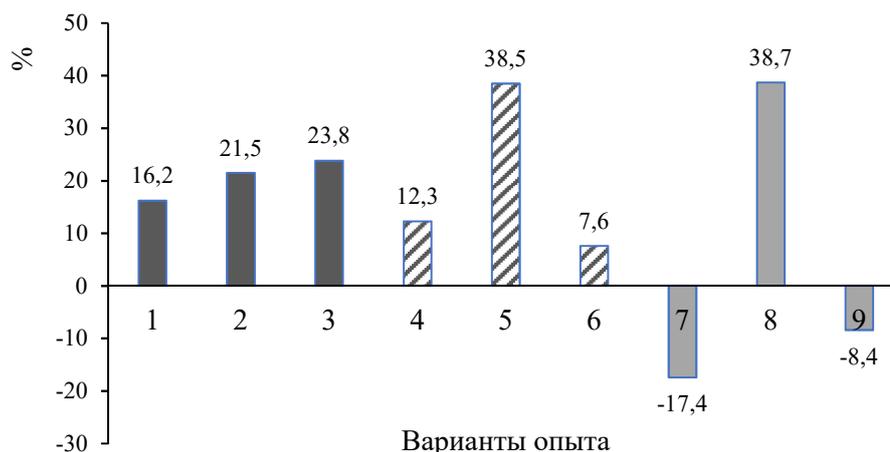
1, 2, 3 – ЭК в концентрациях 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М; 4, 5, 6 – S23 в концентрациях 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М;
7, 8, 9 – S31 в концентрациях 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М.

Рисунок 1 – Влияние обработки семян 24-эпикастероном и его конъюгатами с кислотами, предшествующей воздействию $Pb(NO_3)_2$ в концентрации 10^{-2} М, на митотический индекс клеток корневой меристемы гречихи, % относительно варианта опыта с воздействием $Pb(NO_3)_2$

Таблица 2 – Влияние 24-эпикастерона и его конъюгатов с кислотами на митотическую активность клеток корневой меристемы гречихи при воздействии ионов кадмия

Вариант опыта	Митотический индекс	
	%	% к контролю
Контроль	63,84 ± 4,17	100,0
$Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-3} М	55,64 ± 4,36	87,2
		% к $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-3} М
$Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-3} М	55,64 ± 4,36	100,0
24-эпикастерон		
ЭК, 10^{-9} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-3} М	64,63 ± 5,13	116,2
ЭК, 10^{-8} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-3} М	67,58 ± 5,04	121,5
ЭК, 10^{-7} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-3} М	68,87 ± 6,96	123,8
2-моносалицилат 24-эпикастерона		
S23, 10^{-9} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-3} М	62,51 ± 5,04	112,3
S23, 10^{-8} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-3} М	77,06 ± 4,82**	138,5
S23, 10^{-7} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-3} М	59,86 ± 5,15	107,6
тетраиндолилацетат 24-эпикастерона (S31)		
S31, 10^{-9} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-3} М	45,98 ± 4,89	82,6
S31, 10^{-8} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-3} М	77,15 ± 4,28**	138,7
S31, 10^{-7} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-3} М	50,94 ± 4,52	91,6

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



1, 2, 3 – ЭК в концентрациях 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М; 4, 5, 6 – S23 в концентрациях 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М; 7, 8, 9 – S31 в концентрациях 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М.

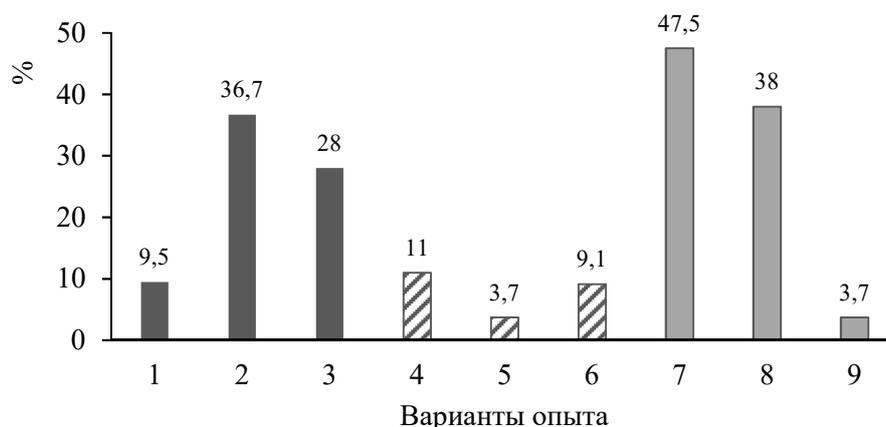
Рисунок 2 – Влияние обработки семян 24-эпикастероном и его конъюгатами с кислотами, предшествующей воздействию $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ в концентрации 10^{-3} М, на митотический индекс клеток корневой меристемы гречихи, % относительно варианта опыта с воздействием $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$

Воздействие ионов свинца и кадмия на семена гороха также приводит к снижению митотической активности клеток корневой меристемы проростков. Так, при действии $Pb(NO_3)_2$ в концентрации 10^{-3} М, митотический индекс составляет 68,1 % по отношению к контролю (достоверно при $P \leq 0,001$) (таблица 3), а при действии $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ в концентрации 10^{-4} М этот показатель также достоверно (при $P \leq 0,001$) снижается до уровня 60,5 % по сравнению с контролем (таблица 4). Обработка семян гороха растворами БС, предшествующая воздействию ионов свинца и кадмия, приводит к увеличению митотической активности клеток корневой меристемы (таблицы 3, 4; рисунки 3, 4).

Таблица 3 – Влияние 24-эпикастерона и его конъюгатов с кислотами на митотическую активность клеток корневой меристемы гороха при воздействии ионов свинца

Вариант опыта	Митотический индекс	
	%	% к контролю
Контроль	93,15 ± 5,44	100,0
$Pb(NO_3)_2$, 10^{-3} М	63,44 ± 5,16***	68,1
		% к $Pb(NO_3)_2$, 10^{-3} М
$Pb(NO_3)_2$, 10^{-3} М	63,44 ± 5,16	100,0
24-эпикастерон		
ЭК, 10^{-9} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-3} М	69,47 ± 5,62	109,5
ЭК, 10^{-8} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-3} М	86,78 ± 5,78**	136,7
ЭК, 10^{-7} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-3} М	81,22 ± 6,98	128,0
2-моносалицилат 24-эпикастерона		
S23, 10^{-9} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-3} М	70,42 ± 4,28	111,0
S23, 10^{-8} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-3} М	65,82 ± 4,48	103,7
S23, 10^{-7} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-3} М	69,21 ± 5,88	109,1
тетраиндолилацетат 24-эпикастерона (S31)		
S31, 10^{-9} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-3} М	93,56 ± 2,37***	147,5
S31, 10^{-8} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-3} М	87,56 ± 2,79***	138,0
S31, 10^{-7} М + $Pb(NO_3)_2$, 10^{-3} М	65,80 ± 3,68	103,7

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



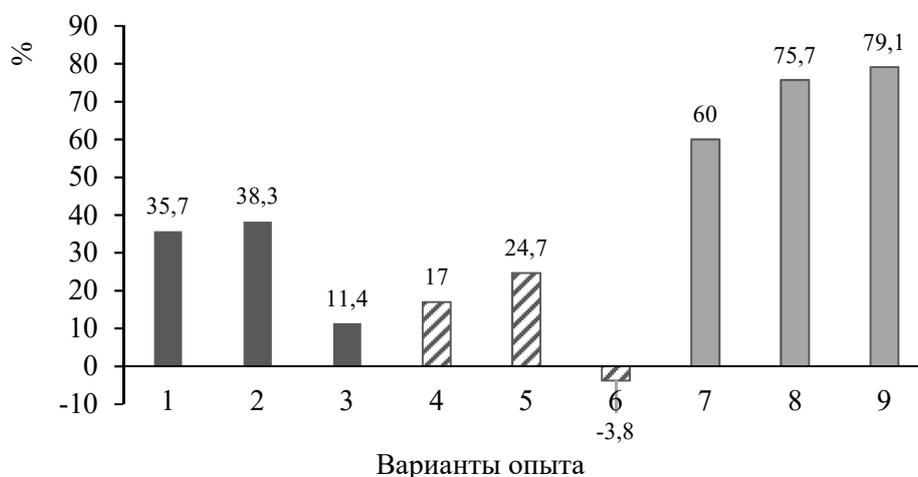
1, 2, 3 – ЭК в концентрациях 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М; 4, 5, 6 – S23 в концентрациях 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М; 7, 8, 9 – S31 в концентрациях 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М.

Рисунок 3 – Влияние обработки семян 24-эпикастероном и его конъюгатами с кислотами, предшествующей воздействию $Pb(NO_3)_2$ в концентрации 10^{-3} М, на митотический индекс клеток корневой меристемы гороха, % относительно варианта опыта с воздействием $Pb(NO_3)_2$

Таблица 4 – Влияние 24-эпикастерона и его конъюгатов с кислотами на митотическую активность клеток корневой меристемы гороха при воздействии ионов кадмия

Вариант опыта	Митотический индекс	
	%	% к контролю
Контроль	$93,15 \pm 5,44$	100,0
$Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-4} М	$56,31 \pm 5,37^{***}$	60,5
		% к $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-4} М
$Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-4} М	$56,31 \pm 5,37$	100,0
24-эпикастерон		
ЭК, 10^{-9} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-4} М	$76,40 \pm 9,60$	135,7
ЭК, 10^{-8} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-4} М	$77,86 \pm 4,05^{**}$	138,3
ЭК, 10^{-7} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-4} М	$62,74 \pm 5,21$	111,4
2-моносалицилат 24-эпикастерона		
S23, 10^{-9} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-4} М	$65,87 \pm 5,35$	117,0
S23, 10^{-8} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-4} М	$70,23 \pm 8,26$	124,7
S23, 10^{-7} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-4} М	$54,19 \pm 5,10$	96,2
тетраиндолилацетат 24-эпикастерона (S31)		
S31, 10^{-9} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-4} М	$89,91 \pm 4,38^{***}$	160,0
S31, 10^{-8} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-4} М	$98,92 \pm 3,45^{***}$	175,7
S31, 10^{-7} М + $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 10^{-4} М	$100,86 \pm 3,08^{***}$	179,1

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



1, 2, 3 – ЭК в концентрациях 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М; 4, 5, 6 – S23 в концентрациях 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М;
7, 8, 9 – S31 в концентрациях 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} М.

Рисунок 4 – Влияние обработки семян 24-эпикастероном и его конъюгатами с кислотами, предшествующей воздействию $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в концентрации 10^{-4} М, на митотический индекс клеток корневой меристемы гороха, % относительно варианта опыта с воздействием $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Достоверные эффекты на фоне воздействия ионов свинца выявлены при предварительной обработке ЭК 10^{-8} М, S31 10^{-8} М, S31 10^{-9} М: митотический индекс увеличивается на 36,7, 47,5 и 38 % соответственно.

Предварительная обработка ЭК 10^{-8} М, S31 10^{-9} М, S31 10^{-8} М, S31 10^{-7} М, предшествующая воздействию нитрата кадмия, также приводит к достоверному увеличению митотического индекса соответственно на 38,3, 60, 75,7 и 79,1 %.

Закключение

Проведено исследование протекторного действия 24-эпикастерона и его конъюгатов с биологически значимыми органическими кислотами (салициловой и индолилуксусной) по отношению к токсическому действию ионов свинца и кадмия на клетки корневой меристемы проростков гречихи и гороха.

Установлено, что исследуемые соединения значительно повышают значения митотического индекса клеток при предварительной обработке семян, предшествующей воздействию ионов свинца и кадмия, по сравнению с результатами действия ионов свинца и кадмия без предварительной обработки БС. Это означает, что они обладают выраженным протекторным действием и защищают растения от негативного влияния соединений ТМ. Наибольшую эффективность для гречихи проявляют ЭК и S23 в концентрации 10^{-9} и S31 в концентрации 10^{-7} М при воздействии ионов свинца, S23 и S31 в концентрации 10^{-8} М при воздействии ионов кадмия; для гороха – S31 в концентрациях 10^{-9} и 10^{-8} М при воздействии ионов свинца, S31 в концентрациях 10^{-8} и 10^{-7} М при воздействии ионов кадмия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведев, И. Ф. Тяжелые металлы в экосистемах / И. Ф. Медведев, С. С. Дерягин. – Саратов : Ракурс, 2017. – 178 с.

2. Казнина, Н. М. Физиолого-биохимические и молекулярно-генетические механизмы устойчивости растений семейства Poaceae к тяжелым металлам : дис. ... д-ра биол. наук : 03.01.05 / Н. М. Казнина. – Петрозаводск, 2005. – 385 л.
3. Устойчивость растений к тяжелым металлам / А. Ф. Титов [др.] ; под. общ. ред. А. Ф. Титова. – Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2007. – 170 с.
4. Серегин, И. В. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения / И. В. Серегин, В. Б. Иванов // Физиология растений. – 2001. – Т. 48, № 4. – С. 606–630.
5. Довгалиук, А. И. Цитогенетические эффекты солей токсичных металлов в клетках апикальной меристемы корней проростков *Allium cepa* L. / А. И. Довгалиук, Т. В. Калинин, Я. В. Блюм // Цитология и генетика. – 2001. – Т. 35, № 2. – С. 3–10.
6. Демченко, Н. П. Влияние никеля на рост, пролиферацию и дифференциацию клеток корневой меристемы проростков *Triticum aestivum* / Н. П. Демченко, И. В. Калимова, К. Н. Демченко // Физиология растений. – 2005. – Т. 52, № 2. – С. 250–258.
7. Иванов, В. Б. Сравнение влияния тяжелых металлов на рост корня в связи с проблемой специфичности и избирательности их действия / В. Б. Иванов, Е. И. Быстрова, И. В. Серегин // Физиология растений. – 2003. – Т. 50, № 3. – С. 445–454.
8. Серегин, И. В. Физиологическая роль никеля и его токсическое действие на высшие растения / И. В. Серегин, А. Д. Кожевникова // Физиология растений. – 2006. – Т. 53, № 2. – С. 285–308.
9. Хрипач, В. А. Брассиностероиды / В. А. Хрипач, Ф. А. Лахвич, В. Н. Жабинский. – Минск : Наука и техника, 1993. – 287 с.
10. Биологическая активность брассиностероидов и стероидных гликозидов / С. Э. Кароза [и др.] ; под общ. ред. С. Э. Карозы. – Брест : БрГУ, 2019. – 261 с.
11. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Межгосударственный стандарт : ГОСТ 12038–84. – Введ. 01.07.86. – М. : Стандартинформ, 2011. – 29 с.
12. Паушева, З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – М. : Агропромиздат, 1988. – 271 с.
13. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Выш. шк. 1973. – 320 с.

REFERENCES

1. Miedviediev, I. F. Tiazholyje mietally v ekosistiemakh / I. F. Miedviediev, S. S. Die-riagin. – Saratov : Rakurs, 2017. – 178 s.
2. Kaznina, N. M. Fiziologo-biokhimichieskije i moliekuliarno-gienetichieskije miekhanizmy ustojchivosti rastienij siemiejstva Poaceae k tiazholym mietallam : dis. ... d-ra biol. nauk : 03.01.05 / N. M. Kaznina. – Pietrozavodsk, 2005. – 385 l.
3. Ustojchivost' rastienij k tiazholym mietallam / A. F. Titov [dr.] ; pod. obshch. ried. A. F. Titova. – Pietrozavodsk : KarNTS RAN, 2007. – 170 s.
4. Sieriogin, I. V. Fiziologichieskije aspiekty toksichieskogo diejstvija kadmija i svinca na vysshije rastienija / I. V. Sieriogin, V. B. Ivanov // Fiziologija rastienij. – 2001. – Т. 48, № 4. – S. 606–630.
5. Dovgaliuk, A. I. Citogienetichieskije effiekty solej toksichnykh mietallov v kletkakh apikal'noj meristiemy korniej prorstkov *Allium cepa* L. / A. I. Dovgaliuk, T. V. Kaliniak, Ya. V. Blium // Citologija i gienetika. – 2001. – Т. 35, № 2. – S. 3–10.
6. Diemchienko, N. P. Vlijanije nikielia na rost, proliferaciju i diffierenciaciju klietok kornievoj mieristiemy prorstkov *Triticum aestivum* / N. P. Diemchienko, I. V. Kalimova, K. N. Diemchienko // Fiziologija rastienij. – 2005. – Т. 52, № 2. – S. 250–258.

7. Ivanov, V. B. Sravnienije vlijanija tiazholykh mietallov na rost kornia v sviazi s probliemoj specifichnosti i izbiratel'nosti ikh diejstvija / V. B. Ivanov, Ye. I. Bystrova, I. V. Sieriogin // Fiziologija rastienij. – 2003. – T. 50, № 3. – S. 445–454.
8. Sieriogin, I. V. Fiziologichieskaja rol' nikielia i jego toksichieskoje diejstvij na vysshije rastienija / I. V. Sieriogin, A. D. Kozhevnikova // Fiziologija rastienij. – 2006. – T. 53, № 2. – S. 285–308.
9. Khripach, V. A. Brassinostieroidy / V. A. Khripach, F. A. Lakhvich, V. N. Zhabinskij. – Minsk : Nauka i tiekhnika, 1993. – 287 s.
10. Biologichieskaja aktivnost' brassinostieroidov i stieroidnykh glikozidov / S. E. Karoza [i dr.] ; pod obshch. ried. S. E. Karozy. – Briest : BrGU, 2019. – 261 s.
11. Siemiena siel'skokhoziajstviennykh kul'tur. Mietody opriedielienija vskhozhesti. Miezhgosudarstviennyj standart : GOST 12038–84. – Vvied. 01.07.86. – M. : Standartinform, 2011. – 29 s.
12. Pausheva, Z. P. Praktikum po citologii rastienij / Z. P. Pausheva. – M. : Agropromizdat, 1988. – 271 s.
13. Rokickij, P. F. Biologichieskaja statistika / P. F. Rokickij. – Minsk : Vysh. shk., 1973. – 320 s.

Рукапіс наступіў у рэдакцыю 16.01.2023

УДК 612.176

Галина Евгеньевна Хомич*канд. биол. наук, доц. каф. анатомии, физиологии и безопасности человека
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина***Halina Khomich***Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Human Safety
of Brest State A. S. Pushkin University**e-mail: medicine@brsu.brest.by*

ОЦЕНКА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ПОМОЩЬЮ МАЛОГО ТЕСТА МАКСА ЛЮШЕРА

Одним из методов исследования высшей нервной деятельности и психического состояния личности является цветовой тест М. Люшера. С его помощью можно установить зависимость между текущим психофизиологическим состоянием человека и определенной цветовой гаммой. Данную методику можно применять для самодиагностики и коррекции своего психологического состояния; анализа семейных конфликтов и причин, затрудняющих устройство своей личной жизни. Малый восьмицветный тест Люшера, применяемый в диагностике индивидуально-личностных свойств человека, облегчает понимание психологических проблем личности. Ученые отмечают, что с помощью этого метода изучается личность и диапазон изменчивости ее проявлений под влиянием внешних обстоятельств, а также защитные и компенсаторные поведенческие механизмы.

Ключевые слова: высшая нервная деятельность, психофизиологическое состояние, малый восьмицветный метод Люшера, компенсаторные поведенческие механизмы, диапазон изменчивости.

Assessment of the Psychophysiological State of Higher Nervous Activity Using the Small Max Lusher Test

One of the methods of studying the higher nervous activity and the mental state of the individual is the color test of M. Lusher. With its help, it is possible to establish a relationship between the current psychophysiological state of a person and a certain color scheme. This technique can be used for self-diagnosis and correction of one's psychological state; analysis of family conflicts and reasons that complicate the arrangement of one's personal life. The small eight-color Lusher test, used in the diagnosis of individual and personal characteristics of a person, facilitates the understanding of psychological problems of personality. Scientists noted that this method is used to study personality and the range of variability of its manifestations under the influence of external circumstances, as well as protective and compensatory behavioral mechanisms.

Key words: higher nervous activity, psychophysiological state, color M. Lusher test, compensatory behavioral mechanisms.

Введение

Известно, что метод выбора цвета Макса Люшера, применяемый в диагностике индивидуально-личностных свойств человека, его высшей нервной деятельности, облегчает понимание актуального состояния и проблем, с которыми связана эмоциональная напряженность конкретного индивида. Л. Н. Собчик (2001) отмечает, что с помощью этого метода изучается личность и диапазон изменчивости ее проявлений под влиянием внешних обстоятельств, а также защитные и компенсаторные поведенческие механизмы, включающиеся при эмоциональном напряжении.

Сложный и многомерный феномен цветовосприятия демонстрирует сопряженное воздействие цвета на психологический и физиологический уровни организации человека. Методика М. Люшера, выявляя непосредственные неосознанные реакции испытуемого на цветовые эталоны, отражает преобладание трофотропных (стремление к покою) или эрготропных (стремление к активности) тенденций в саморегуляции вегетативного

баланса, раскрывает на основе обнаружения неудовлетворенной потребности и «компенсации», с помощью которой человек пытается ее удовлетворить, происхождение «внутреннего» конфликта. Выявляемый тестом «цветовой тип поведения», несущий сигнальное или защитное значение, зависит от множества внешних и внутренних причин. Вместе с тем желание иметь или избежать чего-то, вызывая внутреннее напряжение, ощущение внутреннего беспокойства и тревоги, определяет ведущую потребность, направленность мотивов, индивидуальный стиль высшей нервной деятельности, включая и поведение человека. Малый тест Макса Люшера применяется в психофизиологии для понимания проблем эмоциональной напряженности каждого конкретного человека, а также для изучения компенсаторных механизмов защитных поведенческих реакций.

Материалы и методы исследования

Нами было проведено исследования на 25 белорусских и 25 туркменских студентах, обучающихся на II и III курсах Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина в межсессионный период в перерывах между учебными занятиями. Испытуемым студентам предлагался для выполнения восьмицветный «малый» тест Люшера, состоящий из 8 цветов: 4 основных (синий, желтый, красный, зеленый) и 4 дополнительных (фиолетовый или бордовый, коричневый, нейтральный серый, черный).

Сложный и многомерный феномен цветовосприятия демонстрирует сопряженное воздействие цвета на физиологическое и психологическое состояние человека. Методика М. Люшера, выявляя непосредственные неосознанные реакции испытуемого на цветовые эталоны, отражает преобладание трофотропных (стремление к покою) или эрготропных (стремление к активности) тенденций в саморегуляции вегетативного баланса.

Перед студентом в любом порядке раскладывали карточки Люшера с различными цветами так, чтобы они находились рядом и не закрывали друг друга.

Опрашиваемый студент должен назвать цвет карточки, который в данный момент времени ему нравится больше всего (наиболее приятный). В таблице этот цвет отмечали цифрой 1. Карточку Люшера с этим цветом закрывали.

Из оставшихся карточек опрашиваемый студент опять выбирал цвет, который ему больше всего понравился. В таблице его отмечали цифрой 2. Карточку с этим цветом закрывали. Опять из оставшихся карточек опрашиваемый студент выбирал цвет, который ему больше всего нравился. В таблице его отмечали цифрой 3. И так продолжали, пока карточки Люшера не заканчивались.

Учитывая мнение некоторых физиологов (Hering), обнаруживших, что зрительный пурпур в глазу изменяется под влиянием цветов: светлых – в направлении успокоения, темных – в направлении возбуждения – у испытуемых регистрировался цвет их радужной оболочки глаз.

Одной из возможностей тестирования состояния человека с помощью теста Люшера является оценка цветовых пар, выбираемых испытуемым.

Положение пары на первых двух-трех позициях обозначает желаемые цели. Субъект может и не считать себя даже потенциальным участником желаемых отношений, иногда идентифицируясь с «носителем» желаемых качеств. Положение пары на 3–4 позициях символизирует актуальное переживание, достижение своеобразного «апогея», «насыщения» данного эмоционального переживания.

Наиболее общая характеристика значений цветовых пар выглядит следующим образом.

1, 2 (2, 1) – хочет нравиться и вполне определился со своим выбором. Способен к постоянным и глубоким чувствам, которые не склонен афишировать. Вовлечен (хочет быть вовлеченным) в тесные эмоциональные отношения. Цвет, стоящий первым в паре,

обозначает цель, вторым – средство ее достижения. Поэтому более детальная интерпретация пары 2, 1 обозначает скорее целеустремленность, удовлетворение своего честолюбия через эмоциональные каналы.

1, 3 (3, 1) – живо откликается на проблемы и симпатии других людей, хорошо себя чувствует в группе позитивен, «коллективист», может быть эмоциональным лидером. Благодаря этому – хороший самоконтроль в обществе. Неравнодушен, хочет гармонии в отношениях со всеми окружающими людьми. Сочетание 3, 1 – в большей степени готов завоевать сторонников, чтобы направиться с ними на завоевание новых эмоциональных ощущений.

1, 4 (4, 1) – жаждет нежности, растворения, чтобы кто-нибудь взял и увел его в прекрасную даль. Внушаем, хочет раствориться в другом. Этот «другой» может характеризоваться цветом или сочетанием цветов, находящихся впереди.

1, 5 (5, 1) – жажда всеобъемлющей близости, слияние духовно-социального и интимно-душевного. Субъект очень эмпатичен, деликатен, романтичен. Склонность к поэтическому видению мира, может быть эмоционально зависим от партнера. Занят поисками изысканных отношений, не принимает всего прагматичного и «земного». Сочетание 5, 1 свидетельствует о предпочтении слияния на высшем, духовном уровне. Возможны проблемы богоискательства.

1, 6 (6, 1) – жажда «корней». Хочет быть как все. Тяга к семейности, удовольствие от традиций и ритуалов. Только так может чувствовать себя беззаботным. Возможны «серьезные» намерения, желание брачных уз. 6, 1 – в эмоциональном статусе преобладает потребность освободиться от забот, приносящих беспокойство.

1, 7 (7, 1) – устал и хочет покоя, понимания и бесконфликтности в отношениях с другими во что бы то ни стало. Способен только к тем контактам, которые гарантируют отсутствие конфликтов.

2, 3 – хорошее рабочее состояние. Активен, целеустремлен, полон решимости добиться благоприятного для себя положения. На 1–2 позициях выступает как желаемая цель, на 3–4 – могут проявляться признаки чрезмерной жесткости, властолюбия, деловитости вплоть до деспотизма. Может хотеть уйти от этого в отношения, символизируемые впереди стоящей парой. 3, 2 – преобладание потребности в расширении сферы своего влияния.

2, 4 – хорошее рабочее состояние, но пока больше это деятельность планирования и детального обсуждения. При отвергаемом 3-м цвете может быть опасность сосудистых катастроф. Может осознавать свой отрыв от практической реализации планов в позиции 3–4. Для девушек: при данном раскладе может проявлять своеволие, капризность с поклонниками. 4, 2 – планируемая деятельность имеет тенденцию отрыва от контролирующего влияния чувства реальности.

2, 5 – испытываемый в большой степени ориентируется на мнение окружающих. Хочет производить приятное впечатление, контролирует свое поведение, наблюдая за реакцией окружающих. Считает, что «дипломатическое» поведение даст ему возможность добиться своих целей, символы которых расположены, как правило, на 3-м–4-м месте в цветовом ряду. Видимая гармония отношений с окружающими не означает полной удовлетворенности таким положением дел и часто скрывает проблемы одиночества (часто при этом отвергается синий цвет). Расположение этой пары в зоне актуального состояния (на 3–4 месте) может означать, как и во всех подобных случаях, насыщение такой формой поведения и потребность изменить его в соответствии со значением цветов первых двух позиций. 5, 2 – акцент на цели «всеобщей гармонизации», иногда с помощью авторитарного давления.

2, 6 – испытываемый переживает состояние «и хочется, и колется». Потребность в честолюбивых замыслах или достижении положения, существенно значимого для

своей самооценки, вступает в противоречие с потребностью почувствовать себя в безопасности и отказаться от борьбы. Может встречаться у отставных (опальных) чиновников и проявляться в виде сомато-невротических реакций. Может также встречаться и у других категорий испытуемых, однако в целом такое сочетание в первых рядах цветового ряда больше характерно для людей среднего и старшего возраста. 6, 2 – акцент на удовлетворении потребности в безопасности и комфорте, иногда – целенаправленная деятельность по обретению возможности заняться своими соматическими проблемами или активное стремление к обстановке безопасности и отсутствия ответственности.

2, 7 – экстремисткая и волюнтаристская направленность испытуемого, абсолютизация значения воли в поведении, иногда – своеволие, упрямство, следование своей цели во что бы то ни стало, иногда даже в ущерб реальности ситуации. Положение этой пары на первых двух позициях означает или намерение самостоятельно решить свои проблемы волевым путем, отказом от компромисса, или поиск волевого покровителя, который бы позволил снять с испытуемого груз ответственности за принятие решения, поиск «сильной» личности. В позиции 3–4 – усиление собственной своевольности, вплоть до деспотического отношения к окружающим. 7, 2 – крайне редко встречающееся сочетание – символизирует целенаправленное разрушение и саморазрушение. Сочетание 2, 7 чаще встречается у молодых людей студенческого возраста.

3, 4 – для испытуемого характерна повышенная импульсивность, чувствительность ко всем внешним стимулам, жадное желание жить, он хочет расширить сферу своего существования за счет многих интересов и «неравнодушного» отношения. Такое поведение характерно для положения пары на 1-м–2-м месте. Перемещение ее на 3-е–4-е место усиливает влияние импульсивности, вероятности любой разрядки – от немотивированного поступка до внезапных импульсивных агрессивных действий. Если впереди этого сочетания находится зеленый (2), черный (7) и даже коричневый (6) цвет – можно предполагать у испытуемого возможность сосудистых катастроф (гипертонические кризы, стенокардии, инсульт и т. п.). Крайне опасное сочетание и для соматического, и для социального статуса. 4, 3 – аналогичное состояние, только рассеянность и отвлекаемость на любые внешние раздражители еще усиливается. Весьма характерное состояние для младших и средних школьников (в данном случае имеется в виду только пара 3, 4–4, 3).

3, 5 – у испытуемого актуализирована потребность «других посмотреть, себя показать». Тяга ко всему необычному, новому, мистическому. Жажда уйти от рутины, реальности, которая представляется скучной и тоскливой. Готовность к приключениям и авантюрам. Сочетание на 1-м–2-м местах весьма характерно для подростков, особенно старших, особенно мальчиков, особенно с невысоким образовательным уровнем. 5, 3 – означает больший акцент на мистических переживаниях, потребности через активную деятельность гармонизировать отношения с окружающим миром. Есть опасность стремления к наркотикам. Для «домашних» девочек такой расклад может свидетельствовать о стремлении идентифицировать себя с героинями популярных романов, артистами. Такое состояние может также свидетельствовать о существовании мечты стать знаменитостью, реализовать себя на эстраде и в т. п. демонстрационных видах деятельности.

3, 6 – у испытуемого выражено чувство беспокойства, он «мается» и не находит успокоения. Возможна ажитированная депрессия, защитная агрессивность, сосудистые реакции. Окружение не дает расслабиться, постоянное ощущение дискомфорта и опасности. Испытуемый ищет пути снятия этого напряжения и неудовлетворенностью положения, в настоящее время возможно через участие в политических акциях. Это беспокойство может также направиться по пути сексуальной или алкогольной разрядки. Это сочетание также может быть маркером повышенного внутричерепного давления,

гидроцефального синдрома у детей. 6, 3 – акцент на большей тревожности, невозможности сосредоточиться, деятельность легко «разваливается», самоконтроль снижен.

3, 7 – сочетание символизирует склонность «драматизировать» происходящие события, склонность к «экстремистским» оценкам и поведению. Диапазон стилей поведения сужен, оценки изобилуют крайностями. Повышенная вероятность агрессивных форм поведения. Испытуемый как бы живет по закону «все или ничего». 7, 3 – усиление значения деструктивного начала в поведении: «Этот мир, если он не соответствует моим представлениям, достоин уничтожения. И я вместе с ним». Однако склонность к экстремальному поведению не означает, что такое поведение обязательно реализуется. Опасное сочетание, к счастью, как правило, находится «в плену» других цветов – отношений, которые чаще сглаживают такую форму поведения. Усиление деструктивного поведения может быть в основном при определенном сочетании цветов, о чем будет сказано ниже.

4, 5 – предпочтение этой пары свидетельствует об эмоциональном состоянии, весьма схожем с состоянием 3, 5; только в данном случае речь в большей степени идет о мечтательности, тяги к «далеким далям», склонности строить «замки на песке», отвлеченности, ожидании чуда. Сочетание характерно для детей школьного возраста, особенно часто встречается весной. Испытуемый способен к импровизации, хочет играть, легко может быть подвигнут на творчество или приключение. Импульсивен, внушаем, сохраняются элементы «детского» видения мира. 5, 4 – означает преобладающее значение потребности во внешней гармонии.

4, 6 – испытуемый жаждет вырваться из ситуации, которая его тяготит, может проявлять высокую готовность «хлопнуть дверью» и «послать всех подальше». Может сдерживать такое поведение, если это позволяют впереди стоящие цвета. 6, 4 – большее осознание чувства дискомфорта, раздражительности, возможен переход на негативные соматические реакции.

4, 7 – испытуемый делает ставку в своей жизни на возможность срочно, как можно скорее, начать другую жизнь, в которой он будет обеспечен тем, чего ему не хватает (содержание этих потребностей открывается нам на 1-ой–2-ой позициях). При этом он может не осознавать истоки своих реальных проблем и пытаться решить вопрос самым радикальным путем. 7, 4 – также весьма редкое сочетание: поиски новых путей к успеху не привели и вряд ли приведут, поэтому остается один кардинальный способ ухода от невыносимой ситуации – разрушение и саморазрушение без оглядки на возможные негативные последствия.

5, 6 – часто встречающееся сочетание, символизирующее потребность в «чувственной роскоши». Испытуемый хочет попасть в обстановку, где потакали бы его капризам. Сочетание часто встречается у женщин среднего и старшего возраста, в т. ч. в период климакса. Может также встречаться у молодых девушек, стремящихся к материально и эстетически обеспеченному браку. Часто предпочтение такого сочетания носит компульсивный характер и замещает нерешенные проблемы одиночества, принятия, уверенности в себе. 6, 5 – аналогичная интерпретация с акцентированием ощущения дискомфорта, растущей тревоги и беспокойства, что может испортить достигнутое ощущение «чувственной роскоши».

5, 7 – экзальтированное стремление к духовности, гармонии с окружающим миром. Это чувство сродни религиозно-экстатическому, не принимающему компромиссов и слабостей материального мира. Также встречается редко в качестве изолированной группы. В сочетании с другими цветами (4, 3) бывает в качестве предпочитаемого сочетания у мальчиков-подростков. В этом случае акцент делается на удовлетворении жажды новых впечатлений, приключений и авантюры. Такие испытуемые также страстно желают продемонстрировать свою необычность, особенно сверстникам. 7, 5 – означает преобладание деструктивности, снижение критичности своего поведения.

6, 7 – очень неприятное и настораживающее эмоциональное состояние, чреватое крайними, деструктивными формами поведения: испытуемый разочарован, он поворачивается спиной к этому миру, от которого не ждет ничего хорошего. Выхода из создавшейся ситуации он не видит (при положении группы на 1-м–2-м месте) и дальше так существовать он не желает. Острое переживание безысходности своего положения. В позиции 3–4, т. е. в зоне актуального поведения, испытуемый может переживать чувство полного неприятия сложившейся ситуации, однако он все же надеется на то, что изменение его жизни или отдельных элементов собственного поведения, символизируемое сочетанием цветов на первых позициях, принесет ему счастье.

Для каждого студента определялась пара цветов, которую он ставил в начале цветового ряда теста Люшера. Находились средние значения для групп.

Статистическую обработку полученных экспериментальных данных выполняли с помощью пакета стандартных программ на персональном компьютере. Для оценки достоверности различий, полученных в результате исследований результатов, использовали t-критерий Стьюдента. Различие между выборками считали достоверным, если значение t-критерия Стьюдента превышало 5-процентный уровень значимости.

Результаты и их обсуждение

Одним из приемов трактовки результатов выбора, полученных при проведении эксперимента, является оценка положения основных цветов (диаграмма 1).

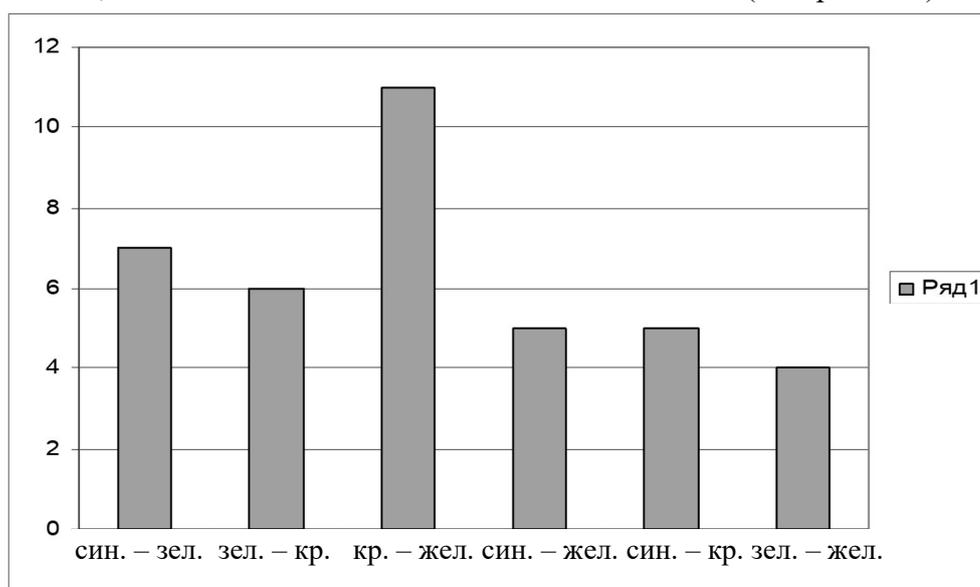


Диаграмма 1 – Распределение количества туркменских студентов, выбравших определенную пару цветов

Если они занимают позицию дальше 5-й, значит, характеризуемые ими свойства, потребности не удовлетворены, следовательно, присутствуют тревожность, негативное состояние, эмоциональное напряжение, чувство тревоги, эмоциональной неудовлетворенности.

В данной работе оценивалось выбранное испытуемым взаимное положение (положение рядом) пары двух основных цветов: № 1 и № 2 (синий и зеленый); № 2 и № 3 (зеленый и красный); № 3 и № 4 (красный и желтый); № 1 и № 4 (синий и желтый); № 1 и № 3 (синий и красный); № 2 и № 4 (зеленый и желтый).

Результаты тестирования туркменских студентов, участвующих в эксперименте по использованию восьмицветного «малого» теста Люшера, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты тестирования по тесту Люшера туркменских студентов

Номер испытуемого	Цвет глаз	Цвета карточек Люшера									
		синий	зеленый	красный	желтый	бордо	коричневый	черный	серый		
1	коричневый	2	1	3	4	5	8	6	7		
2	коричневый	1	2	5	4	7	8	6	3		
3	карий	6	5	3	4	1	2	7	8		
4	черный	2	1	7	4	3	8	5	6		
5	черный	3	7	1	2	8	5	4	6		
6	коричневый	5	3	2	8	7	1	6	4		
7	зеленый	4	3	1	7	5	6	2	8		
8	зеленый	4	2	3	6	8	7	1	5		
9	черный	6	4	5	7	2	3	8	1		
10	коричневый	3	5	4	2	1	7	8	6		
11	коричневый	7	6	5	2	8	1	4	3		
12	зеленый	4	3	6	5	1	8	2	7		
13	коричневый	6	2	7	1	3	5	4	8		
14	черный	6	1	5	4	8	2	7	3		
15	коричневый	5	8	4	1	3	7	2	6		
16	коричневый	1	7	3	6	2	5	8	4		
17	черный	8	3	7	2	5	4	6	1		
18	карий	3	4	2	5	1	6	7	8		
19	зеленый	1	3	7	2	6	5	8	4		
20	зеленый	7	6	2	5	1	4	3	8		
21	черный	1	8	3	2	7	6	5	4		
22	коричневый	8	7	6	1	5	4	3	2		
23	черный	8	7	6	5	2	1	4	3		
24	коричневый	5	4	7	1	8	2	3	6		
25	карий	1	3	4	2	5	6	7	8		

Как видно из таблицы 1, расположили друг за другом карточки Люшера с синим и зеленым цветом, т. е. положение № 1, № 2 или № 2, № 1, семь туркменских студентов. Положение 2, 3 или 3, 2 (зеленый и красный цвета) выбрали 6 студентов. Пару цветов красный и желтый или желтый и красный (3, 4 или 4, 3) указали 11 студентов. Синий и желтый цвета (положение 1, 4 или 4, 1) разместили рядом 5 студентов. Пару из синего и красного цвета (№ 1 и № 3 и наоборот) выбрали 5 студентов. Расположили друг за другом карточки Люшера с зеленым и желтым цветом (№ 2 и № 4 или № 4 и № 2) четыре туркменских студента.

Сравнительное распределение количества студентов, выбравших определенную пару цветов, представлено на диаграмме 1.

Так, сочетание цветов «красный – желтый» выбрали из протестированных туркменских студентов больше всего человек (11), что составляет 44 %. В соответствии с интерпретацией теста Люшера таким людям характерна повышенная импульсивность, чувствительность ко всем внешним стимулам, жадное желание жить. Они хотят расширить сферу своего существования за счет многих интересов и «неравнодушного» отношения.

Пару цветов «синий – зеленый» выбрали 7 студентов из 25, что составляет 28 %. В соответствии с общей характеристикой значений цветовых пар они хотят нравиться и вполне определились со своим выбором. Способны к постоянным и глубоким чувствам, которые не склонны афишировать. Эти студенты вовлечены или хотят быть вовлеченными в тесные эмоциональные отношения.

Пару цветов «зеленый – красный» указали 24 % обследованных студентов, что, по тесту Люшера, указывает на хорошее рабочее состояние данных студентов. Они активны, целеустремлены, полны решимости добиться благоприятного для себя положения. В обратном расположении, т. е. «красный – зеленый», у одного человека выявляется преобладание потребности в расширении сферы своего влияния.

Пять студентов, или 20 %, из протестированных, выбрали пару цветов «синий – желтый», что указывает на желание нежности, растворения, чтобы кто-нибудь взял и увел их в прекрасную даль. Они легко поддаются чужому влиянию, внушаемы.

Сочетание цветов «синий – красный» выбрали так же, как и пару «синий – желтый», 20 % (5 человек) из протестированных студентов. Согласно тесту Люшера, такие студенты живо откликаются на проблемы и симпатии других людей, хорошо себя чувствуют в группе, являются «коллективистами», могут быть эмоциональными лидерами. Они неравнодушны, хотят гармонии в отношениях со всеми окружающими людьми.

Сочетание цветов «зеленый – желтый» выбрали 16 % (4 человека) из протестированных студентов. Согласно тесту Люшера, это свидетельствует о хорошем рабочем состоянии, но пока больше это деятельность планирования и детального обсуждения. У девушек может проявляться своеволие, капризность с поклонниками.

Какой-то взаимосвязи между цветом радужной оболочки глаз тестируемых туркменских студентов и выбором цвета не выявлено.

Результаты тестирования по тесту Люшера 25 белорусских студентов представлены в таблице 2. Как видно из таблицы 2, расположили друг за другом карточки Люшера с синим и зеленым цветом, т. е. положение № 1, № 2 или № 2, № 1, семь белорусских студентов. Положение 2, 3 или 3, 2 (зеленый и красный цвета) выбрали 5 студентов. Пару цветов красный и желтый или желтый и красный (3, 4 или 4, 3) указали 6 студентов. Синий и желтый цвета (положение 1, 4 или 4, 1) разместили рядом 7 студентов. Пару из синего и красного цвета (№ 1 и № 3 и наоборот) выбрали 5 студентов. Расположили друг за другом карточки Люшера с зеленым и желтым цветом (№ 2 и № 4 или № 4 и № 2) пять белорусских студентов.

Таблица 2 – Результаты тестирования по тесту Люшера белорусских студентов

Номер испытуемого	Цвет глаз	Цвета карточек Люшера									
		синий	зеленый	красный	желтый	бордо	коричневый	черный	серый		
1	зеленый	1	2	3	5	4	7	8	6	1	
2	зеленый	3	8	4	1	2	6	7	1	2	
3	зеленый	3	1	6	8	4	7	5	2	2	
4	зеленый	1	2	3	4	6	7	8	6	6	
5	черный	3	6	7	5	2	4	8	1	1	
6	зеленый	2	1	4	7	8	5	6	3	3	
7	зеленый	6	1	5	4	7	8	5	2	2	
8	зеленый	1	7	4	2	6	5	8	3	3	
9	черный	5	3	4	1	6	2	8	7	7	
10	зеленый	3	8	7	2	6	4	1	5	5	
11	зеленый	2	7	8	1	3	5	4	6	6	
12	черный	6	5	1	2	3	4	5	8	8	
13	черный	5	1	4	7	3	8	2	6	6	
14	зеленый	7	4	8	5	6	1	3	2	2	
15	черный	8	3	2	6	5	1	7	4	4	
16	черный	4	8	1	3	5	7	2	6	6	
17	черный	4	2	5	8	1	7	6	3	3	
18	синий	1	2	6	8	7	3	4	5	5	
19	черный	3	1	5	4	8	6	7	2	2	
20	зеленый	8	7	3	5	6	1	4	2	2	
21	зеленый	7	6	2	4	5	1	8	3	3	
22	черный	3	8	7	5	2	1	6	4	4	
23	черный	3	4	6	8	7	1	2	5	5	
24	синий	2	8	7	5	1	4	6	3	3	
25	зеленый	1	6	3	4	8	2	7	5	5	

Мы сравнили количество белорусских студентов, выбравших в ходе психологического эксперимента определенные пары цветов, и отобразили эти данные в виде диаграммы. Сравнительное распределение количества белорусских студентов, выбравших определенную пару цветов, представлено на диаграмме 2.

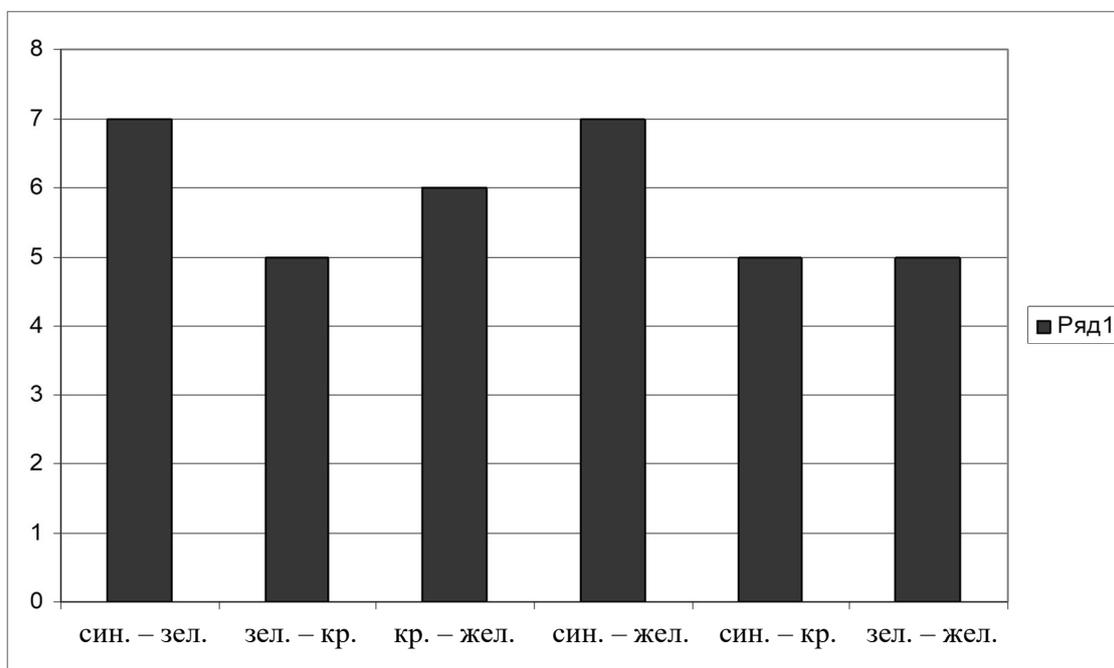


Диаграмма 2 – Распределение количества белорусских студентов, выбравших определенную пару цветов

Из 25 белорусских студентов выбрали сочетание цветов «синий – зеленый» (7 студентов, или 28 %), что, согласно тесту Люшера, они хотят нравиться и вполне определились со своим выбором. Способны к постоянным и глубоким чувствам, которые не склонны афишировать. Эти студенты вовлечены или хотят быть вовлеченными в тесные эмоциональные отношения.

Такое же количество студентов (7 человек, или 28 %) выбрали пару цветов «синий – желтый», что указывает на желание нежности, растворения, чтобы кто-нибудь взял и увел их в прекрасную даль. Они легко поддаются чужому влиянию, внушаемы.

Расположили друг за другом карточки Люшера с цветами «красный – желтый» 6 студентов (24 %). Согласно тесту Люшера, таким людям характерна повышенная импульсивность, чувствительность ко всем внешним стимулам, жадное желание жить. Они хотят расширить сферу своего существования за счет многих интересов и «неравнодушного» отношения.

Пару цветов «зеленый – красный» выбрали 5 студентов (20 %), что по тесту Люшера указывает на хорошее рабочее состояние данных студентов. Они активны, целеустремлены, полны решимости достигнуть благоприятного для себя положения.

Такое же количество (5 студентов, или 20 %) определили первую пару цветов «синий – красный». По интерпретации теста Люшера, такие студенты живо откликаются на проблемы и симпатии других людей, хорошо себя чувствуют в группе, являются «коллективистами», могут быть эмоциональными лидерами. Они неравнодушны, хотят гармонии в отношениях со всеми окружающими людьми.

Сочетание цветов «зеленый – желтый» тоже указали 5 студентов (20 %), что свидетельствует о хорошем рабочем состоянии, но пока больше это деятельность планирования и детального обсуждения. У девушек может проявляться своеволие, капризность с поклонниками.

Какой-то взаимосвязи между цветом радужной оболочки глаз тестируемых белорусских студентов и выбором цвета карточки не выявлено.

Было проведено сравнение результатов, полученных с использованием теста Люшера, у туркменских и белорусских студентов. Результаты представлены на диаграмме 3.

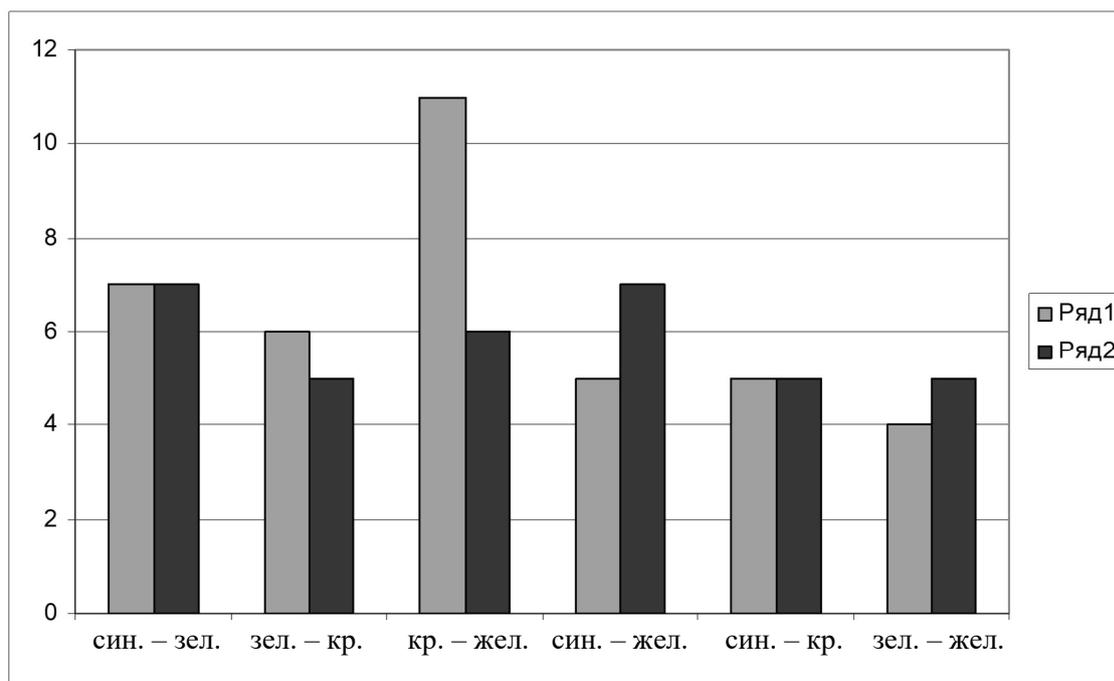


Диаграмма 3 – Туркменские и белорусские студенты в сравнении (ряд 1 – туркменские студенты; ряд 2 – белорусские студенты)

Согласно статистике, различие между данными являются достоверными, если они составляют 5 и более процентов. Такие различия выявлены для двух пар цветов: «красный – желтый» и «синий – желтый». Пару цветов «красный – желтый» выбрало на 20 % больше туркменских студентов (44 %), чем белорусских (24 %).

Пару цветов «синий – желтый» больше на 8 % выбрало белорусских студентов (28 %) по сравнению с туркменскими (20 %).

Общие результаты для всех студентов, участвовавших в тестировании, представлены на диаграмме 4. Из всего количества протестированных студентов (50 человек), независимо от национальности, больше всего выбрали пару карточек Люшера с цветами «красный – желтый» – 15 студентов (30 %).

Это свидетельствует о повышенной эмоциональности и импульсивности, чувствительности к внешним факторам среды, желании жить полноценной жизнью, расширять сферу своих интересов. Такие черты высшей нервной деятельности студентов вполне адекватны для их возраста.

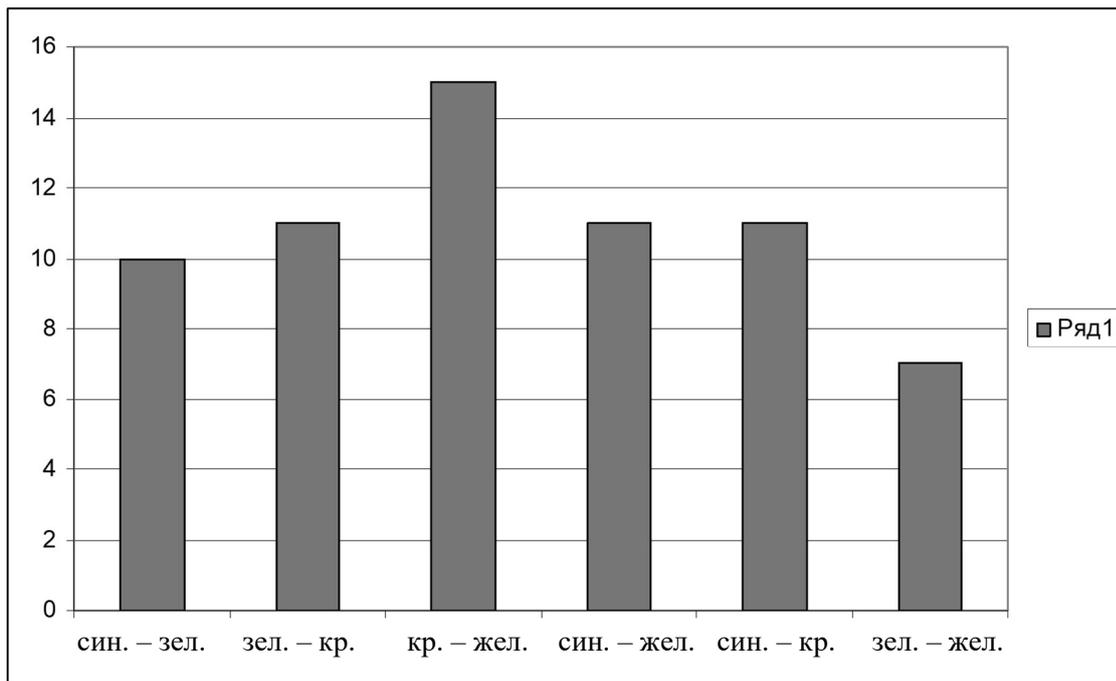


Диаграмма 4 – Общее количество туркменских и белорусских студентов, выбравших определенную пару цветов

Меньше всего из протестированных студентов (14 %) выбрали сочетание цветов «зеленый – желтый». Согласно тесту Люшера, такое сочетание цветов свидетельствует, что несмотря на хорошее рабочее состояние этих студентов, они пока только больше планируют и обсуждают возможности начала активной конкретной деятельности.

Заключение

На основании полученных результатов тестирования с использованием теста Люшера можно сделать следующие выводы.

1. Для белорусских и туркменских студентов в приоритете являются желания жить полноценной жизнью, расширять сферу своих интересов, при этом чувствительно и эмоционально реагируя на факторы внешней среды.

2. Небольшая часть протестированных студентов III курса (14 %) пока еще только планируют и детализируют свои возможности включиться в активную конкретную деятельность.

3. Согласно тесту Люшера, туркменские студенты более чувствительны к внешним обстоятельствам, хотят расширять сферу своего существования и своих интересов, что вполне объясняется их нахождением далеко от дома, в другой стране.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. The algorithm of quantitative evaluation of the human state with the help of the Lusher test / A. A. Antonov [et al.] // *Aviakosm Ekolog Med.* – 2014. – Vol. 38, nr 1. – P. 67–68.

2. Bazyma, B. A. The color preferences of adolescents with character traits / B. A. Bazyma, I. I. Kut'ko // *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova.* – 2017. – Vol. 97, nr 1. – P. 24–28.

3. Базыма, Б. А. К вопросу об эмоциональных основных индивидуальных цветовых предпочтений в норме и при патологии / Б. А. Базыма // Вестн. ХГУ. – 2009. – № 337. – С. 15–18.
4. Люшер, М. Цветовой тест Люшера / М. Люшер. – М. : Эксмо, 2005. – 192 с.
5. Тимофеев, В. И. Психодиагностика цветопредпочтением (Краткое руководство практическому психологу по использованию цветового теста М. Люшера) / В. И. Тимофеев, Ю. И. Филимоненко. – Л. : Академия, 1990. – 42 с.
6. Собчик, Л. Н. МЦВ-модифицированный восьмицветовой тест Люшера. Модифицированный восьмицветовой тест Люшера / Л. Н. Собчик. – СПб. : Речь, 2001. – 112 с.

REFERENCES

1. The algorithm of quantitative evaluation of the human state with the help of the Lusher test / A. A. Antonov [et al.] // Aviakosm Ekolog Med. – 2014. – Vol. 38, nr 1. – P. 67–68.
2. Bazyma, B. A. The color preferences of adolescents with character traits / B. A. Bazyma, I. I. Kut'ko // Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova. – 2017. – Vol. 97, nr 1. – P. 24–28.
3. Bazyma, B. A. К вопросу об эмоциональных основных индивидуальных цветовых предпочтений в норме и при патологии / B. A. Bazyma // Viestn. HGU. – 2009 – № 337. – S. 15–18.
4. Liusher, M. Cvietovoj test Liushera / M. Liusher. – M. : Eksmo, 2005. – 192 s.
5. Timofiejev, V. I. Psikhodiagnostika cvietopriedpochtienijem (Kratkoje rukovodstvo praktichieskomu psikhologu po ispol'zovaniju cvietovogo testa M. Liushera) / V. I. Timofiejev, Yu. I. Filimonienko. – L. : Akadiemija, 1990. – 42 s.
6. Sobchik, L. N. MCV-modificirovannyj vos'micvietovoj test Liushera. Modificirovannyj vos'micvietovoj test Liushera / L. N. Sobchik. – SPb. : Riech', 2001. – 112 s.

Рукапіс наступіў у рэдакцыю 14.11.2023

УДК 576.895.1:599.33:626.861 (476)

Владимир Васильевич Шималов

канд. биол. наук, доц., доц. каф. общеобразовательных дисциплин и методик их преподавания
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

Vladimir Vasilievich Shimalov

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of General Education Disciplines and Methods of Teaching Them
of Brest State A. S. Pushkin University
e-mail: shimalov@rambler.ru

**ГЕЛЬМИНТОФАУНА ЗЕМЛЕРОЙКОВЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ
(MAMMALIA, SORICIDOMORPHA), НАСЕЛЯЮЩИХ БЕРЕГА КАНАЛОВ
МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ**

Представлены результаты гельминтологического исследования в 2015–2019 гг. 151 экземпляра землеройковых млекопитающих 4-х видов, населяющих берега мелиоративных каналов в западной части Белорусского Полесья (Брестское Полесье). У животных обнаружено 34 вида гельминтов (9 видов трематод, 13 видов цестод, 11 видов нематод, 1 вид акантоцефалов), а их общая зараженность составила 94,7 %. Доминировала обыкновенная бурозубка, у которой выявлено 28 видов гельминтов при зараженности 98,4 %. Обращено внимание на то, что антропогенная нагрузка на каналы, связанная с периодическим выкашиванием берегов каналов и их склонов, существенно не влияет на численность зверьков (особенно обыкновенной бурозубки), видовой состав доминирующих гельминтов и показатели их зараженности. Сравниваются результаты с данными, полученными в другие периоды исследований.

Ключевые слова: гельминты, землеройковые, берег мелиоративного канала, Брестское Полесье.

***The Helminth Fauna of Soricid Mammals (Mammalia, Soricidomorpha)
Living on Channel Banks of Reclamation Systems in Belorussian Polesie***

The results of the helminthological study of 151 specimens of soricid mammals of 4 species inhabiting the banks of drainage channels in the western part of Belorussian Polesie (Brest Polesie) in 2015–2019 are presented. 34 species of helminths (9 species of trematodes, 13 species of cestodes, 11 species of nematodes, 1 species of acanthocephalans) were found in animals, and their total infection was 94,7 %. The common shrew dominated, in which 28 species of helminths were identified with an infection rate of 98,4 %. Attention is drawn to the fact that the anthropogenic impact on channels, associated with periodic mowing of the banks of the channels and their slopes, does not significantly affect the number of animals (especially the common shrew), the species composition of the dominant helminths and their infection rate. The results are compared with the data obtained in other research periods.

Key words: helminths, soricids, drainage channel bank, Brest Polesie.

Введение

Открытые каналы мелиоративных систем, являясь неотъемлемой частью ландшафтов Белорусского Полесья, привлекают к себе землеройковых млекопитающих со своим комплексом гельминтов, среди которых могут быть виды, представляющие опасность для человека и домашних животных.

С 1996 г. нами начато изучение гельминтофауны землеройковых млекопитающих, населяющих берега мелиоративных каналов в западной части Белорусского Полесья. Исследования проводятся на модельных мелиоративных системах, расположенных в Брестском, Жабинковском и Малоритском районах Брестской области (Брестское Полесье). За первый период (1996–1999 гг.) на берегах мелиоративных каналов, проходящих в смешанных лесах, на пахотных землях, выгонах и вдоль дорог было отработано 10 500 ловушко-суток (л-с), установлено обитание 4-х видов землеройковых млекопитающих (белобрюхая белозубка, обыкновенная и малая бурозубки, обыкновенная кутора), у которых обнаружено 33 вида гельминтов, а общая зараженность составила 88,8 % [1]. Доминировала по численности и по количеству видов гельминтов обыкновенная бурозубка.

После этого исследования нами был предложен эколого-гельминтологический (эколого-паразитологический) мониторинг за гельминтофауной землеройковых млекопитающих [1]. Мониторинг, проведенный в 2005–2010 гг. (второй период исследований), когда было отработано 5 000 л-с, показал, что у тех же видов землеройковых млекопитающих паразитирует 33 вида гельминтов (суммарно за 2 периода их стало 41), а общая зараженность увеличилась до 94,2 % [2]. Доминировала, как и ранее, обыкновенная бурозубка, за счет которой формируется основной комплекс гельминтов: 2,22 особи на 100 л-с в 1996–1999 гг. с 32 видами гельминтов и 3,02 особи на 100 л-с в 2005–2010 гг. с 27 видами гельминтов. В заражении этого зверька в первый период преобладала нематода *Eucoleus oesophagicola* (Soltys, 1952) (62,2 %) [1], а во второй – цестоды *Monocercus arionis* (Siebold, 1850) (57,6 %) и *Neoskrjabinolepis singularis* (Cholodkowsky, 1912) (50,3 %) [2]. Во время проведения второго периода исследований нами обращено внимание на усилившийся антропогенный прессинг на мелиоративные каналы, связанный главным образом с периодическим выкашиванием человеком их берегов и склонов, а также высказано предположение, что это может отразиться на видовом составе и численности землеройковых млекопитающих и их гельминтов [2].

Цель работы – провести третий период исследований гельминтофауны землеройковых млекопитающих, населяющих берега каналов на модельных мелиоративных системах в Белорусском Полесье, установить видовой состав гельминтов и зараженность ими землеройковых млекопитающих в условиях усилившейся антропогенной нагрузки на каналы, связанной с выкашиванием травянистой растительности на берегах и склонах каналов специальной техникой, сравнить полученные данные с предыдущими исследованиями.

Материалы и методы исследования

В 2015–2019 гг. нами проводился третий период исследований гельминтофауны землеройковых млекопитающих, населяющих берега мелиоративных каналов в Белорусском Полесье. На территории Брестского Полесья (Брестский, Жабинковский и Малоритский районы Брестской области) на модельных мелиоративных системах, там, где на берегах каналов уже ранее проводились исследования [1; 2], были обследованы берега мелиоративных каналов, проходящих в смешанных лесах, на пахотных землях, выгонах и у дорог с разной степенью антропогенной нагрузки, связанной с выкашиванием травянистой растительности специальной техникой. Если берега и склоны каналов на пахотных землях, выгонах и у дорог периодически выкашивались человеком, то берега и склоны каналов в смешанных лесах – нет.

Вдоль берегов каналов через 1,5–2 м друг от друга выставлялись давилки «Геро» по 25 штук на 4 дня, что равнялось 100 л-с. Отработано 4 000 л-с: по 1 000 л-с на берегах каналов в смешанных лесах, на пахотных землях, на выгонах и у дорог. Приманкой служили кусочки ржаного хлеба, порезанного кубиками и слегка обжаренные на подсолнечном масле. Пойман 151 экземпляр землеройковых млекопитающих (семейство Soricidae) 4-х видов. Среди них было 73 самца и 78 самок, 28 половозрелых особей и 123 неполовозрелых. Видовой состав, количество исследованных и зараженных гельминтами землеройковых млекопитающих приведен в таблице 1.

Зверьков исследовали методом полных гельминтологических вскрытий с обязательным компрессированием тканей и органов. Для идентификации гельминтов использовали литературу, приведенную в ранее опубликованных работах [1; 2]. При обработке материала применяли общепринятые в паразитологии показатели: экстенсивность инвазии (ЭИ), соответствующая индексу встречаемости (ИВ) в наших предыдущих работах [1; 2], интенсивность инвазии (ИИ) и индекс обилия (ИО).

Таблица 1 – Видовой состав, количество исследованных и зараженных гельминтами землеройковых млекопитающих

Вид животного	Количество												
	исследованных				на 100 л-с	зараженных							
	♂♂	♀♀	П	НП		♂♂	♀♀	П	НП	Т	Ц	Н	А
Белозубка белобрюхая – <i>Crocidura leucodon</i> Hermann, 1780	1	1	2	–	0,05	1	1	2	–	–	2	–	–
Бурозубка обыкновенная – <i>Sorex araneus</i> Linnaeus, 1758	62	65	21	106	3,18	61	64	21	104	77	119	93	–
Бурозубка малая – <i>S. minutus</i> Linnaeus, 1766	4	10	4	10	0,35	3	5	4	4	2	6	4	1
Кутора обыкновенная – <i>Neomys fodiens</i> Pennant, 1771	6	2	1	7	0,2	6	2	1	7	8	3	4	–

Примечание – Символом ♂♂ обозначены самцы, ♀♀ – самки, П – половозрелые особи, НП – неполовозрелые особи, Т – трематоды, Ц – цестоды, Н – нематоды, А – акантоцефалы.

Результаты исследования и их обсуждение

На берегах мелиоративных каналов Брестского Полесья обитает 4 вида землеройковых млекопитающих: белобрюхая белозубка, обыкновенная и малая бурозубки, обыкновенная кутора. Это подтверждается нашими исследованиями, проведенными в 1996–1999 гг. [1] и 2005–2010 гг. [2]. Фоновым видом и абсолютным доминантом среди землеройковых млекопитающих на берегах мелиоративных каналов независимо от степени антропогенного воздействия, является обыкновенная бурозубка – экологически пластичный вид животных, хорошо адаптирующийся к различным условиям существования. В период 2015–2019 гг. численность ее составила 3,18 особей на 100 л-с и колебалась от 2,4 особей на 100 л-с (берега каналов в смешанных лесах) до 3,8 особей на 100 л-с (берега каналов на выгонах).

На берегах каналов в смешанных лесах было поймано 2 вида зверьков (обыкновенная и малая бурозубки), в остальных местах – по 3 вида (на выгонах к двум видам бурозубок добавилась обыкновенная кутора, а на пахотных землях и у дорог – белобрюхая белозубка). Нами установлено, что белобрюхая белозубка предпочитает берега мелиоративных каналов, расположенных на открытых пространствах (пахотные земли, выгоны, дороги), обыкновенная кутора была отловлена только на берегах каналов, проходящих на выгонах, единичные экземпляры малой бурозубки были пойманы на берегах каналов в смешанных лесах, на пахотных землях, выгонах и у дорог. Из них белобрюхая белозубка включена в Красную книгу Беларуси [3] в список видов, требующих дополнительного изучения и внимания в целях профилактической охраны. Нами с 1996 г. выявлено 5 мест обитания этого зверька в Брестском и Малоритском районах Брестской области. Разработана картосхема мест обнаружения этого зверька на мелиоративных системах Брестского Полесья [4].

Следует учитывать, что популяциям землеройковых млекопитающих в первые 2 периода исследований был нанесен определенный антропогенный стресс, связанный

с изъятием некоторого количества зверьков для научных исследований: в первый период – 276 особей [1], во второй – 189 особей [2]. Однако это не помешало животным восстановить свою численность, особенно обыкновенной бурозубки примерно до 3 особей на 100 л-с. Больше всего ее численность была на берегах каналов, подвергающихся антропогенному прессингу: 3,8 особей на 100 л-с на берегах каналов на выгонах и 3,7 особей на 100 л-с на берегах каналов у дорог. Меньше всего (2,4 особи на 100 л-с) было на берегах каналов в смешанных лесах, где минимальный антропогенный прессинг. Невысокая численность других землеройковых млекопитающих не дает возможности дать оценку влияния антропогенной нагрузки на их численность и видовой состав гельминтов. Всего общая численность землеройковых млекопитающих на берегах мелиоративных каналов составила 3,78 особей на 100 л-с, как и во втором периоде исследований [2], в отличие от первого, когда этот показатель был 2,63 особи на 100 л-с [1].

Общая зараженность гельминтами землеройковых млекопитающих составила 94,7 %. Это значительно выше, чем в первый период исследований, и чуть выше, чем во второй. Самцы заражены на 97,3 %, самки – на 92,3 %, половозрелые особи – на 100 %, неполовозрелые особи – на 93,5 %. На берегах мелиоративных каналов, проходящих в разных местах, процент зараженности землеройковых млекопитающих гельминтами довольно высокий (96,3 % в смешанных лесах; 96,7 % на пахотных землях; 94,1 % на выгонах; 93,0 % у дорог), есть некоторые отличия между этим показателем самцов и самок (97,3 и 92,3 % соответственно), половозрелых и неполовозрелых особей (100 % и 93,5 % соответственно). Сохраняется следующая тенденция из периода к периоду исследований: самцы интенсивнее заражены, чем самки, а половозрелые особи, чем неполовозрелые ([2, 5], данные 2015–2019 гг. исследований).

Чаще землеройковые млекопитающие заражены цестодами (на 86,1 %), несколько меньше – нематодами (на 66,9 %) и трематодами (на 57,6 %), единично – акантоцефалами (на 0,7 %). Во второй период исследования были получены схожие результаты (цестодами было инвазировано 85,7 % животных, нематодами – 65,6 % и трематодами – 43,9 %) [2], в отличие от первого (нематодами было заражено 68,5 % животных, цестодами – 64,9 % и трематодами – 33,0 %) [1].

У 86,8 % зверьков локализовалось от 2 до 14 видов гельминтов. Это несколько выше, чем в предыдущие периоды исследований: 70,6 % и 2–8 видов в первый период, 81,0 % и 2–12 видов во второй период.

Всего в 2015–2019 гг. у землеройковых млекопитающих, обитающих на берегах мелиоративных каналов, обнаружено 34 вида гельминтов: 9 видов трематод, 13 видов цестод, 11 видов нематод и 1 вид акантоцефалов (таблица 2). Примерно такое же количество видов гельминтов (33) было найдено в период 1996–1999 гг. [1] и 2005–2010 гг. [2]. Согласно исследованиям 2015–2019 гг., больше всего видов гельминтов (27) было у зверьков, отловленных на берегах каналов, проходящих на пахотных землях и выгонах. Именно здесь у обыкновенных бурозубок было выявлено наибольшее количество видов гельминтов у одной особи: 12 видов (половозрелый самец; берег канала на выгоне) и 14 видов (неполовозрелая самка; берег канала на пахотных землях). Этот зверек из всех землеройковых млекопитающих выделяется видовым разнообразием гельминтов: найдено 28 видов (8 видов трематод, по 10 видов цестод и нематод). Дополняют видовой состав гельминтов землеройковых млекопитающих белобрюхая белозубка (1 вид), малая бурозубка (2 вида) и обыкновенная кутора (3 вида) (таблица 2).

Таблица 2 – Зараженность гельминтами землеройковых млекопитающих

Виды гельминтов	Хозяин	ЭИ	ИИ	ИО
Трематоды				
Brachylaimidae				
<i>Brachylaima fulvum</i> Dujardin, 1843	Бурозубка обыкновенная	26,8	1–9	0,73
	Кутора обыкновенная	у 2	1–2	0,38
Panopistidae				
<i>Pseudoleucochloridium soricis</i> (Sołtys, 1952)	Бурозубка обыкновенная	9,5	1–52	0,80
Strigeidae				
<i>Strigea sphaerula</i> (Rudolphi, 1803), larvae	То же	4,7	1–18	0,44
	Кутора обыкновенная	у 2	4–6	1,25
Diplostomidae				
<i>Alaria alata</i> (Goeze, 1782), larvae	Бурозубка обыкновенная	3,2	1–2	0,04
Dicrocoeliidae				
<i>Prosolecithus danubica</i> Tkach et Bray, 1995	То же	3,9	1–32	0,40
Omphalometridae				
<i>Neoglyphe locellus</i> (Kossack, 1910)	Кутора обыкновенная	у 8	3–34	15,6
<i>N. sobolevi</i> (Schaldybin, 1953)	Бурозубка обыкновенная	18,9	1–88	2,20
<i>Rubinstrema exasperatum</i> (Rudolphi, 1819)	То же	36,2	1–14	0,91
	Кутора обыкновенная	у 4	1–7	1,75
<i>R. opisthovitellina</i> (Sołtys, 1954)	Бурозубка обыкновенная	8,7	1–5	0,17
Цестоды				
Hymenolepididae				
<i>Ditestolepis diaphana</i> (Cholodkowsky, 1906)	То же	19,7	1–240	6,04
<i>Lineolepis skutigera</i> (Dujardin, 1845)	“ “	20,5	1–24	1,03
<i>Neomylepis magnirostellata</i> (Baer, 1931)	Кутора обыкновенная	у 3	1–6	1,50
<i>Neoskrjabinolepis schaldybinii</i> Spassky, 1947	Бурозубка малая	28,6	1–34	3,64
<i>N. singularis</i> (Cholodkowsky, 1912)	Бурозубка обыкновенная	59,1	1–82	6,75
	Бурозубка малая	7,1	8	0,57
<i>Soricinia infirma</i> (Żarnowsky, 1955)	Бурозубка обыкновенная	2,4	1–6	0,09
	Бурозубка малая	7,1	28	2,00
<i>Staphylocystis furcata</i> (Stieda, 1862)	Бурозубка обыкновенная	22,8	1–16	0,73
<i>S. uncinata</i> (Stieda, 1862)	Белозубка белобрюхая	у 2	1–26	13,5
<i>Urocystis prolifer</i> Villot, 1880	Бурозубка обыкновенная	4,7	1–8	0,24
<i>Vigisolepis spinulosa</i> (Cholodkowsky, 1912)	То же	1,6	2–2	0,03
Paruterinidae				
<i>Cladotaenia globifera</i> (Batsch, 1786), larvae	“ “	2,4	2–12	0,19
Dilepididae				
<i>Dilepis undula</i> (Schrank, 1788)	“ “	1,6	1–1	0,02
<i>Monocercus arionis</i> (Siebold, 1850)	“ “	50,4	1–34	2,34
Нематоды				
Capillariidae				
<i>Aonchotheca kutori</i> (Ruchljadeva, 1946)	“ “	6,3	1–6	0,15

Окончание таблицы 2

<i>Calodium soricicola</i> (Yokogawa et Nischigori, 1924)	“ “	3,2	2–4	0,08
<i>Capillaria konstantini</i> Romashov, 1999	Кутора обыкновенная	у 1	4	0,50
<i>Eucoleus oesophagicola</i> (Softys, 1952)	Бурозубка обыкновенная	33,1	1–10	0,77
	Кутора обыкновенная	у 3	1–4	0,75
<i>Liniscus incrassatus</i> Diesing, 1851	Бурозубка обыкновенная	22,1	1–18	0,90
Strongyloidea				
<i>Parastrongyloides winchesi</i> Morgan, 1928	То же	0,8	3	0,02
	Кутора обыкновенная	у 1	2	0,25
Heligmosomidae				
<i>Longistriata depressa</i> (Dujardin, 1845)	Бурозубка обыкновенная	44,1	1–28	2,25
	Бурозубка малая	28,6	1–8	1,00
Acuariidae				
<i>Skryabinoclava soricis</i> (Tiner, 1951)	Бурозубка обыкновенная	1,6	1–1	0,02
Spirocercidae				
<i>Ascarops strongylina</i> (Rudolphi, 1819), larvae	То же	3,9	1–3	0,06
Ascarididae				
<i>Porrocaecum depressum</i> (Zeder, 1800), larvae	“ “	5,5	1–2	0,06
	Кутора обыкновенная	у 1	3	0,38
<i>Porrocaecum</i> sp., larvae	Бурозубка обыкновенная	4,7	1–2	0,06
Акантоцефалы				
Centrorhynchidae				
<i>Centrorhynchus aluconis</i> (Müller, 1780), larvae	Бурозубка малая	у 1	1	0,07

Постепенно утратила свое господствующее положение в заражении обыкновенной бурозубки нематода *E. oesophagicola* в периоды 2005–2010 гг. [2] и 2015–2019 гг., доминировавшая в заражении этого зверька в период 1996–1999 гг. [1]. В период 2015–2019 гг. на берегах мелиоративных каналов, проходящих в смешанных лесах, ЭИ была наиболее высокой – 37,5, а в других местах прохождения каналов она колебалась от 29,7 на берегах каналов у дорог до 31,6 на берегах каналов на выгонах и 35,7 на берегах каналов на пахотных землях.

Доминировали в заражении землеройковых млекопитающих, как и во втором периоде исследований, цестоды *N. singularis* (ЭИ 50,3; ИИ 1–82; ИО 5,73; хозяева: обыкновенная и малая бурозубки) и *M. arionis* (ЭИ 42,4; ИИ 1–34; ИО 1,97; хозяин: обыкновенная бурозубка). Их субдоминантом была нематода *Longistriata depressa* (Dujardin, 1845) (ЭИ 39,7; ИИ 1–28; ИО 1,99; хозяева: обыкновенная и малая бурозубки). Обыкновенные бурозубки также наиболее часто инвазировались трематодой *Rubensstrema exasperatum* (Rudolphi, 1819), белобрюхие белозубки – цестодой *Staphylocystis uncinata* (Stieda, 1862), обыкновенные куторы – трематодой *Neoglyphe locellus* (Kossack, 1910). А вот малые бурозубки за 2 последних периода исследований часто заражались нематодой *L. depressa*,

цестодой *Neoskrjabinolepis schaldybini* Spassky, 1947, трематодой *R. exasperatum*. Заражение их цестодой *N. singularis* с высоким показателем ЭИ (40,9) во втором периоде исследований снизилось в третьем периоде в 5,8 раза, а цестода *Ditestolepis diaphana* (Cholodkowsky, 1906) (ЭИ 40,9 во втором периоде исследований) вообще не была выявлена в сборах третьего периода исследований.

В целом на берегах мелиоративных каналов в Брестском Полесье господствовали в заражении обыкновенной бурозубки 2 вида цестод: *M. arionis* и *N. singularis* (таблица 2), как и в период 2005–2010 гг. [2]. Они были доминантами или субдоминантами в заражении (по численности особей – показатели ИИ, ИО и проценту зараженных зверьков) на берегах мелиоративных каналов, проходящих в разных местах. Нематода *L. depressa* преобладала в заражении обыкновенной бурозубки, обитающей только на берегах в смешанных лесах и на пахотных землях. В общем эта нематода относится к субдоминантам вышеуказанных цестод: в период 2005–2010 гг. ею было заражено 42,4 % обыкновенных бурозубок [2], а в период 2015–2019 гг. – 44,1 % (таблица 2). Цестода *D. diaphana* доминировала в заражении обыкновенной бурозубки только на берегах каналов в смешанных лесах (ее субдоминанты – цестоды *M. arionis* и *N. singularis*).

Для фауны Беларуси установлено 2 новых вида гельминтов – трематода *Prosolectithus danubica* Tkach et Bray, 1995 (хозяин: обыкновенная бурозубка) и акантоцефал *Centrorhynchus aluconis* (Müller, 1780) (хозяин: малая бурозубка). Правда, первый вид был найден нами еще в 1998 г. и ошибочно принят за вид *Skrjabinoplagicorchis polonicus* (Sołtys, 1957) [2, 5]. Обнаруженная трематода полностью соответствовала описанию *P. danubica*, на что обращено внимание в статье [6]. Акантоцефал *C. aluconis* является характерным паразитом дневных хищных птиц и сов, а землеройки (бурозубки) служат резервуарным хозяином [7]. Обнаружен он нами в единичном экземпляре в жировой ткани в области шеи половозрелой самки малой бурозубки, пойманной 11 августа 2015 г. на берегу канала, проходящего в смешанном лесу мелиоративной системы, расположенной в районе 20–21 км автодороги Брест – Ковель в Малоритском районе. В фауне гельминтов обыкновенной бурозубки появилась в предыдущие периоды исследований [1; 2] отсутствовавшая, нематода *Skrjabinoclava soricis* (Tiner, 1951), по одному экземпляру которой найдено в желудках неполовозрелой самки обыкновенной бурозубки, пойманной 22 июля 2017 г. на мелиоративной системе, расположенной в окрестностях д. Семисосны (Брестский район; берег канала на пахотных землях) и неполовозрелого самца обыкновенной бурозубки, пойманного 19 августа 2018 года на мелиоративной системе, расположенной в районе 20–21 км автодороги Брест – Ковель (Малоритский район; берег канала на выгоне). Это известный для фауны Беларуси вид нематод обыкновенной и малой бурозубок [8]. Кроме этого, идентифицирована нематода *Porrocaecum depressum* (Zeder, 1800), личинки которой найдены у обыкновенных бурозубок (заражено 5,5 % исследованных) и у 1 обыкновенной куторы. Также, более детальное изучение цестод от обыкновенной и малой бурозубок, определенных нами ранее [2, с. 476] как вид *Soricinia soricis* (Baer, 1928), убедило нас, что это вид *Soricinia infirma* (Żarnowsky, 1955) (син. *Insectivorolepis infirma* Żarnowsky, 1955), а обнаруженная у обыкновенных бурозубок цестода *Staphylocystis tiara* (Dujardin, 1845) [1] должна быть отнесена к виду *Staphylocystis furcata* (Stieda, 1862).

С учетом этих данных и критической оценки видового состава гельминтов всего за три периода исследований у землеройковых млекопитающих, обитающих на берегах мелиоративных каналов, найдено 43 вида гельминтов (12 видов трематод, 15 видов цестод, 15 видов нематод, 1 вид акантоцефалов). Больше всего видов гельминтов (36) обнаружено у обыкновенной бурозубки, меньше всего (4) – у белобрюхой белозубки. У малой бурозубки и у обыкновенной куторы выявлено 14 и 13 видов соответственно.

Обыкновенная бурозубка вовлекается в жизненный цикл такого возбудителя гельминтозооза, как трематода *Alaria alata* (Goeze, 1782). Мезоцеркарии ее найдены нами у этого зверька во втором и третьем периодах исследований. Ими было заражено 0,7 % животных во втором периоде [2] и 3,2 % животных в третьем периоде (таблица 2). Количество личинок варьировало от 1 до 2. Берега каналов загрязняются экскрементами хищных млекопитающих (особенно псовых), содержащих большое количество яиц этого гельминта. Они обнаружены в 69,0 % экскрементов псовых, а их количество доходило до 4 230 экземпляров (волк), 1 1875 экземпляров (лисица), 1 1825 экземпляров (енотовидная собака) и 1 9910 экземпляров (домашняя собака) [9]. На мелиоративных каналах создаются условия (наличие яиц и восприимчивых хозяев) для формирования и функционирования очагов аляриоза.

Землеройковые млекопитающие участвуют в жизненных циклах гельминтов, дефинитивными хозяевами которых являются птицы (трематоды *Echinostomatidae* gen. sp., *Strigea sphaerula* (Rudolphi, 1803), *S. falconis* Szidat, 1928 и *S. strigis* (Schrank, 1788), цестоды *Dilepis undula* (Schrank, 1788), *Cladotaenia globifera* (Batsch, 1786) и *Sacciuterina paradoxa* (Rudolphi, 1802) (син.: *Polycercus paradoxa*), нематоды *Porrocaecum depressum* (Zeder, 1800) и *Porrocaecum* sp., акантоцефал *C. aluconis*) и нежвачные парнокопытные млекопитающие (нематода *Ascarops strongylina* (Rudolphi, 1819) и *Physocephalus sexalatus* (Molin, 1860), что подтверждено 3-мя периодами исследований. Последний вид нематод обнаружен у обыкновенной бурозубки во всех периодах исследований (зафиксирована зараженность 1,3, 0,7 и 3,9 % соответственно по периодам, максимальное количество личинок в 20 экземпляров выявлено в первый период, (во второй их было 8, в третий 3), он имеет ветеринарное значение, являясь паразитом домашних свиней, как и нематода *P. sexalatus*, личинки которой найдены у этого зверька только в первый период исследований (заражено 2,6 %, количество личинок варьировало от 1 до 60 [1; 3]), а также трематода *A. alata*, которая способна заражать домашних собак и кошек.

Заклучение

В результате проведенного исследования мы пришли к следующим выводам:

1. Видовой состав землеройковых млекопитающих на берегах мелиоративных каналов в Брестском Полесье представлен 4-мя видами: белобрюхая белозубка, обыкновенная и малая бурозубки, обыкновенная кутора. Их общая численность в 2015–2019 гг. составила 3,8 особей на 100 л-с. Доминирует обыкновенная бурозубка, численность которой колеблется от 2,4 особей на 100 л-с (берега каналов в смешанных лесах) до 3,8 особей на 100 л-с (берега каналов на выгонах), а в целом составляет 3,18 особей на 100 л-с. На берегах мелиоративных каналов обитает белобрюхая белозубка – слабоизученный в Беларуси вид землеройковых млекопитающих. Выявлены места в Брестском Полесье (Брестский и Малоритский районы). Она селится на берегах разных мест прохождения мелиоративных каналов, отдавая предпочтение открытым пространствам.

2. Землеройковые млекопитающие адаптируются к изменениям условий существования на берегах мелиоративных каналов, особенно обыкновенная бурозубка, поддерживающая свою численность в среднем около 3 особей на 100 л-с. Периодическое выкашивание растительности на берегах и склонах мелиоративных каналов не способствует уменьшению численности доминирующего на берегах каналов такого вида землеройковых млекопитающих, как обыкновенная бурозубка, ее процента зараженности гельминтами и кардинальному изменению численности и видового состава гельминтов. Отмечается высокий процент зараженности гельминтами обыкновенной бурозубки независимо от места прохождения канала и уровня антропогенного воздействия, связанного с выкашиванием берегов и склонов каналов. Разнообразие гельминтов у этого зверька за три периода исследований включает 36 видов. Исследование 2015–2019 гг.

показало, что зараженность гельминтами высокая и составляет 98,4 %. Она может достигать до 100 % на берегах осушительных каналов на пахотных землях и у дорог. Судить о влиянии выкашивания растительности на берегах и склонах каналов на численность и видовой состав гельминтов других землеройковых млекопитающих сложно из-за их невысокой численности на берегах каналов.

3. Состав гельминтов землеройковых млекопитающих на берегах мелиоративных каналов за 3 периода исследований включает 43 вида: 36 видов найдено у обыкновенной бурозубки, 13 видов – у обыкновенной куторы, 14 видов – у малой бурозубки и 4 вида – у белобрюхой белозубки. Основной костяк гельминтов находится у обыкновенной бурозубки. Постепенно утратила доминирующее положение нематода *E. oesophagicola*, господствовавшая в заражении этого зверька в первый период исследований. Наиболее часто начали встречаться цестоды *M. arionis* и *N. singularis*, нематода *L. depressa*, трематода *R. exasperatum*, у белобрюхой белозубки – цестода *S. uncinata*, у малой бурозубки – нематода *L. depressa*, цестода *N. schaldybini*, трематода *R. exasperatum*, у обыкновенной куторы – трематода *N. locellus*.

4. Землеройковые млекопитающие вовлекаются в жизненные циклы гельминтов, облигатными дефинитивными хозяевами которых являются птицы (10 видов гельминтов), хищные млекопитающие (1 вид трематод) и нежвачные парнокопытные (2 вида нематод). Из них трематода *A. alata*, нематоды *A. strongylina* и *P. sexalatus* (хозяин: обыкновенная бурозубка) имеют медико-ветеринарное значение.

5. В 2015–2019 гг. выявлено 2 новых для Беларуси вида гельминтов (трематода *P. danubica* и акантоцефал *C. aluconis*, хозяевами которых являются соответственно обыкновенная и малая бурозубки), 1 вид, ранее не встречавшийся на берегах мелиоративных каналов – нематода *S. soricis* (хозяин: обыкновенная бурозубка), а также идентифицирована нематода *P. depressum* (хозяева: обыкновенные бурозубка и кутора).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шималов, В. В. Гельминтофауна насекомоядных млекопитающих (Mammalia: Insectivora) берегов каналов на мелиорированных территориях / В. В. Шималов // Паразитология. – 2007. – Вып. 3. – С. 201–205.

2. Шималов, В. В. Мониторинг гельминтофауны насекомоядных млекопитающих берегов мелиоративных каналов Белорусского Полесья / В. В. Шималов // Паразитология. – 2012. – Вып. 6. – С. 472–478.

3. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / гл. редкол.: И. М. Качановский (пред.) [и др.]. – 4-е изд. – Минск : БелЭн, 2015. – 320 с.

4. Шималов, В. В. Белобрюхая белозубка (*Crocidura leucodon* Hermann, 1780) и ее гельминтофауна на мелиоративных системах Брестского Полесья / В. В. Шималов, А. Т. Жуковский // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2019. – № 2. – С. 55–59.

5. Shimalov, V. V. Helminth fauna of the common shrew (*Sorex araneus* Linnaeus, 1758) in ecosystems of Belorussian Polesie transformed by reclamation / V. V. Shimalov // Parasitology Research. – 2001. – Vol. 87, iss. 9. – P. 792–793.

6. Shimalov, V. V. Findings of fluke *Prosolecithus danubica* (Trematoda, Dicro-coeliidae) in shrews in South-West Belarus / V. V. Shimalov // International Journal of Zoology and Animal Biology. – 2022. – Vol. 5, iss. 4 : 000389.

7. Кириллова, Н. Ю. Первое обнаружение личинок скребней *Centrorhynchus aluconis* (Müller, 1780) (Giganthorhynchidae) и *Moniliformis moniliformis* Bremser, 1811

(Moniliformidae) у землероек (Insectivora: Soricidae) фауны России / Н. Ю. Кириллова, А. А. Кириллов // Паразитология. – 2007. – Вып. 1. – С. 82–85.

8. Насекомоядные и их паразиты на территории Белоруссии / И. Т. Арзамасов [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1969. – С. 16–50.

9. Шималов, В. В. Загрязненность мелиорированных территорий экскрементами хищных млекопитающих, содержащими яйца и личинки гельминтов / В. В. Шималов // Паразитология. – 2007. – Вып. 2. – С. 137–144.

REFERENCES

1. Shimalov, V. V. Giel'mintofauna nasiekomjadnykh mliekopitajushchikh (Mammalia: Insectivora) bieriegov kanalov na mieliorirovannykh tierritorijakh / V. V. Shimalov // Parazito-logija. – 2007. – Vyp. 3. – S. 201–205.

2. Shimalov, V. V. Monitoring giel'mintofauny nasiekomjadnykh mliekopitajushchikh bieriegov mieliorativnykh kanalov Bieloruskogo Polies'ja / V. V. Shimalov // Parazitologija. – 2012. – Vyp. 6. – S. 472–478.

3. Krasnaja kniga Riespubliki Bielarus'. Zhivotnyje: riedkije i nakhodiashchiesia pod ugroznoj ischieznovienija vidy dikikh zhivotnykh / gl. riedkol.: I. M. Kachanovskij (pried.) [i dr.]. – 4-je izd. – Minsk : BielEn, 2015. – 320 s.

4. Shimalov, V. V. Bielobriukhaja bielozubka (*Crocidura leucodon* Hermann, 1780) i jejo giel'mintofauna na mieliorativnykh sistiemakh Briest'skogo Polies'ja / V. V. Shimalov, A. T. Zhukovskij // Vesn. Bresc. un-ta. Ser. 5, Khimija. Bijalohija. Navuki ab ziamli. – 2019. – № 2. – S. 55–59.

5. Shimalov, V. V. Helminth fauna of the common shrew (*Sorex araneus* Linnaeus, 1758) in ecosystems of Belorussian Polesie transformed by reclamation / V. V. Shimalov // Parasitology Research. – 2001. – Vol. 87, iss. 9. – P. 792–793.

6. Shimalov, V. V. Findings of fluke *Prosolecithus danubica* (Trematoda, Dicro-coelidae) in shrews in South-West Belarus / V. V. Shimalov // International Journal of Zoology and Animal Biology. – 2022. – Vol. 5, iss. 4 : 000389.

7. Kirillova, N. Yu. Piervoje obnaruzhenije lichinok skriebniej *Centrorhynchus aluconis* (Müller, 1780) (Giganthorhynchidae) i *Moniliformis moniliformis* Bremser, 1811 (Moniliformidae) u ziemlierojek (Insectivora: Soricidae) fauny Rossii / N. Yu. Kirillova, A. A. Kirillov // Parazitologija. – 2007. – Vyp. 1. – S. 82–85.

8. Nasiekomjadnyje i ikh parazyty na tierritorii Bielorusсии / I. T. Arzamasov [i dr.]. – Минск : Nauka i tiekhnika, 1969. – S. 15–50.

9. Shimalov, V. V. Zagriaznionnost' mieliorirovannykh tierritorij ekskriemientami khishchnykh mliekopitajushchikh, sodierzhashchimi jajca i lichinki giel'mintov / V. V. Shimalov // Parazitologija. – 2007. – Vyp. 2. – S. 137–144.

Рукапіс наступіў у рэдакцыю 04.01.2023

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

УДК 33:911.3:502/504:005.334

Екатерина Анатольевна Антипова¹, Ян Лю²

¹д-р геогр. наук, проф., проф. каф. экономической и социальной географии

Белорусского государственного университета

²соискатель каф. экономической и социальной географии

Белорусского государственного университета

Ekaterina Antipova¹, Yang Liu²

¹Doctor of Geographical Sciences, Professor,

Professor of the Department of Economic and Social Geography

of Belarusian State University

²Postgraduate Student of the Department of Economic and Social Geography

of Belarusian State University

e-mail: [1antipovaeekaterina@gmail.com](mailto:¹antipovaeekaterina@gmail.com)

КЛЮЧЕВЫЕ ТРЕНДЫ УРБАНИЗАЦИИ КИТАЯ В XXI В.: ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ*

В статье с использованием сравнительно-географического, статистико-математического, картографического методов, географической систематизации и ГИС-технологий выявлены пространственно-временные тренды урбанизации Китая за 2000–2020 гг. с позиции экономической географии на основании официальной национальной статистики. В ходе анализа установлено, что за последние 20 лет численность городских жителей увеличилась в два раза, Китай из сельскохозяйственной превратился в урбанизированную страну, которая находится в фазе урбанизационной зрелости и характеризуется высокими ежегодными темпами роста численности городского населения, превышающими среднемировые значения. На территории Китая выявлены три вида территориальной дифференциации урбанизации на мезогеографическом уровне (уровне провинций) – по численности, доле и ежегодным темпам роста численности городского населения. Выявленная пространственная неоднородность урбанизации может выступать научным обоснованием для разработки регионально дифференцированных направлений политики городского развития Китая.

Ключевые слова: Китай, динамика численности городского населения, урбанизационный переход, типология провинций по характеру динамики численности городского населения, территориальная дифференциация.

Key Trends in China's Urbanization in the 21st Century: Economic and Geographical Aspects

In the article using the comparative-geographical, statistical-mathematical, cartographic method, geographic systematization and GIS technologies, spatial and temporal trends of China's urbanization for 2000-2020 are identified in terms of economic geography based and on official national statistics. The analysis found that over the past 20 years, the number of urban residents has doubled, China has turned from an agricultural into an urbanized country. The country is in the phase of urban maturity and is characterized by high annual growth rates of the urban population, exceeding the world average. On the territory of China, three types of territorial differentiation of urbanization have been identified at the mesogeographical level (provincial level) such as in terms of the number, share and annual growth rate of the urban population. The revealed spatial heterogeneity of urbanization can serve as a scientific justification for the development of regionally differentiated directions of China's urban development policy.

Key words: China, urban population dynamics, urbanization transition, typology of provinces by the nature of urban population dynamics, territorial differentiation.

*Исследование выполнено в рамках НИР «Совершенствование теоретико-методологических основ оценки региональной демографической безопасности и человеческого капитала Республики Беларусь в контексте глобализации мировой экономики» (№ госрегистрации 20211948) задания 3.04 «Научные основы развития человеческого капитала в контексте обеспечения социальной, демографической, экологической и экономической безопасности в Республике Беларусь» ГПНИ «Общество и гуманитарная безопасность белорусского государства», подпрограмма «Экономика».

Введение

Урбанизация является основной движущей силой устойчивого развития экономики и общества Китая, и ее неуклонный рост способствует экономическому росту и структурным преобразованиям в стране. В XXI в. развитие урбанизации Китая вступило в стадию наиболее быстрого роста и выступает важным условием успешной социально-экономической трансформации и процветания Китая. Интенсивная урбанизация способствует диффузии инноваций в Китае и имеет долгосрочное влияние на развитие страны и китайской нации. Ускорение процесса урбанизации является стратегическим выбором для содействия развитию национальной экономики.

Вместе с тем Китай является страной с ярко выраженными территориальными различиями в социально-экономическом развитии, демографической ситуации и уровне жизни населения. Это обстоятельство накладывает отпечаток на скорость урбанизации в разрезе провинций и вызывает ряд проблем. Поэтому для регулирования роста урбанизации и снижения ее негативных последствий необходимо изучение пространственных различий процесса для выработки дифференцированных рекомендаций в региональном разрезе. В связи с этим в данном исследовании ставилась цель выявить главные пространственно-временные тренды урбанизации Китая за 2000–2020 гг. Основными задачами выступали: анализ общих трендов урбанизации и установление пространственно-временных тенденций урбанизации в разрезе провинций на основе выводов о динамике численности и доле городского населения с позиций концепции «урбанизационного перехода»; разработка группировки провинций по численности и доле городского населения с выделением зон урбанизации; определение фаз урбанизации в разрезе провинций; разработка типологии провинций по динамике ежегодных темпов роста численности городского населения за 2000–2020 гг.

Основная часть

Материалы и методика исследования. Исследование состояло из нескольких последовательных этапов. На первом этапе нами была изучена специальная литература, посвященная географическому изучению урбанизации Китая и систематизированы методические подходы для выявления основных трендов исследуемого процесса. На втором этапе была создана база данных «География урбанизации Китая» с использованием MS Excel, включившая более 15 отраслевых показателей по 34 провинциям страны за 2000 г. и 2020 г. При анализе использовались два пространственных уровня – макро- (страна) и мезоуровень (провинции). Информационной базой исследования выступили данные по переписям населения 2000 г. и 2020 г. Национального статистического бюро Китая. На третьем этапе нами были составлены сводные аналитические таблицы и картографический материал в среде ArcGIS 10.8. Четвертый этап включал в себя анализ и выявление основных и региональных трендов урбанизации Китая. На заключительном этапе были сделаны выводы относительно обусловленности пространственных закономерностей урбанизации в Китае. Основными методами, которые были использованы в исследовании, выступили: метод исторического подхода, сравнительно-географический, метод средних величин, группировки, статистико-математический метод, географической систематизации, картографический с использованием ГИС-технологий.

Общие тренды урбанизации Китая в XXI в. В конце первой четверти XXI в. Китай остается самой населенной страной мира, где численность населения, по данным на середину 2022 г., составила 1 436,6 млн человек [1]. При этом доля городского населения на эту же дату в стране составляет 65 %, что ниже, чем в Восточной Азии (68 %), но значительно выше, чем в Азии (52 %) и мире (57 %). Современный уровень урбанизации Китая сопоставим с такими странами, как ЮАР, Марокко, Эквадор, Польша, Португалия и др.). Поскольку доля городского населения в Китае превышает в настоящий

момент 50 %, это свидетельствует о том, что урбанизационный переход в стране осуществлен, однако совсем недавно – в 2011 г. (рисунок 1). Этот поворотный момент в истории выступал толчком для экономического роста в некоторых странах. Так, Ф. Рузвельт предложил «Новый курс» реформ в 1930-х гг. в США, нацеленный на преодоление последствий Великой депрессии и на структурные реформы в экономике страны. Уровень урбанизации в США составлял 50 %, после чего он стал стремительно расти, в результате чего произошел перелом в экономике и обществе [2].



Рисунок 1 – Динамика численности и доли городского населения Китая

В 1979 г. американский географ Р. Нортан изучал изменение доли городского населения в общей численности населения в различных странах и обнаружил, что процесс урбанизации представляет собой S-образную кривую с закономерным рисунком: на первом этапе, когда уровень урбанизации превышает 10 %, страна вступает в начальную стадию урбанизации, городское население растет медленно; на втором этапе, когда уровень урбанизации превышает 30 %, он вступает в ускоренную стадию урбанизации, и городское население быстро растет; на третьем этапе, когда урбанизация превышает 70 %, страна вступает в позднюю стадию урбанизации, и процесс урбанизации стагнирует или показывает незначительную тенденцию к снижению [2]. В 2000 г. уровень урбанизации Китая достиг 36,1 %. Поэтому в контексте этой теории в XXI в. Китай вступил в стадию ускоренного развития [3; 4]. С позиций концепции «урбанизационного перехода» Китай находится в фазе урбанизационной зрелости (50–75 %). В целом за очень короткий двадцатилетний промежуток времени численность городского населения в стране практически удвоилась, что связано с проведением государственной политики реформ и открытости. Таким образом, Китай переживает новый поворотный момент в городском экономическом и социальном развитии.

Численность городского населения Китая растет значительно быстрее в XXI в. по сравнению с предыдущими историческими периодами и общей численностью населения страны. Если все население Китая увеличивается ежегодно на 0,6 %, то городское почти в пять раз быстрее – на 4,8 % в год. Это феноменально быстрые темпы. Доля городского населения в структуре увеличивается на 3,9 % в год (таблица 1.).

Пространственно-временные тренды урбанизации Китая в XXI в. Городское население страны по численности сильно колеблется в пределах провинций. Анализ данных показал, что среди провинций можно выделить три группы: с малой (менее 20 млн человек), средней (20–40 млн человек) и крупной численностью городского населения (более 40 млн человек).

Таблица 1. – Динамика численности и доли городского населения Китая

	Численность населения, млн чел.		Ежегодный рост численности населения за 2000–2020 гг., %	Доля городского населения, %	
	2000 г.	2020 г.		2000 г.	2020 г.
Все население Китая	1 267	1 412	0,6	–	–
Городское население	459	902	4,8	36,1	63,9

Примечание – Источник: Национальное статистическое бюро Китая. Режим доступа: <http://www.stats.gov.cn/>.

За исследуемые двадцать лет произошли существенные структурные сдвиги. В 2000 г. преобладали провинции с малой численностью городского населения (26 млн, или 76,5 %), и только в одной провинции (Гуандун) проживало более 40 млн городских жителей (47,5 млн человек). Такая ситуация объяснялась начальной стадией индустриализации страны. После основания Нового Китая в 1949 г. доля промышленности в народном хозяйстве составляла всего 15,5 %, а уровень урбанизации – 10,6 %. После 1950 г. в стране была реализована стратегия медленной урбанизации, и к 1978 г. ее уровень составлял менее 18 % [5]. Хотя процесс урбанизации в Китае значительно ускорился после проведения политики реформ и открытости, до 2000 г. страна оставалась сельскохозяйственной, а урбанизация в Китае все еще находилась на начальной стадии развития.

К 2020 г. ситуация существенно изменилась, произошел чрезвычайно быстрый рост численности городского населения, что привело к изменению структуры провинций. В настоящее время в Китае преобладают провинции с численностью свыше 20 млн городских жителей, т. е. средние и крупные. На них приходится более 60 %. Количество малых провинций уменьшилось до 13, а количество крупных провинций до 7 (таблица 2).

Таблица 2 – Структура провинций Китая по численности городского населения, %

Год	Шкала провинций по численности городского населения, млн. чел.		
	малые (менее 20)	средние (20–40)	крупные (более 40)
2000	76,5	20,6	2,9
2020	38,2	41,2	20,6

Примечание – Источник: Национальное статистическое бюро Китая. Режим доступа: <http://www.stats.gov.cn/>.

Географический анализ распределения городского населения по территории Китая свидетельствует о территориальной дифференциации. Как показывает рисунок 2, существует значительный разрыв между восточными и западными провинциями по численности городского населения. Быстрый экономический рост и процесс индустриализации в северо-восточных и восточных прибрежных районах привели к концентрации здесь городского населения, формируя современную модель развития урбанизации.

В настоящее время на территории Китая сформировались провинции, где численность городского населения превышает 50 млн человек, что сопоставимо с численностью отдельных государств. Это Гуандун (93,6), Шаньдун (64,1), Цзянсу (62,3), Хэнань (55,1). Они являются самыми крупными в стране по численности городского населения. На их фоне в таких провинциях, как Цинхай, Нинся-Хуэйский автономный район (далее – АР), Тибетский АР и Макао, численность городских жителей не превышает 5 млн человек.

За 20 лет произошел общий рост численности городского населения в стране. Однако при этом в восточных и ряде центральных провинций масштабы роста были более значительными. Основная часть провинций с большой численностью городского населения располагается на востоке страны. Поэтому в распределении городского населения Китая можно выделить две зоны: восточную с большой численностью и западно-центральной – с малой численностью городского населения (рисунок 2).

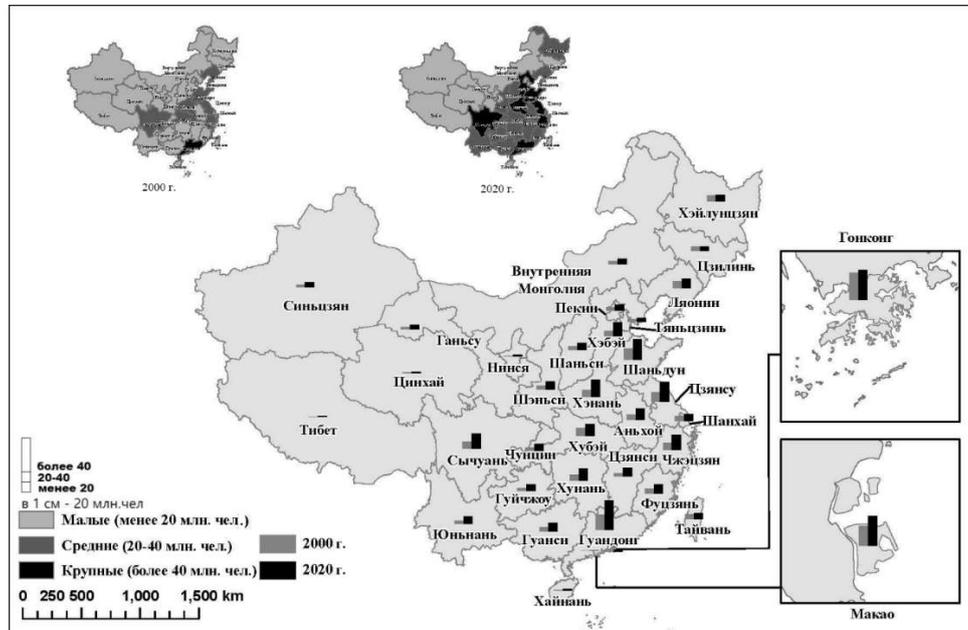


Рисунок 2 – Территориальная дифференциация провинций Китая по численности городского населения

Анализ данных о доле городского населения в разрезе провинций позволил выявить несколько пространственно-временных тенденций в разрезе провинций Китая. Во-первых, это территориальная дифференциация, проявляющаяся в выделении 4 групп провинций по фазе урбанизационного перехода: менее 25 % (фаза юности); 25–50 % (фаза молодости); 50–75 % (фаза зрелости) и более 75 % (фаза старости).

В 2000 г. в период ускоренной урбанизации в Китае преобладали провинции (58,8 %) с долей городского населения от 25 до 50 %, что соответствовало фазе молодости. Провинции, находящиеся в фазе юности и зрелости, занимали паритетные позиции в структуре. Наименьшая доля приходилась на провинции, где доля городского населения превышала 75 %. Это были Пекин, Шанхай, Гонконг и Макао. При этом следует отметить, что в современном Китае города административно не выделяются. Фактический город обозначается термином «городская зона». В связи с этим статистика обычно приводит численность жителей всей территории, в т. ч. и не городской зоны, включающей сельскую местность, подчиненной городскому муниципалитету, которая по площади и населению нередко во много раз превышает урбанизированную часть административной единицы. Поэтому доля городского населения Пекина составляет 77,6, а не 100 %, а Шанхая – 88,3 %. Часто город составляет небольшую долю общей площади городской зоны центрального подчинения, основную часть которой составляют более мелкие города, поселки и сельскохозяйственные угодья. Ярким примером этого является Чунцин, где численность его сельского населения превышает городское.

За двадцать лет в Китае в результате интенсивной индустриализации произошла трансформация структуры населения страны. За эти годы из сельскохозяйственной

страны, где в структуре преобладало сельское население (64,1 %), Китай превратился в урбанизированное государство с долей городских жителей 63,9 %. Развитие городов не только отражает, как в миниатюре, состояние национального экономического и социального развития, но и оказывает влияние на национальную политику. Китай в ходе реформ и политики открытости добился больших успехов в экономическом и социальном развитии в немалой степени благодаря промышленным производствам, расположенным в городах. Развитие производства потребовало расширения городских территорий, способствовало количественному росту городов, приросту городского населения. К настоящему времени многие города страдают от наплыва неквалифицированной рабочей силы за счет притока сельского населения и несельскохозяйственных работников.

В итоге в 2020 г. в структуре населения стали преобладать (79,4 %) провинции с долей городского населения от 50 до 75 %, т. е. на мезогеографическом уровне Китай также вступил в фазу урбанизационной зрелости (таблица 3). Их число увеличилось почти в 5,5 раза, это оценивается как кардинальный структурный сдвиг. Резко сократилась доля провинций, находящихся в фазе молодости, – с 58,8 до 2,9 %. Теперь это только Тибетский АР, где численность городского населения составляет 35,7 %. Произошло увеличение числа провинций, где доля населения превысила 75 %. Отсутствует в современной структуре группа провинций с долей менее 25 %.

Таблица 3 – Структура провинций Китая по доле городского населения, %

Год	Шкала провинций по доле городского населения, %			
	низкая (менее 25)	средняя (25–50)	выше среднего (50–75)	высокая (более 70)
2000	14,7	58,8	14,7	11,8
2020	0	2,9	79,4	17,6

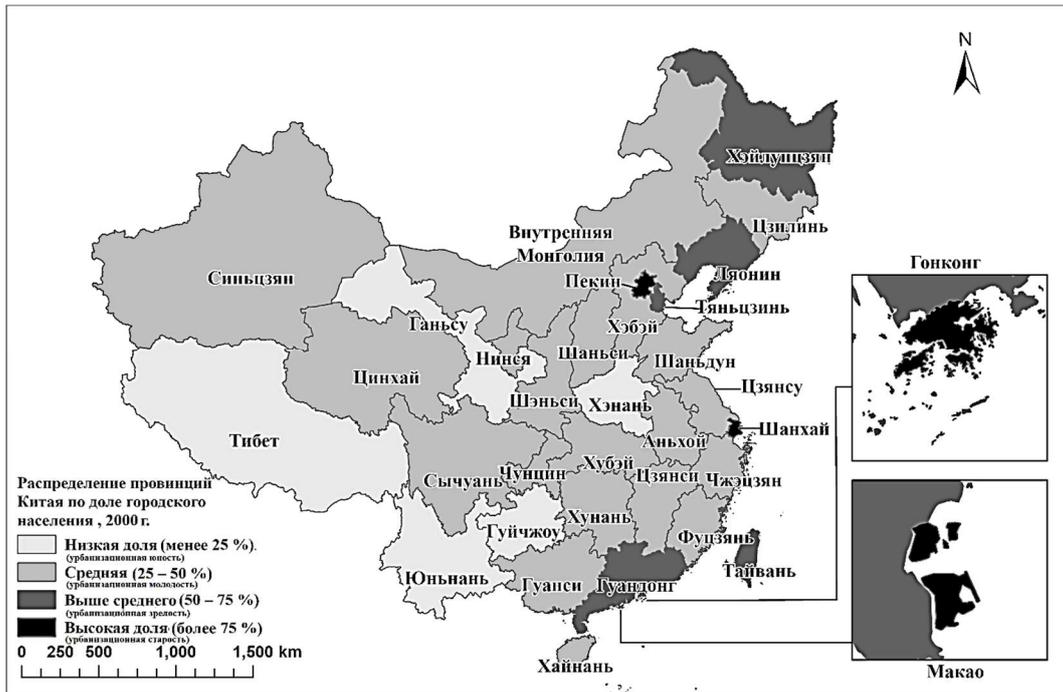
Примечание – Источник: Национальное статистическое бюро Китая. Режим доступа: <http://www.stats.gov.cn/>.

Наиболее урбанизированными провинциями в настоящее время в Китае наряду с Гонконгом (100 %) и Макао (100 %) являются Шанхай (89,3 %), Пекин (87,6 %), Тяньцзинь (84,7 %) и Тайвань (78,9 %). Провинциями с долей городского населения более 70 % являются Гуандун, Цзянсу, Чжэцзян, Ляонин. Все они расположены на востоке страны.

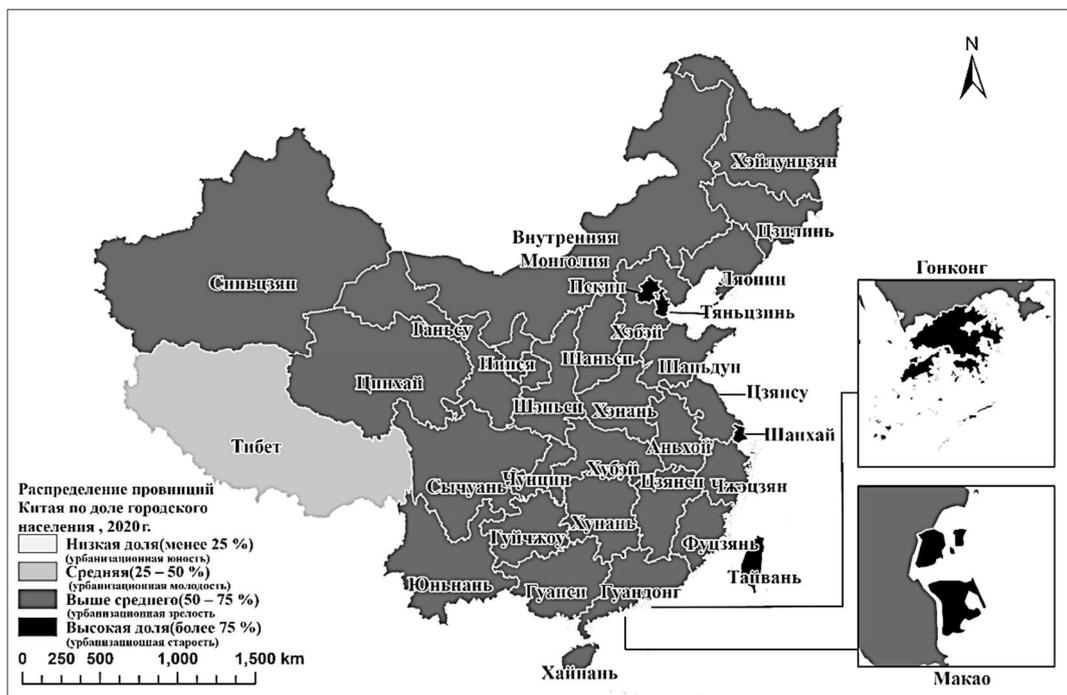
Географический рисунок урбанизации Китая за 2000–2020 гг. принципиально изменился. Урбанизированное пространство страны в 2000 г. было разнородным и фрагментарным. На востоке и северо-востоке выделялись высокоурбанизированные фрагменты в лице единичных провинций. Большая часть центрального, северо-западного и северо-восточного Китая представляла зону урбанизационной молодости (рисунок 3).

В центре и на юго-западе страны видны слабоурбанизированные фрагменты. В 2020 г. в период ускоренной индустриализации географическое пространство урбанизации становится континуальным и относительно однородным. Более 90 % территории Китая представляет зону урбанизационной зрелости с долей городского населения выше 50 %.

В целом в распределении провинций по доле городского населения по-прежнему доминирует восточный регион, но увеличилась доля городского населения и в западном регионе. Восточный Китай отличается развитой экономикой и хорошими физико-географическими условиями. Хотя количество городов восточного региона составляет лишь 1/3 от общего числа городов страны, доля совокупного городского населения в городском населении страны превышает 40 % [6].



а) 2000 г.



б) 2020 г.

Рисунок 3 – Территориальная дифференциация провинций Китая по доле городского населения и фазам урбанизации

Выявленная территориальная дифференциация провинций Китая по численности городского населения доказывает их неоднородную динамику. В связи с этим нами были проведены расчеты ежегодных темпов роста численности городского населения, которые позволили выделить на территории Китая мезорегиональный тренд – рост и диффе-

ренциацию значений – от низких (менее 3 % в год) до высоких (более 6 % в год). На основании этого нами был выделен один тип и три подтипа провинций (таблица 4) при среднем значении ежегодного роста 4,65 %.

Таблица 4 – Типология провинций Китая по ежегодным темпам роста численности городского населения Китая в 2000–2020 гг., %

Тип 1. Рост					
Подтип 1.1 Провинции с высокими темпами (более 6)		Подтип 1.2 Провинции со средними темпами (3–6)		Подтип 1.3 Провинции с низкими темпами (менее 3)	
Синьцзян-Уйгурский АР	6,3	Пекин	3,9	Шанхай	2,5
Нинся-Хуэйский АР	7,9	Тяньцзинь	3,1	АР Внутренняя Монголия	2,8
Тибетский АР	8,1	Чунцин	5,9	Гонконг	0,5
Хэбэй	7,7	Гуанси-Чжуанский АР	5,8	Макао	2,5
Цзянси	6,9	Шаньси	4,5	Ляонин	1,7
Хэнань	7,8	Цзянсу	5,1	Цзилинь	0,6
Гуйчжоу	7,2	Чжэцзян	5,3	Хэйлунцзян	0,5
Юньнань	6,8	Аньхой	5,7	Хубэй	2,5
Ганьсу	5,6	Фуцзянь	4,9	Тайвань	1,0
		Шаньдун	4,3		
		Хунань	5,2		
		Гуандун	4,9		
		Хайнань	4,7		
		Сычуань	5,7		
		Шэньси	5,7		
		Цинхай	4,9		
9 провинций (26,5 %)		16 провинций (47,0 %)		9 провинций (26,5 %)	

Анализ показал, что около 50 % провинций характеризуются средним для Китая ростом городского населения (3–6 %). В некоторых из них численность городских жителей увеличивается более чем на 5 % в год (Чунцин, Гуанси-Чжуанский АР, Цзянсу, Чжэцзян, Аньхой, Хунань, Сычуань, Шэньси). Остальная часть провинций в равном соотношении имеет ежегодные темпы как более 6 %, так и менее 3 % в год (рисунок 3).

В последние годы в связи с быстрым экономическим развитием и перемещением промышленности в западный регион доля городского населения в восточных, центральных и северо-восточных регионах Китая снизилась, а доля городского населения в западном регионе увеличилась [7]. Это связано с политикой реформ и открытости, политикой «Западный регион», которые инвестируют развитие и помогают наименее развитым регионам страны. Поэтому годовой прирост городского населения в западном регионе страны отличается феноменально высокими значениями. Например, в рост городского населения в Тибетском АР составил 8,1 % в год, в Нинся-Хуэйском АР – 7,9 %, в провинции Хэбэй – 7,7 %.

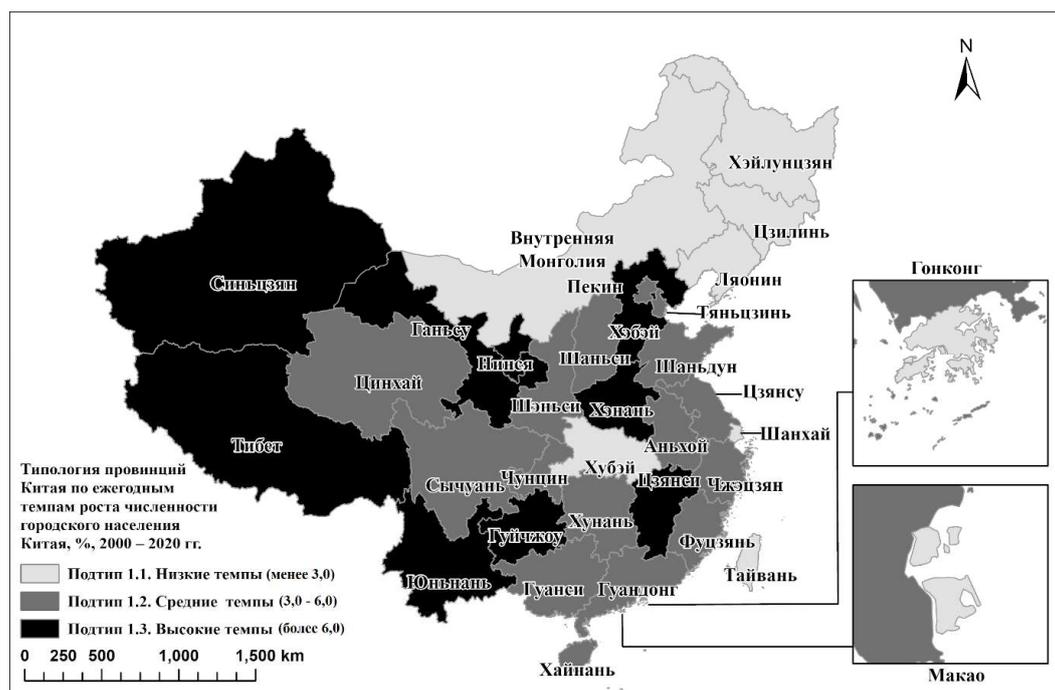


Рисунок 4 – Типология провинций Китая по ежегодным темпам роста численности городского населения

Таким образом, на территории Китая прослеживаются три зоны по темпам роста численности городского населения: северо-западная зона высоких темпов, центрально-восточная – средних темпов и северо-восточная – низких темпов. Выявленная дифференциация может выступать обоснованием для дальнейших исследований факторов, преимуществ и последствий урбанизации в Китае в разрезе провинций, что может выступить доказательством теории множественности факторов роста развивающихся стран А. Льюиса.

Заключение

Анализ урбанизации Китая в XXI в. позволил выявить ряд ключевых трендов. Во-первых, Китай представляет уникальную страну, где численность городских жителей за 20 лет увеличилась в два раза, превысила 900 млн человек, доля составляет 63,9 %, и урбанизация показывает устойчивый тренд роста. Во-вторых, с позиций концепции «урбанизационного перехода» Китай находится в фазе урбанизационной зрелости, когда доля городского населения в большинстве провинций колеблется от 50 до 75 %. В-третьих, Китай характеризуется феноменально высокими ежегодными темпами роста численности городского населения – 4,8 %, превышающими среднемировые значения, что является следствием проведения политики реформ и открытости, региональной политики и свидетельством интенсивной и повсеместной индустриализации, охватывающей как восточные, так и западные регионы. В-четвертых, на территории Китая выявлены три вида территориальной дифференциации урбанизации на мезогеографическом уровне (уровне провинций): по численности, доле и ежегодным темпам роста численности городского населения. Первый вид предполагает выделение на территории Китая двух зон: восточной с большой численностью и западно-центральной – с малой численностью городского населения. Второй вид заключается в выделении континуального урбанизированного пространства, включающего провинции, завершившие урбанизационный переход, и единичные провинции в фазе «старости» и «молодости». Третий вид характеризуется проявлением трех зон: северо-западной – высоких темпов, центрально-восточной –

средних темпов и северо-восточной – низких темпов. Выявленная пространственная неоднородность урбанизации может выступать научным обоснованием для разработки регионально дифференцированных направлений политики городского развития Китая.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 2022 World Population Data Sheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.prb.org/wp-content/uploads/2022/09/2022-World-Population-Data-Sheet-Booklet.pdf>. – Дата доступа: 15.12.2022.
2. Northam, Ray M. *Urban Geography* / Ray M. Northam. – Wiley, 1979. – 524 p.
3. У Вэйцзя. Тенденция урбанизации Китая и долгосрочная стратегия скоординированного развития Пекина, Тяньцзиня и Хэбэя / У. Вэйцзя // *Human Habitat*. – 2017. – № 04. – С. 23–30 (на кит. яз.).
4. Ба Шусонг. Перспективы и вызовы урбанизации Китая в ближайшие 20 лет [Электронный ресурс] / Ба Шусонг, Син Юйцзин, Ян Сяньлин // *Реформа и стратегия*. – 2010. – № 26 (05). – С. 79 – 83. – DOI: <http://dx.doi.org/10.16331/j.cnki.issn1002-736x.2010.05.004> (на кит. яз.).
5. Чэнь Гуантин. Основные тенденции городского развития Китая в XXI веке / Чэнь Гуантин // *Пек. соц. науки*. – 1999. – № 03. – С. 8 (на кит. яз.).
6. Ли Сян. Характеристики, проблемы и тенденции урбанизации в Китае [Электронный ресурс] / Ли Сян // *Modern Business*. – 2012. – № 22. – С. 93–94. – DOI: <http://dx.doi.org/10.14097/j.cnki.5392/2012.22.014> (на кит. яз.).
7. Шэн Гуанъяо. Анализ региональных различий и тенденций развития урбанизации Китая [Электронный ресурс] / Шэн Гуанъяо // *Обучение и практика*. – 2011. – № 04. – С. 5–12. – DOI: <http://dx.doi.org/10.19624/j.cnki.cn42-1005/c.2011.04.001> (на кит. яз.).

REFERENCES

1. 2022 World Population Data Sheet [Elektronnyj riesurs]. – Riezhim dostupa: <https://www.prb.org/wp-content/uploads/2022/09/2022-World-Population-Data-Sheet-Booklet.pdf>. – Data dostupa: 15.12.2022.
2. Northam, Ray M. *Urban Geography* / Ray M. Northam. – Wiley, 1979. – 524 p.
3. U Vejczia. Tendencija urbanizacii Kitaja i dolgosrochnaja strategija skoordinirovannogo razvitija Piekina, Tian'czinia i Khebeja / U Vejczia // *Human Habitat*. – 2017. – № 04. – S. 23–30.
4. Ba Shusong. Pierspiektivy i vyzovy urbanizacii Kitaja v blizhajshije 20 liet [Elektronnyj riesurs] / Ba Shusong, Sin Jujczin, Jan Sian'lin // *Rieforma i strategija*. – 2010. – № 26 (05). – S. 79 – 83. – DOI: <http://dx.doi.org/10.16331/j.cnki.issn1002-736x.2010.05.004> (na kit. jaz.).
5. Chen' Guantin. Osnovnyje tendencii gorodskogo razvitija Kitaja v XXI viekie / Chen' Guantin // *Piek. soc. nauki*. – 1999. - № 03. – S. 8 (na kit. jaz.).
6. Li Sian. Kharakteristiki, problemi i tendencii urbanizacii v Kitaje [Elektronnyj riesurs] / Li Sian // *Modern Business*. – 2012. – № 22. – S. 93 – 94. – DOI: <http://dx.doi.org/10.14097/j.cnki.5392/2012.22.014> (na kit. jaz.).
7. Shen Guanjao. Analiz riegional'nykh razlichij i tendencij razvitija urbanizacii Kitaja [Elektronnyj riesurs] / Shen Guanjao // *Obuchienije i praktika*. – 2011. – № 04. – S. 5 – 12. – DOI: <http://dx.doi.org/10.19624/j.cnki.cn42-1005/c.2011.04.001> (na kit. jaz.).

УДК 316.356.2-058.8:[316.146+314.5](476)

Наталья Георгиевна Белковская¹, Мирослава Юзефовна Бобрик²

¹канд. геогр. наук, доц., доц. каф. географии и методики преподавания географии
Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка

²канд. геогр. наук, доц., проректор по учебной работе
Витебского государственного университета имени П. М. Машерова

Natalia Belkovskaya¹, Miraslava Bobryk²

¹Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Geography and Methods of Teaching Geography
of Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank

²Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Academic Affairs
of Vitebsk State University named after P. M. Masherov

e-mail: miro-slavab@mail.ru

БРАЧНО-СЕМЕЙНАЯ СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ БЕЛАРУСИ В СОВРЕМЕННЫХ РЕАЛИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОГО ОБЩЕСТВА

Рассматриваются современные тенденции развития брачно-семейных отношений населения Республики Беларусь на основе данных переписей населения 1999, 2009, 2019 гг. и текущей статистики. Для дополнительных исследований взглядов современной молодежи на вопросы брака и семьи проанализированы анкетные данные студентов III–IV курсов.

Ключевые слова: брачно-семейная структура населения, брачность, средний возраст вступления в брак, незарегистрированная брачность, внебрачная рождаемость.

Marriage and Family Structure of the Population of Belarus in of Modern Realities of the Urbanized Society

The article examines the current trends in the development of marriage and family relations in the population of the Republic of Belarus on the basis of the data from the population censuses of 1999, 2009, 2019 and current statistics. For additional studies of the views of modern youth on marriage and family issues the article analyzes the questionnaire data of the 3rd-4th year students.

Key words: marital and family structure of the population, marital status, average age of marriage, unregistered marriage, illegitimate birth rate.

Введение

Брачно-семейная структура населения – важнейший элемент формирования демографической ситуации любой территории. От ее количественных и качественных показателей зависит уровень рождаемости и смертности (исследования показали, что одинокий человек имеет риск повышенной смертности), половозрастной состав населения. От отношения к институту брака и семьи зависит трудовой потенциал страны, общая культура общения молодежи. Но на брачно-семейную структуру, в свою очередь, оказывает влияние целая группа разноплановых факторов, среди которых в первую очередь можно назвать современные тенденции развития урбанизированного общества, глобализацию культурных традиций, ослабление роли религиозного фактора в формировании взглядов на брак. Нельзя отрицать и влияние на вопросы брака и семьи опыта предшествующих поколений.

Особую роль в формировании брачной структуры населения играют взгляды на брак и семью наиболее молодого поколения. Среди исследователей нет единого мнения обо всех причинах, которые формируют новый стереотип демографического поведения молодежи в отношении института брака, но преобладает точка зрения, что он является следствием широкого распространения в постиндустриальном обществе индивидуалистически ориентированной системы ценностей. Современная молодежь предъявляет высокие требования к уровню образования и материального благосостояния для

себя и своего партнера, что повышает ее социальную и материальную самостоятельность, но и отдалает время вступления в брак. Важнейшим инструментом, который позволил оказать значительное влияние на брачно-семейные отношения и детность семей, стало массовое распространение системы эффективных методов планирования семьи, что позволяет молодому человеку свободно распределять свои репродуктивные события во времени. Кроме того, планирование семьи сегодня не сводится только к контрацептивной защите – оно связано и с возможностями суррогатного материнства и генных технологий. Все эти и другие аспекты серьезным образом влияют на изменения брачного поведения современного молодого человека.

Цель данной статьи – выявить современные тенденции развития брачно-семейных отношений населения Республики Беларусь.

Материалы исследования – данные переписей населения Республики Беларусь 1999, 2009, 2019 гг. и текущей статистики. Были использованы следующие методы: тематико-статистический, сравнения, анализа, обобщения.

Результаты и обсуждение

Данные текущей статистики, представленные Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь, свидетельствуют, что, несмотря на повышения уровня безбрачия в целом, подавляющее большинство мужчин и женщин в Беларуси вступают в брак. Так, уровень безбрачия в конце XX в. в республике был относительно невысокий: по данным переписи 1999 г. только 5,4 % мужчин и 3,7 % женщин в возрасте 45–49 лет никогда не состояли в браке [1]. Вместе с тем данные последующих двух переписей населения 2009 и 2019 гг., проведенные в Республике Беларусь, свидетельствуют о дальнейшем росте *показателя безбрачия*. Согласно переписи 2009 г. уже 6,6 % мужчин и 4,4 % женщин в возрасте 45–49 лет никогда не состояли в браке. К 2019 г. картина еще более усугубилась: в возрасте 45–49 лет никогда не состояли в браке уже 9,8 % мужчин и 6,6 % женщин [2, с. 118–119; 3, с. 360].

Перепись 2019 г. свидетельствует также, что к 50 годам доля мужчин, никогда не вступавших в брак, выросла до 17 %, а женщин – до 10,6 % [2, с. 118–119]. Гендерные различия прежде всего связаны со структурным фактором: в возрасте до 35–39 лет в населении Беларуси несколько больше мужчин, что естественно при биологической закономерности преобладания мальчиков при рождении и отсутствии потерь мужского населения, обусловленных военными событиями.

Вместе с тем данные переписей населения Республики Беларусь 1999, 2009 и 2019 гг. свидетельствуют, что общая доля мужчин старше 15 лет, никогда не состоявших в браке, достигнув своего максимума в 2009 г. (28,7 %), к 2019 г. заметно снизилась – до 22,6 %. Такая же тенденция отмечается и у женщин: доля женщин старше 15 лет, никогда не состоявших в браке, снизилась с 18,0 % в 2009 г. до 14,4 % в 2019 г. [3, с. 82–83]. Можно предположить, что в стране наметились определенные тенденции укрепления института брака, которые могут отличать Беларусь среди стран Восточной Европы некоторым своеобразием демографического поведения.

Группировка по возрасту жениха и невесты связывается с определением нижней границы брачного возраста, которая устанавливается законами каждой страны. В Беларуси нижняя граница брачного возраста, как и в большинстве стран мира, установлена в возрасте 18 лет. Средний возраст вступления в первый брак для женщин считается низким, если женщина вступает в брак до 21 года, средним – в 21–23 года, высоким – в 24 и более лет. В 2009 г. средний возраст вступления в первый брак для женщин в стране составил для женщин 24,2, а для мужчин – 26,4 года. В дальнейшем эти показатели выросли еще больше, и уже в 2020 г. средний возраст вступления в первый брак у мужчин составил 28,4 лет, а у женщин – 26,2 года [4, с. 53]. Таким образом, сегодня Беларусь

стала относиться к странам с *высоким средним возрастом вступления в первый брак*, перейдя рубеж в 24 года. Что касается повторных браков, то и здесь отмечается рост возраста вступления в брак. Например, в 1990 г. у мужчин он составлял 38,2 года, а у женщин – 36,2 года; в 2000 г. – 39,1 года у мужчин и 36,7 года у женщин, а в 2021 г. – 41,9 и 38,5 года соответственно [4, с. 53].

Интенсивность заключения браков характеризуется общим числом заключенных браков в данном году или относительным, т. е. количеством заключенных браков на 1 000 человек населения. Анализ соответствующих показателей свидетельствует, что в 90-е годы XX в. в Беларуси произошло существенное снижение общего количества заключаемых браков и общего коэффициента брачности. Так, если в 1990 г. общий коэффициент брачности в Беларуси составил 9,7 ‰, то в 2000 г. он снизился до 6,3 ‰. Затем коэффициент брачности начал повышаться и вырос до величины 8,1 ‰ в 2010 г. К 2015 г. коэффициент брачности в республике еще немного увеличился до 8,7 ‰, но в дальнейшем он снова стал снижаться, а в 2020 г. составил всего 5,4 ‰, что является абсолютным минимумом для этого показателя по республике за рассматриваемый период. Однако в 2021 г. наблюдается рост показателя до 6,4 ‰ (рисунок) [4, с. 53].

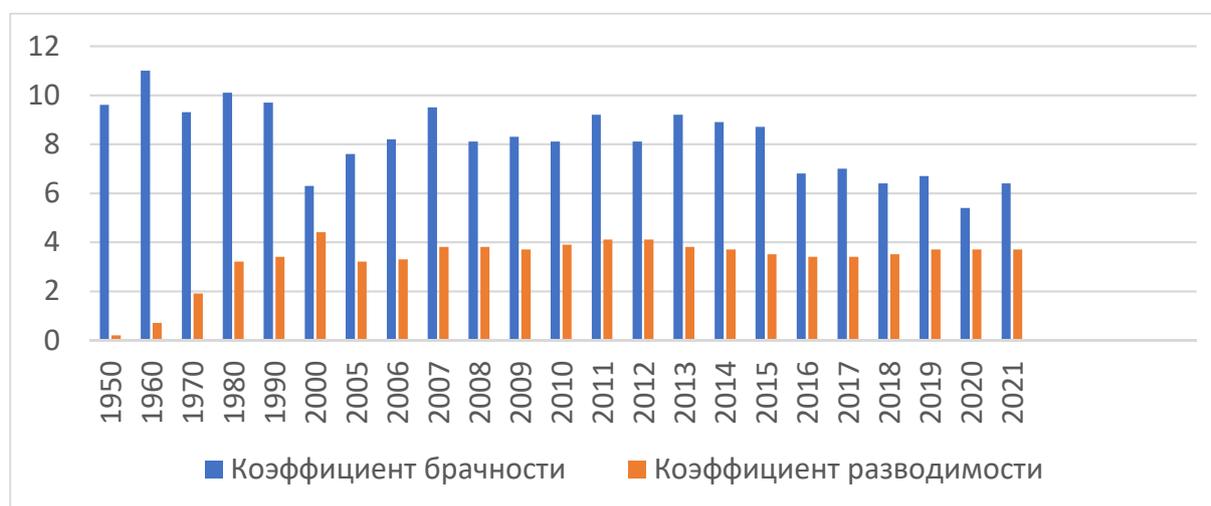


Рисунок – Динамика коэффициентов брачности и разводимости в Республике Беларусь на 1 000 населения

Данные колебания коэффициента брачности объясняются рядом причин и, прежде всего, изменениями в половозрастной структуре населения страны, т. к. динамика числа браков в первую очередь зависит от динамики численности бракоспособного контингента. Кроме особенностей возрастной структуры населения, на снижение брачности определенное влияние оказывают изменения в социально-экономической обстановке в стране. Годы перестройки первой половины 1990-х гг. сопровождалась снижением уровня доходов населения, обострением проблемы получения отдельного жилья. В таких условиях молодежь была вынуждена откладывать заключение брака. Однако с начала XXI в., по мере вступления в активный бракоспособный возраст родившихся в 1980-е гг., адаптации молодежи к новым условиям жизни и наметившихся позитивных сдвигов в социально-экономическом развитии страны произошло повышение уровня брачности населения. В 2015 г. коэффициент брачности фактически поднялся до уровня начала 1990-х гг. Снижение уровня брачности к 2020 г. связано с демографическим фактором, состоянием общества в условиях ковидной пандемии. Рост показателя в 2021 г. подчеркивает положительный тренд на matrimoniaльное поведение, складывающийся в современных геополитических условиях.

Возрастные коэффициенты брачности, рассчитанные за годы, прилегающие к переписям населения, свидетельствуют также о том, что возрастная *интенсивность вступления в брак* в населении нашей страны довольно быстро снижается. Причем эта тенденция характерна как для мужчин, так и для женщин почти всех возрастов. Особенно активно процесс снижения заключения браков шел в младших возрастах до 25 лет. Так, если на 1 000 юношей в возрасте до 20 лет в 1998–1999 гг. заключалось 9,7 браков, то в 2009 г. уже отмечалось только 5,3 случаев регистрации брака в этой возрастной группе, т. е. почти наполовину меньше. К 2019 г. у мужчин до 20 лет на 1 000 человек отмечается только 0,8 случаев регистрации браков. Данная тенденция отмечается и в следующей возрастной группе. Так, если в возрастной группе 20–24 лет у мужчин в период с 1999 г. до 2009 г. данный показатель снизился со 127,2 до 85,2 ‰, то в 2019 г. этот показатель составил лишь 50,1 ‰. [1–3; 4, с. 54–56].

Не менее интенсивно снизились возрастные коэффициенты брачности в возрасте до 20 лет и у девушек. Если в 1999 г. на 1 000 девушек в возрасте до 20 лет заключалось 56,1 брака, то в 2009 г. – только 25,2, т. е. более чем в 2 раза меньше, а в 2019 г. этот показатель упал еще ниже и составил 3,2 ‰.

Максимум заключаемых браков, согласно переписи населения 2009 г., приходился на возраст 20–24 лет как у мужчин, так и у женщин. Статистические данные свидетельствуют, что к настоящему времени максимальное количество заключаемых браков у мужчин перешло в возрастную группу 25–29 лет, но у невест (и у городских, и у сельских) по-прежнему основная масса браков заключается в возрасте 20–24 года [5, с. 195–198]. Такое постоянство у женской половины связано с представлением невесты о том, что за материальное благополучие семьи должен отвечать муж, поэтому именно мужу к моменту вступления в брак надо получить образование, найти достойную работу. Кроме того, молодые девушки более склонны к романтическим отношениям, боятся перейти в группу «засидевшихся» невест, потерявших юную привлекательность и т. п., поэтому первый брак они не откладывают на поздний срок.

Проанализировав информацию по брачно-семейной структуре, необходимо отметить разницу по многим параметрам между городским и сельским населением республики. Так, общий коэффициент брачности для горожан в последние двадцать лет имел такую тенденцию: в 2000 г. он составлял 7,1 ‰, в 2009 г. – 9,2 ‰, а в 2018 г. – 6,9 ‰. У сельских жителей он был в эти годы соответственно 4,3, 5,6 и 4,6 ‰, т. е. интенсивность брачности сельского населения явно ниже [5, с. 182–183]. Уровень безбрачия в сельской местности также ниже, чем среди городского населения. В период переписей населения 1999, 2009 и 2019 г. доля лиц, никогда не состоявших в браке, в городской местности составлял в среднем соответственно 25, 27 и 22 % всего населения старше 15 лет, а в сельской местности эти же показатели были на уровне 22, 25 и 24 % соответственно [1–3]. Максимальная брачность у городских мужчин перешла окончательно в возрастную группу 25–29 лет уже с 2011 г. Сельские же женихи к этой тенденции приобщились несколько позднее, и только с 2017 г. абсолютное число заключаемых браков у сельских женихов в возрасте 25–29 лет стало больше, чем в возрастной группе 20–24 года [5, с. 195–198].

Эти различия в значительной степени вызваны относительно более молодой половозрастной структурой городского населения страны, которая формирует диспропорцию полов. В ее основе лежит разноскоростной режим миграции мужчин и женщин из села в город. Причинами неравномерной миграции являются социально-экономические факторы. В условиях механизации сельскохозяйственного производства на селе значительно снизился спрос на женскую рабочую силу, а городская среда в сфере обслуживания нуждается именно в женских рабочих руках, тем самым стимулируя их мигра-

ционный приток в город. Кроме того, миграции юношей в города мешает и призыв на армейскую службу. Поэтому число покидающих село женщин выше, чем мужчин. В результате в городах республики возникает избыток молодых женщин, а в сельской местности избыток молодых мужчин. В социальном плане сложившийся дисбаланс между городом и селом создает проблемы на брачном рынке. В городе дисбаланс приводит к появлению большого количества неполных семей и женщин, которые никогда не были в браке. Для села, наоборот, характерен более высокий уровень безбрачия мужчин [6].

В последнее время в Беларуси, как и во многих других странах, все шире распространяется практика *незарегистрированных браков* (как в городской, так и в сельской местности). Согласно переписи населения 1999 г. 130,6 тыс. мужчин и 131,6 тыс. женщин при опросе подтвердили, что состоят в незарегистрированных отношениях, что составило, соответственно, 3,5 и 2,6 % всех мужчин и женщин старше 15 лет по состоянию в браке [1, с. 127]. В переписи населения 2009 г. уже 187,3 тыс. мужчин и 186,4 тыс. женщин указали, что они состоят в незарегистрированных отношениях, что составило уже, соответственно, 5 и 4,2 % от всех мужчин и женщин старше 15 лет по состоянию в браке [2, с. 360–362].

В переписи населения 2019 г. отсутствовал вопрос о незарегистрированных отношениях. В опроснике был общий раздел «Состоящие в браке, в незарегистрированных отношениях», т. е. как в зарегистрированном, так и гражданском браке. Однако косвенно о ситуации может рассказать вопрос из раздела «Женщины в возрасте 18–49 лет по планированию рождения детей, возрасту и состоянию в браке». Исходя из представленных данных в 2019 г. из общего количества женщин в возрасте 18–49 лет 1 236 988 состояли в зарегистрированном браке, что составило 59,6 %. В то же время 105 833 женщины заявили о незарегистрированных брачных отношениях, что составило 7,9 % от всех женщин, считающих себя связанными брачными узами в возрасте 18–49 лет [3, с. 118–119].

Количественным подтверждением проблем современной семьи является и рост *внебрачной рождаемости*. В качестве показателя внебрачной рождаемости используют процент детей, рожденных вне брака. Так, в 2018 г. в Республике Беларусь у женщин, не состоящих в зарегистрированном браке, родилось 12 206 детей, и это составило 13 % от всех родившихся живыми в этом году (в 2010 г. эта доля составила 19,6 %). Представленные данные свидетельствуют, что уровень внебрачной рождаемости в республике значительно снизился, что однозначно можно считать положительной динамикой в демографических процессах современной Беларуси. Связано это, по нашему мнению, с повышением грамотности молодежи в отношении планирования семьи, большей доступностью медицинского обслуживания населения по данному профилю [8].

Вместе с тем статистические данные свидетельствуют, что в сельской местности доля внебрачных рождений выше, чем в городской среде: в 2018 г. доля родившихся в незарегистрированном браке в сельской местности составила 17,3 %, у городских жителей – 11,7 % (в 2010 г. – 29 и 16,7 % соответственно) [5, с. 263].

Хоть доля случаев незапланированной беременности в молодежной среде и снижается, но от случайной беременности никто не застрахован, именно она может стать первопричиной внебрачной рождаемости. И у сельских девушек меньше возможностей решить данную проблему, чем у их сверстниц в городской местности. У них меньшая медицинская грамотность, они удалены от медицинских центров. Как правило, затруднение вызывает и материальная сторона вопроса. Более высокий уровень внебрачной рождаемости у сельчан может быть связан и с отсутствием средств на проведение брачных мероприятий [6].

Вступление в брак – это только первый шаг в создании семьи. В связи с новыми условиями жизни, которые формируются под влиянием опыта других стран, сложившейся социально-экономической обстановки и предыдущего опыта предшествующих

поколений, у жителей Беларуси формируются и новые стереотипы в брачно-семейных отношениях. В их отношении к супружеству и брачно-семейным отношениям интересны результаты социологического опроса молодежи г. Минска, который провели среди студентов БГПУ имени М. Танка. Были опрошены около 100 студентов III и IV курсов.

Отвечая на вопрос «Как вы относитесь к существующим формам семейной жизни?», подавляющее большинство опрошенных студентов отметили, что в целом положительно относятся к зарегистрированному браку. Так, 72 % молодых людей считают, что брак должен быть зарегистрирован. Однако 21 % студентов также *позитивно* относятся и к свободному сожительству (гражданскому браку) мужчины и женщины. Мотивировкой такой оценки в более 40 % случаев молодые люди назвали причину, «что в любой момент можно расстаться без материальных претензий», второй причиной назвали «отсутствие собственного жилья».

Проведенный опрос подтвердил также, что у белорусской молодежи семья не обязательно ассоциируется с наличием детей. На вопрос «Обязательно ли в семье должны быть дети?» ответы «да» и «нет, т. к. в жизни у меня еще много интересов» распределились среди молодых людей только с небольшим перевесом об *обязательном* наличии детей в семье (53 % против 46). Данные варианты ответов свидетельствуют о снижении в представлениях молодежи о семье как единстве «супружество – родительство», хотя так или иначе большинство согласны с традиционными ролями женщины как жены и матери.

На вопрос о количестве детей в семье 70 % опрошенных лиц в супружестве предполагают двоих детей и только 30 % – одного ребенка. А вот «От чего зависит количество детей в семье?», по мнению респондентов, их количество в первую очередь зависит от уровня материального благосостояния (84 % всех мужчин и женщин). Но многие, отвечая на это вопрос, добавляли фразу «и от жилищных условий». Эти ответы свидетельствуют о том, что современную молодежь очень беспокоит материальная сторона брака. Таким образом, установка, что продление рода – обязанность человека, или беспокойство об отсутствии заботы о них в старости переходят на второй план.

На вопрос «Кто должен больше уделять внимания воспитанию детей?» абсолютное (100 %) количество респондентов ответило, что оба супруга, хотя можно было бы выбрать ответ «мужчина не должен устраняться от воспитания».

На еще один вопрос «Должен ли в семье мужчина быть основным добытчиком?» с ответом «да, тогда она крепче» согласны 42 % опрошенных студентов. Данный ответ интересен тем, что большая часть современной молодежи не надеется на заработки лишь одного члена семьи. Сложившиеся в стране традиции женской занятости в общественном производстве, размеры оплаты труда изначально настраивают наших девушек на обязательное участие в формировании семейного бюджета. Профессиональная занятость стала нормой женской биографии и изменила тип жизненной стратегии женщины в семье в целом. Одновременно данный ответ подчеркивает, что мужчины утратили неоспоримые права быть единственными кормильцами семьи и организаторами жизни в домохозяйстве, хотя при этом и повысили свое участие в семейных делах в роли отцов.

Интересно и распределение ответов студентов на вопрос «Считаете ли вы, что родители обязательно должны помогать молодой семье?». Результаты опроса показали, что только 16 % опрошенных рассчитывают на обязательную денежную помощь со стороны родителей, а 35 % рассчитывают, что родители будут «присматривать за внуками». И все-таки с таким взглядом на семейную жизнь не согласна практически половина опрошенных. В своих ответах эта группа студентов показала, что помощь молодой семье должна оказываться со стороны родителей только тогда, когда у родителей есть их *собственное* желание помочь, а это, в свою очередь, свидетельствует о пересмотре роли родителей в отношении обязанностей перед своими детьми.

Однако небольшая выборка респондентов, присутствие в выборке только студенческой молодежи и столичность их постоянного (или временного проживания) не позволяет интерпретировать результаты социологического опроса на всю молодежь Республики Беларусь.

Заключение

Таким образом, высокие требования, предъявляемые к человеку современным обществом, его личные предпочтения и интересы приводят к новым взглядам на супружество и родительство в населении Республики Беларусь. К основным тенденциям демографического поведения современного белорусского общества можно отнести: уменьшение показателей безбрачия населения, увеличение среднего возраста вступления в брак, некоторое повышение общего количества и интенсивности вступления в брак, сохранение практики незарегистрированной брачности.

С 2022 г. в условиях складывающейся геополитической ситуации белорусское общество все больше ориентируется на традиционные семейные ценности, что, безусловно, отразится на демографическом поведении и будет способствовать реализации одного из приоритетных направлений Государственной программы «Здоровье народа и демографическая безопасность» на 2021–2025 гг., утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 20 апреля 2022 г. № 237, – «укрепление института семьи» [9].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Итоги переписи населения Республики Беларусь 1999 г. Население Республики Беларусь по полу, возрасту и состоянию в браке : стат. сб. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2000. – 127 с.
2. Перепись населения 2009. Население Республики Беларусь: его численность и состав : в 2 т. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2010. – Т. 2. – 413 с.
3. Итоги переписи населения Республики Беларусь 2019 г. : стат. сб. : в 2 т. – Минск : ООО «Альгиора Форте», 2021. – Т. 2. – 487 с.
4. Республика Беларусь. Статистический ежегодник, 2022 г. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2022 г. – 374 с.
5. Демографический ежегодник Республики Беларусь : стат. сб. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2019 г. – 429 с.
6. Лин, Д. Г. Демографическая ситуация в современной Беларуси / Д. Г. Лин, С. Д. Предыбайло // Народнонаселение. – 2005. – № 1. – С. 104–118.
7. Шахотько, Л. П. Модель демографического развития Республики Беларусь / Л. П. Шахотько. – Минск : Беларус. навука, 2009. – 439 с.
8. Antipova, E. Family institute of the Republic of Belarus in the crisis conditions / E. Antipova, Y. Gubareva // Strategje działań w warunkach kryzysu / red. S. Partycki. – Lublin : KUL, 2013. – S. 40–46.
9. О Государственной программе «Здоровье народа и демографическая безопасность» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by>. – Дата доступа: 02.12.2022.

REFERENCES

1. Itogi pieriepisi nasielienija Rieszpubliki Bielarus' 1999 g. Nasielienije Rieszpubliki Bielarus' po polu, vozrastu i sostojaniju v brakie : stat. sb. – Minsk : Nac. stat. kom. Rieszpubliki Bielarus', 2000. – 127 s.

2. Pieriepis' nasielienija 2009. Nasielienije Rjespubliki Bielarus': jego chisliennost' i sostav : v 2 t. – Minsk : Nac. stat. kom. Rjesp. Bielarus', 2010. – T. 2. – 413 s.
3. Itogi pieriepisi nasielienija Rjespubliki Bielarus' 2019 g. : stat. sb. : v 2 t. – Minsk : OOO «Altiora Forte», 2021. – T. 2. – 487 s.
4. Rjespublika Bielarus'. Statistichieskij jezhegodnik, 2021 g. – Minsk : Nac. stat. kom. Rjesp. Bielarus', 2022. – 374 s.
5. Diemografichieskij jezhegodnik Rjespubliki Bielarus': stat. sb. – Minsk : Nac. stat. kom. Rjesp. Bielarus', 2019. – 429 s.
6. Lin, D. G. Diemografichieskaja situacija v sovriemiennoj Bielarusi / D. G. Lin, S. D. Priedybajlo // Narodonasielienije. – 2005. – № 1. – S. 104–118.
7. Shakhot'ko, L. P. Model' diemografichieskogo razvitija Rjespubliki Bielarus' / L. P. Shakhot'ko. – Minsk : Bielarus. navuka, 2009. – 439 s.
8. Antipova, E. Family institute of the Republic of Belarus in the crisis conditions / E. Antipova, Y. Gubareva // Strategje dzialań w warunkach kryzysu / red. S. Partycki. – Lublin : KUL, 2013. – S. 40–46.
9. O Gosudarstviennoj programmie «Zdorov'je naroda i diemografichieskaja biezopasnost'» na 2021–2025 gody [Elektronnyj riesurs]. – Riezhim dostupa: <https://pravo.by>. – Data dostupa: 02.12.2022.

Рукапіс наступіў у рэдакцыю 10.01.2023

УДК 556 +504.45.058

**Александр Александрович Волчек¹, Сергей Иванович Парфомук²,
Николай Николаевич Шешко³, Наталья Николаевна Шпендик⁴,
Денис Николаевич Дашкевич⁵**

¹д-р геогр. наук, проф., декан факультета инженерных систем и экологии
Брестского государственного технического университета

²канд. техн. наук, доц., зав. каф. информатики и прикладной математики
Брестского государственного технического университета

³канд. техн. наук, доц., начальник научно-исследовательской части
Брестского государственного технического университета

⁴канд. геогр. наук, доц., доц. каф. теплогазоснабжения и вентиляции
Брестского государственного технического университета

⁵ст. преподаватель каф. природообустройства
Брестского государственного технического университета

Alexander Volchek¹, Sergey Parfomuk², Nikolay Sheshko³, Natallia Shpendik⁴, Denis Dashkevich⁵

¹Doctor of Geographical Sciences, Professor,

Dean of the Faculty of Engineering Systems and Ecology of Brest State Technical University

²PhD in Technical Sciences, Associate Professor,

Head of the Department of Informatics and Applied Mathematics of Brest State Technical University

³PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Research Department
of Brest State Technical University

⁴PhD in Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department
of Heat and Gas supply and Ventilation of Brest State Technical University

⁵Senior Lecturer of the Department of Environmental Engineering of Brest State Technical University
[e-mail: volchak@tut.by](mailto:volchak@tut.by)

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДОБЫЧИ НЕРУДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РУСЛЕ Р. ПРИПЯТЬ УЧАСТОК Н. П. КАЧАНОВИЧИ

Рассмотрены вопросы добычи нерудных строительных материалов (НСМ), которая оказывает негативное воздействие на окружающую среду и в каждом конкретном случае нуждается в научном обосновании допустимого изъятия. Нами изучалось влияние добычи НСМ на участке р. Припять около г/у Качановичи. С использованием программного комплекса «Гидролог» и COMSOL Multiphysics были рассчитаны гидрологические характеристики данного участка реки и смоделированы русловые процессы до и после проведения добычи НСМ. С учетом текущего рельефа дна и аналитически установленных участков потенциальной добычи нерудных материалов установлен объем возможного забора материала, который составил 80 376,04 м³. С целью обеспечения сохранения экологического стока реки работы на данных участках можно проводить не чаще одного раза в три года при обязательной повторной экологической оценке гидравлических и гидрологических процессов.

Ключевые слова: нерудные строительные материалы, экологический сток, Припять, русловые наносы.

Hydroecological Justification of Non-Metallic Building Materials Extraction in the Pripyat River Riverbed at the Kachanovichi Section

The paper considers the issues of extraction of non-metallic building materials (NBM), which has a negative impact on the environment and in each case needs a scientific justification of the permissible withdrawal. The impact of the NBM extraction in the area of the Pripyat River at the Kachanovichi section was studied. Using the software package «Hydrologist» and COMSOL Multiphysics, the hydrological characteristics of this river section were calculated and channel processes were modeled before and after the NBM extraction. Taking into account the current riverbed relief and analytically established areas of potential extraction of non-metallic materials, the volume of possible material intake amounted to 80376.04 m³ was determined. In order to ensure the preservation of the ecological flow of the river, the works on these sections can be carried out no more than once every three years with a mandatory re-environmental assessment of hydraulic and hydrological processes.

Key words: non-metallic building materials, ecological runoff, Pripyat River, riverbed sediments.

Введение

Добыча в руслах и поймах рек и других водоемах нерудных строительных материалов (НСМ), т. е. песка, гравия, гальки и их смесей, и доставка их потребителям – одна из важнейших составляющих деятельности речных портов, пароходств и речного транспорта в целом. Одновременно с речниками добычу НСМ ведут многочисленные строительные организации, располагающие мощными добывающими средствами. Координация природоохранных действий всех добывающих организаций пока еще организована слабо. Добывают НСМ землесосными, многочерпаковыми и одночерпаковыми снарядами и плавучими кранами в больших масштабах. Стремясь снизить расходы на добычу нерудных строительных материалов, места их добычи стараются размещать вблизи городов, где сосредоточены рабочие ресурсы. Особенно остро проявляются эти отрицательные последствия на реках с малыми расходами воды в межень либо в тех случаях, когда неблагоприятные изменения гидрологического режима под влиянием зарегулирования стока усугубляются последствиями добычи НСМ.

Добыча НСМ из рек может привести к многообразным негативным последствиям, среди которых нарушение структуры речного ложа и его оголение, изменение баланса поступления наносов из верхнего течения и его ската в нижнее, заиление песка и гравия. Извлечение НСМ из русла может привести к подрыву кормовой базы рыб, разрушить нерестилища, икру и молодь рыб, понижает способность реки к самоочищению. Наиболее опасным является «отложенный» эффект такой добычи, когда экологические последствия становятся очевидными спустя десятилетия. Кроме того, иногда добыча гравия из русла реки предлагается в целях «восстановления ложа реки». К таким проектам следует относиться с особой осторожностью и, как правило, избегать их реализации. Если власти все же дают разрешение на такую деятельность, обязательным условием должно быть создание фонда для мониторинга и проведение восстановительных работ при необходимости.

Исследователи отмечают, что добыча песка и гравия в реках является главной причиной их деградации, особенно тогда, когда естественный твердый сток седиментов в реке нарушен гидростроительством. При бесконтрольной добыче НСМ у многих рек может снизиться меандрирование, произойти обвал берегов, нарушиться геометрия русел. Кроме того, такая деятельность обычно вызывает оголение и огрубление дна, разрушение нерестилищ, подмыв гидростроений и разрушение мостов, а также снижение твердого стока в дельту.

Наиболее отрицательными факторами при этом становятся повышение мутности и снижение проницаемости воды для света, доступности пищи и неблагоприятности условий обитания, т.е. забивание взвесью жабр. После проведения работ такими факторами становятся нарушение и разрушение нерестилищ рыб – лимнофилов, ухудшение условий миграции рыб, а также снижение самоочистительной способности реки.

Песок и гравий служат субстратом, на котором живут и размножаются нитрифицирующие бактерии. Поскольку частицы песка и гравия имеют разные размеры, песок находится под гравием и циркуляция воды обеспечивает обмыв всех частиц, играющих роль фильтров. При извлечении гравия и песка со дна там может остаться голая глина, которая в силу очень мелких частиц не обеспечивает циркуляции воды и ее самоочистки. В обычной же ситуации добыча песка и гравия вызывает понижение среднего уровня воды в реке и снижение уровня грунтовых вод. Вероятными морфологически важными последствиями добычи НСМ в руслах рек являются угрозы вероятности подмыва и эрозии берегов реки выше и ниже по течению из-за замещения добытого материала другим и изменения скорости и направления течения.

Также добыча НСМ в русле реки приводит к нарушению естественной водозащитной зоны реки – подмыву берегов, обрушению в воду деревьев и потере территории,

а также к снижению прочности гидросооружений (мостов, плотин и др.), что особенно часто проявляется в экстремальных ситуациях (наводнениях, землетрясениях и др.). Снижение уровня воды в реке также ведет к незалитию традиционных мест нереста филадельфийных видов рыб и снижению количества отложенной икры и выклюнувшихся личинок. По этой причине в ряде стран добыча НСМ полностью запрещена.

Таким образом, при проектировании добычи строительных материалов из русловых карьеров крайне необходимо учитывать, что их добыча вносит в гидравлику речного потока и русловые процессы более существенные изменения, чем землечерпательные работы, проводимые для улучшения судоходных условий, когда грунт лишь перемещается в русле реки. Эти изменения выражаются в снижении уровней на участке расположения карьеров и вышележащем участке, в размыве русла в зоне кривой спада и увеличении там скоростей перемещения русловых мезоформ.

Материалы и методика исследования

Республиканское унитарное эксплуатационно-строительное предприятие «Днепро-Бугский водный путь» (РУЭСП «Днепробугводпуть») планирует выработку НСМ на участке 24–25 км р. Припять выше г. Пинска г/у Качановичи (рисунок 1).

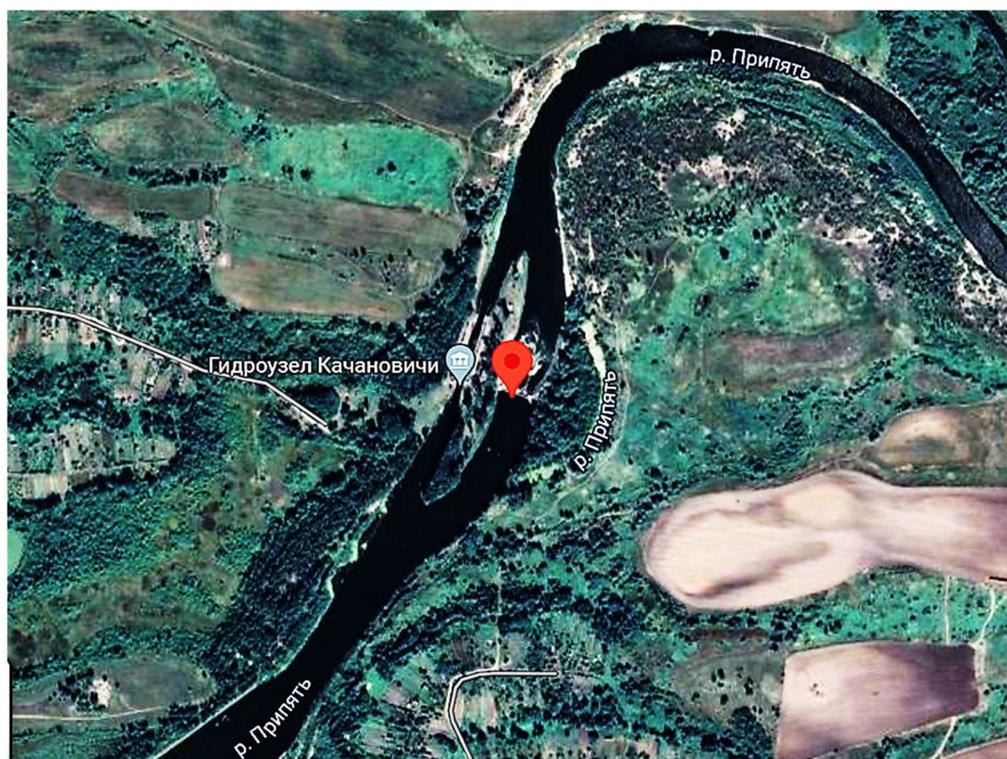


Рисунок 1 – Месторасположение исследуемого участка

Согласно ТКП 45-3.04-168-2009, определение расчетных гидрологических характеристик должно основываться на данных гидрометеорологических наблюдений, в т. ч. регулярных наблюдений последних лет, опубликованных в специальных документах в области гидрологии; дополнительно должны учитываться данные инженерно-гидрометеорологических изысканий [1]. В связи с тем, что на р. Припять в створе г/у Качановичи ведутся регулярные гидрологические наблюдения Республиканским центром по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, то определение расчетных гидрологических характеристик осуществлялось непосредственно по данным гидрологических наблюдений с учетом требований, изложенных

в [2]. В настоящей работе использованы данные гидрометрических наблюдений за период с 1978 по 2018 г., т. е. 41 год, что достаточно для получения объективных статистических гидрологических характеристик по р. Припять.

Пропущенные данные в рядах наблюдений восстановлены с привлечением данных наблюдений пунктов-аналогов с учетом наличия синхронности в колебаниях речного стока расчетного створа и створов-аналогов с помощью программного комплекса «Гидролог-2» [3].

Разработанная нами методика определения экологического стока рек детально изложена в работах [4; 5]. Остановимся вкратце на ее сути. Экологический сток – это то количество воды, которое должно оставаться в реке для обеспечения условий существования гидробионтов с одновременным сохранением ее необходимого качества. В этом случае сохраняются экосистемы пойм, а река остается элементом ландшафта. Таким образом, экологический сток обеспечивает количественное и качественное состояние водного объекта в самый маловодный период года. Существующие подходы определения экологического стока регламентируют только минимальное значение стока реки. При этом отсутствует определение экологического стока при различных обеспеченностях. Наиболее эффективным способом определения экологического стока с учетом внутригодового распределения является способ повышения обеспеченности, поэтому он использован в данной работе.

Русловые процессы в реках непрерывны и постоянно изменяются в зависимости от гидрологического режима. Интенсивность, характер и направленность русловых процессов определяются взаимодействием движущейся воды, перемещаемых водой наносов и слагающих ложе потока грунтов. Под влиянием этого взаимодействия возникают различные формы русла, которые влияют на гидравлические параметры потока. Климатические условия и свойства подстилающей поверхности водосбора обуславливают объем и режим стока воды, а также формирование твердого стока. Тем не менее русловой процесс в основном зависит от одного фактора – гидродинамического действия текущей воды, обладающей механической энергией и способной выполнять работу в виде размыва русла и поймы, переноса и аккумуляции наносов. Однако этот единственный фактор сам не является вполне независимым, т. к. он подчинен гидрологическому режиму реки и изменяется вместе с изменением режима стока.

Речной поток обладает транспортирующей способностью, т. е. способностью переносить определенное количество наносов данной крупности при соответствующих гидравлических характеристиках потока (уклон, скорость, глубина). Транспортирующая способность потока обычно выражается через среднюю мутность, отвечающую насыщенности потока наносами, или через максимальный расход взвешенных наносов, при котором процессы размыва и аккумуляции на данном участке реки взаимно уравновешиваются (динамическое равновесие). Если же фактическое содержание наносов в потоке меньше его транспортирующей способности, то происходит размыв русла, и, наоборот, чрезмерное содержание наносов в потоке, большее его транспортирующей способности, вызывает их выпадение (аккумуляцию).

Необходимо учитывать, что возникающие деформации русла, в свою очередь, непосредственно влияют на гидравлические характеристики потока (уклон, скорость) и, следовательно, на его транспортирующую способность. Если на каком-либо участке реки существовал установившийся режим транспорта наносов, то размывы русла вызовут увеличение площади живого сечения потока и, следовательно, при том же расходе воды уменьшение скорости течения, а в конечном счете и транспортирующей способности потока. В результате этого процесса должно иметь место или уменьшение, или полное прекращение размыва на этом участке.

При отложении наносов происходит уменьшение площади живого сечения потока и, следовательно, возрастание скорости течения потока и его транспортирующей способности, прекращающей процесс осаждения наносов. В зависимости от распределения скоростей течения на отдельных участках взвешенные наносы могут перейти в донные или, наоборот, донные наносы могут перейти во взвешенное состояние.

Вычисление расходов влекомых наносов равнинных рек с песчаным и песчано-гравелистым дном может применяться формула Шамова [6]:

$$Q_{\text{свл}} = 0,95 \sqrt{d_{\text{cp}}} \left(\frac{v_{\text{cp}}}{v_{\text{отл}}} \right)^3 \cdot (v_{\text{cp}} - v_{\text{отл}}) \cdot \left(\frac{d_{\text{cp}}}{H_{\text{cp}}} \right)^{1/4} \cdot B, \quad (1)$$

где $Q_{\text{свл}}$ – расход песчаных наносов, кг/с; $0,95 \sqrt{d_{\text{cp}}}$ – коэффициент, учитывающий состав донных наносов; d_{cp} – средневзвешенный диаметр подвижных фракций донных наносов в пробе, взятой на данной вертикали, м; $v_{\text{отл}}$ – средняя скорость, при которой прекращается движение наносов данной крупности, м/с; H – глубина на вертикали, м; B – ширина реки, м.

Большая часть твердого стока рек проходит в периоды половодья и паводков. На равнинных рек в периоды половодья наблюдается опережение во времени нарастания расхода наносов по сравнению с расходом воды, причем максимум расхода наносов наступает несколько раньше пика паводка (примерно при расходе, равном $2/3 Q_{\text{макс}}$). При вторичной волне половодья или паводках при тех же расходах воды наблюдается меньший расход наносов, чем при основной волне половодья. Мутность поступающей в русло воды тем больше, чем интенсивнее поверхностный сток и чем энергичнее происходит смыв грунта с поверхности водосбора.

Таким образом, деформации русла, являющиеся следствием отсутствия или нарушения динамического равновесия между транспортирующей способностью потока и его насыщенностью наносами, как бы стремятся создать постоянство расхода наносов по длине потока. Отсюда следует, что нарушение постоянства расхода наносов по длине вызывает на одних участках эрозию, а на других аккумуляцию, что в конечном счете должно привести к восстановлению нарушенного равновесия постоянства расхода наносов по длине потока [8; 9].

Для исследуемого участка изыскания рельефа дна проводились в 2021 и 2022 гг. в периоды весеннего половодья средствами гидроакустического многолучевого эхолота. База данных измерений представляет собой файл со значениями координат в плоской системе и отметок (глубин) дна для отдельных измеренных точек. Обработка данных натурных измерений проводилась посредством авторских конструктивных инструментов в среде ArcGis с применением ряда аппроксимационных моделей для анализа рельефа. На основе сопоставительного анализа определены наиболее эффективные методы. В частности, метод интерполирует гидрологически корректную растровую поверхность по точечным, линейным и полигональным данным. Общая структура модели представлена на рисунке 2.

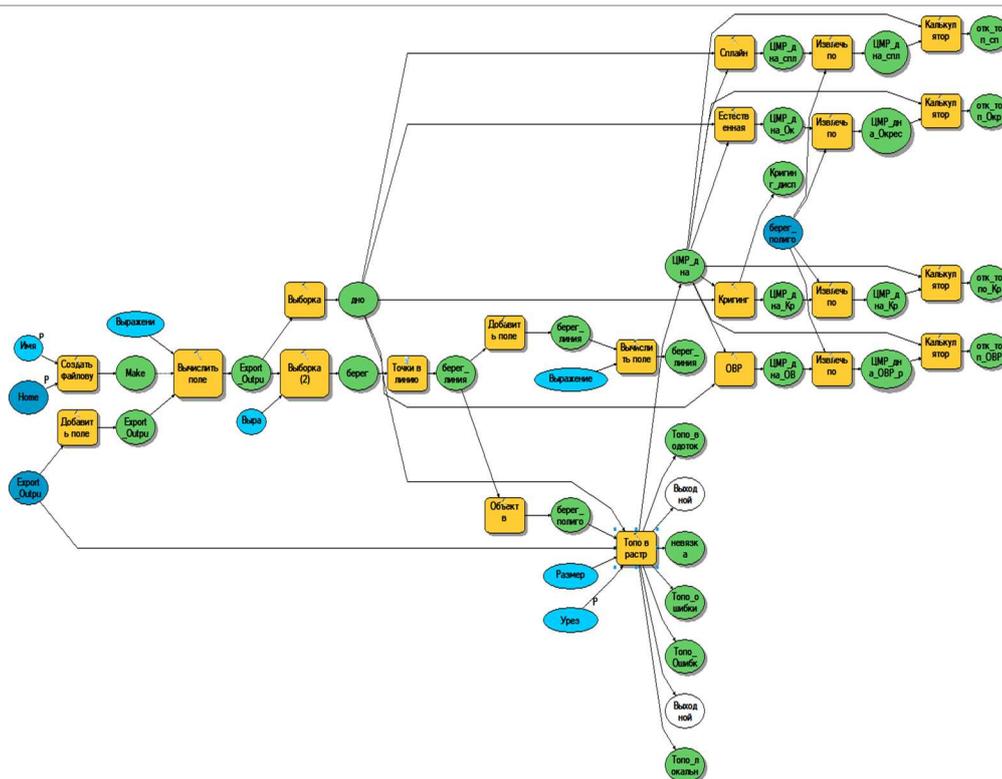


Рисунок 2 – Модель построения цифровой модели рельефа

Для проведения численного моделирования нами использовался модуль «Вычислительная гидродинамика», в котором представлен набор RANS-моделей турбулентности (модели, основанные на осредненных по Рейнольдсу уравнениях Навье – Стокса), реализованных в соответствующих гидродинамических интерфейсах. Доступны следующие модели турбулентных стационарных и нестационарных течений: двухпараметрические модели, дополнительные модели на основе уравнений переноса, алгебраические модели турбулентности, модели крупных вихрей (LES), описание пристеночной области [7; 10; 11].

Результаты и обсуждение

Данные о количественных характеристиках стока р. Припять – г/у Качановичи по месяцам и в годовом разрезе представлены в таблице 1. Внутригодовое распределение стока рек представлено на рисунке 5. По данным таблицы 1 на весенний период приходится 41 % от годового стока, зимний сток составляет 21 % от годового стока, на летне-осенний сезон приходится 38 % от годового стока.

Таблица 1 – Основные гидрологические характеристики стока р. Припять – г/у Качановичи

Параметры	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	80,7	95,6	136	169	117	78,5	65,6	57,6	55,0	61,2	72,9	77,4	88,0
C_v	0,47	0,53	0,51	0,38	0,36	0,44	0,49	0,58	0,61	0,56	0,56	0,50	0,30
C_s	0,73	0,62	0,66	0,45	0,58	1,21	1,30	1,04	1,28	1,32	1,41	1,27	0,44
$r(I)$	0,03	0,05	0,23	0,00	0,20	0,36	0,24	0,19	0,22	0,17	0,31	0,30	0,45

Примечание – Q – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$; C_v – коэффициент вариации; C_s – коэффициент асимметрии.

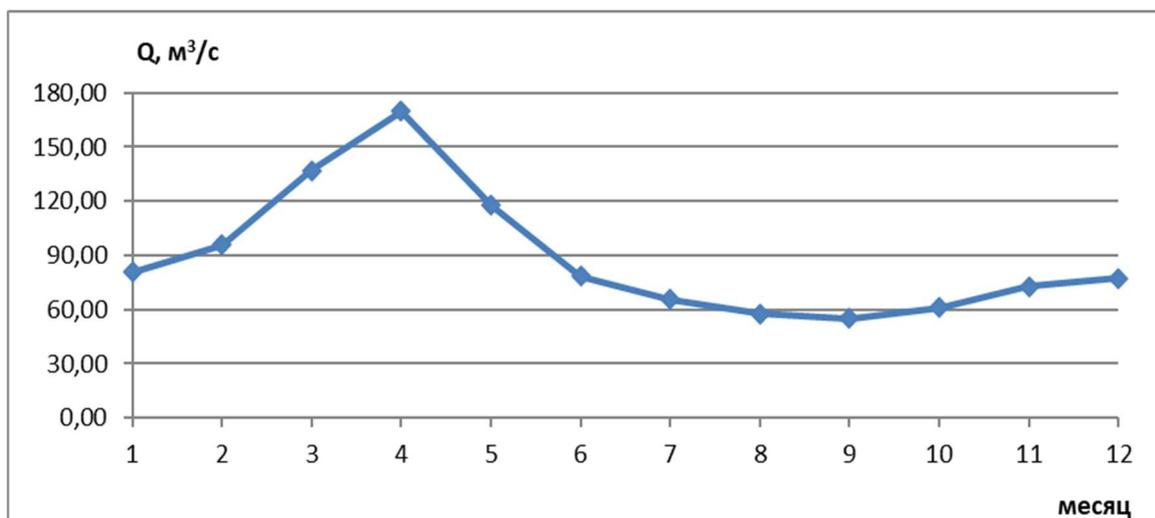


Рисунок 3 – Внутрігодове розподілення середньорічного стоку р. Прип'ять – г/у Качановичі

Середнє багаторічне значення мінімального річного стоку води 95 % ймовірності перевищення р. Прип'ять в створі г/у Качановичі становить 57,7 м³/с. На рисунку 4 наведено результати розрахунку мінімальних середньомісячних витрат води 95 % ймовірності перевищення (забезпеченості) з урахуванням внутрігодового розподілення стоку.

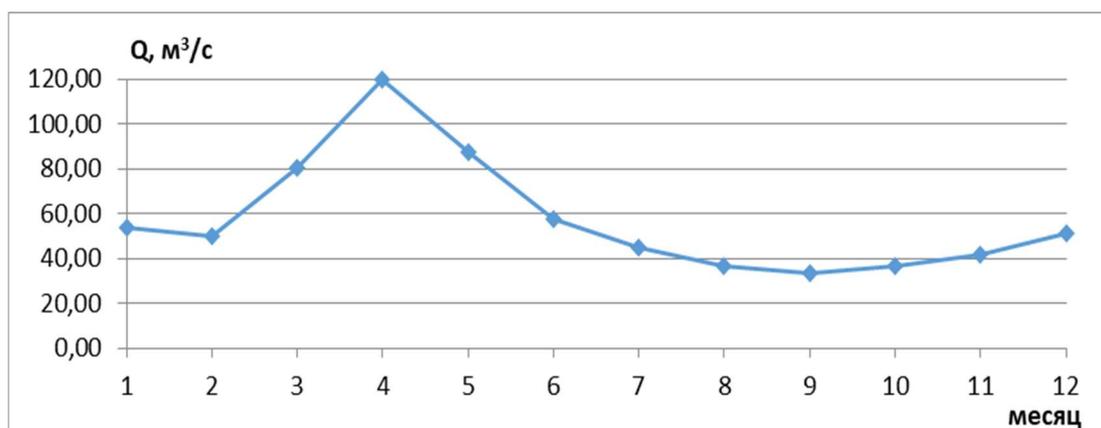


Рисунок 4 – Мінімальні середньомісячні витрати води 95 % забезпеченості з урахуванням внутрігодового розподілення стоку р. Прип'ять – г/у Качановичі

Ураховуючи багаторічні спостереження за стоком р. Прип'ять, розмір екологічного стоку в створі г/у Качановичі прийнято як 75 % від мінімального місячного стоку 95% забезпеченості і становить 12,3 м³/с. Якщо при розрахунку використовувати метод переносу забезпеченостей, екологічний сток річки Прип'ять 95 % ймовірності перевищення (забезпеченості) згідно проведеним гідрологічним розрахункам становить 48,2 м³/с.

Отримані результати лягли в основу розрахунку швидкості течії води, відповідної екологічному стоку, з урахуванням внутрігодового розподілення стоку і існуючих до початку запланованих робіт в руслі р. Прип'ять площей поперечного сечення в місцях плануваних розрізів для ділянок 24 км і 25 км (таблиці 2 і 3).

Таблица 2 – Скорости течения воды для участка 24 км, соответствующие экологическому стоку 95 % вероятности превышения (обеспеченности) с учетом внутригодового распределения, м/с

Прорезь	Экологический сток (75 % от минимального месячного стока 95 % обеспеченности)	Экологический сток (перенос обеспеченностей)
1	0,05	0,20
2	0,05	0,20
3	0,05	0,20
4	0,04	0,16
5	0,04	0,16
6	0,03	0,12
7	0,02	0,10
8	0,03	0,11
9	0,05	0,18
10	0,04	0,18
11	0,04	0,16
12	0,04	0,15
Минимум	0,02	0,10

Таблица 3 – Скорости течения воды для участка 25 км, соответствующие экологическому стоку 95 % вероятности превышения (обеспеченности) с учетом внутригодового распределения, м/с

Прорезь	Экологический сток (75 % от минимального месячного стока 95 % обеспеченности)	Экологический сток (перенос обеспеченностей)
1	0,05	0,19
2	0,06	0,24
3	0,06	0,23
4	0,07	0,29
5	0,08	0,32
6	0,09	0,37
7	0,10	0,38
8	0,09	0,37
9	0,09	0,37
10	0,10	0,38
11	0,09	0,34
12	0,05	0,21
13	0,08	0,33
14	0,10	0,38
15	0,11	0,43
16	0,10	0,39
17	0,10	0,38
18	0,11	0,45
19	0,11	0,44
20	0,11	0,42
Минимум	0,05	0,19

На основании имеющихся данных о речном стоке и с применением математического моделирования определены среднемесячные и среднегодовые значения твердого стока, включающего сток взвешенных и сток влекаемых наносов, представленные в таблице 4.

Таблиця 4 – Твердий сток р. Припять – г/у Качановичи с учетом внутригодового распределения, м³/мес (год)

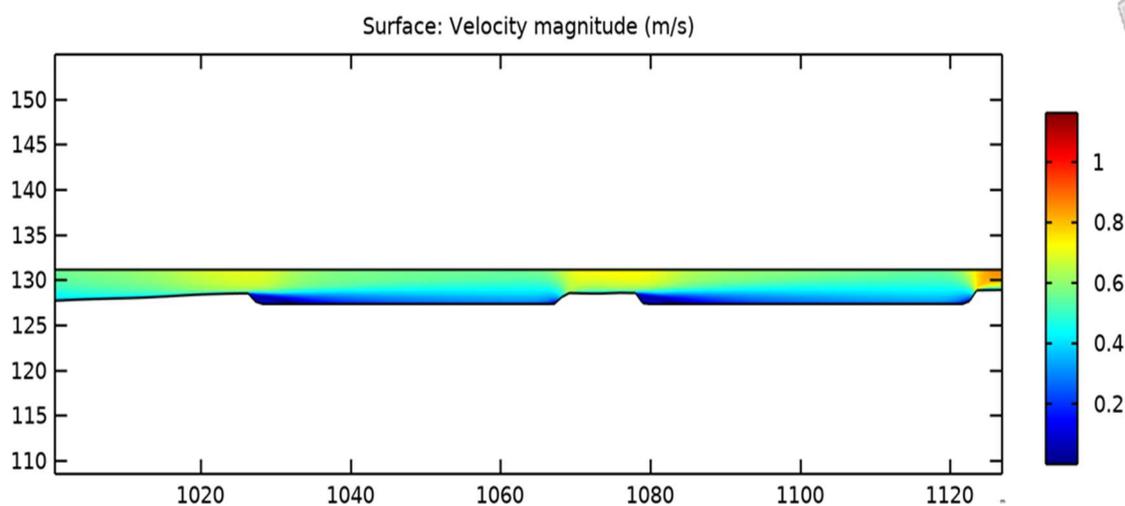
Вид стока	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Сток взвешенных наносов	4 064	2 879	4 906	8 008	6 295	3 832	2 985	2 430	2 231	2 439	2 772	3 411	46 252
Сток влекомых наносов	659	636	1 701	3 734	2 279	746	558	277	300	419	418	284	12 011
Твердый сток	4 723	3 515	6 607	11 742	8 574	4 578	3 543	2 707	2 531	2 858	3 190	3 695	58 263

С целью определения геометрических размеров поперечных сечений выполнено преобразование растровых моделей русла в линейный и пространственный набор данных в виде векторных точечных файлов. В качестве расчетных заданы поперечные створы и продольный створ. Расположение поперечных створов соотносилось с расположением прорезей, продольный профиль проложен через зону основной массы донных отложений вдоль правого берега.

Рассмотрим деформацию эпюры скоростей в створе продольного разреза. Общая структура модели включает три граничных условия: входной расход в виде типовой эпюры местных скоростей на расчетной вертикали; выходной створ с нулевым избыточным давлением; граница, непроницаемая для жидкости с заданной шероховатостью; открытая граница с избыточным давлением. Гидравлическая модель составлена с учетом турбулентности и внешних сил инерции (гравитация, центростремительное ускорение).

Как видно на рисунке 5 А, в зоне прорезей придонная скорость составляет менее 0,15 м/с, что значительно повысит интенсивность отложений нерудного материала (участок 24 км). На участках перемычек скорость достигает 0,75 м/с (участок 24 км), данная скорость выше гидравлической крупности грунта сложения ложа русла. Данная скорость приведет к постепенному уполаживанию геометрических форм перемычек (технологических разрывов).

Как видно на рисунке 5 Б, в зоне прорезей придонная скорость составляет менее 0,25 м/с, что значительно повысит интенсивность отложений нерудного материала (участок 25 км). На участках перемычек скорость достигает 0,8 м/с (участок 25 км), что также приводит к отложению наносов и частичному размыву.



А

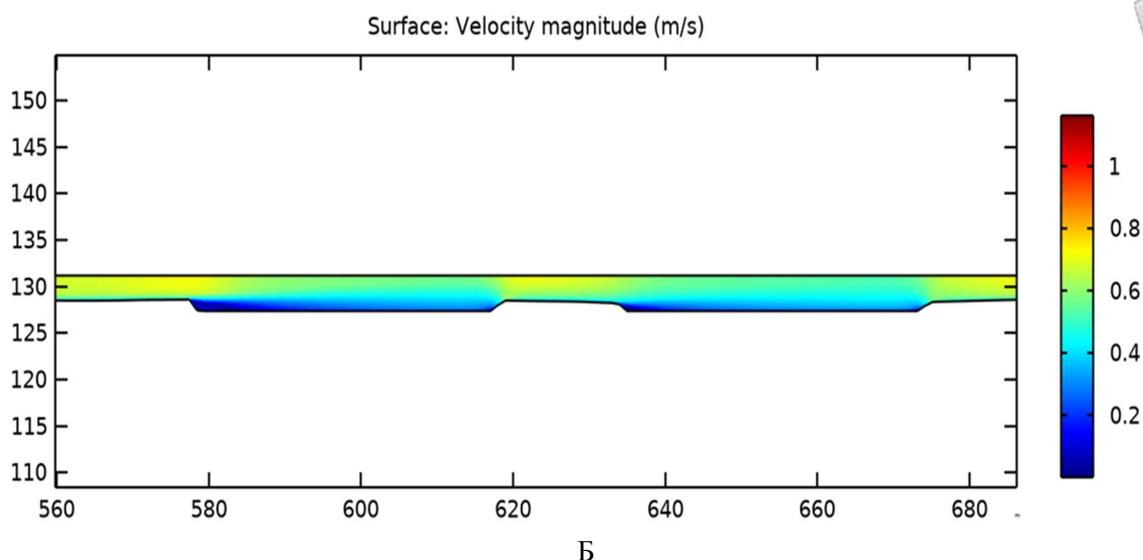


Рисунок 5 – Результат моделирования эюр скоростей вдоль продольного профиля

На основе предварительного размещения прорезей в зонах наибольших донных наносов и зон с минимальной интенсивностью русловых процессов вычислен ориентировочной объем возможных заборов НСМ (таблица 5).

Таблица 5 – Расчетный объем прорезей на 24 км

Номер прорези	Площадь, м ²	Глубина, м			Объем, м ³
		минимальная	максимальная	средняя	
1	320	0,000	2,970	1,881	602,07
2	323	0,000	1,755	1,112	359,22
...
72	321	0,000	1,079	0,977	313,56
73	320	0,000	0,962	0,834	266,94
				Итого	36 543,54

Таблица 6 – Расчетный объем прорезей на 25 км

Номер прорези	Площадь, м ²	Глубина, м			Объем, м ³
		минимальная	максимальная	средняя	
101	320	0,000	3,163	2,474	791,70
102	320	0,000	2,779	2,004	641,13
...
177	322	0,000	2,023	1,611	518,66
178	318	0,000	3,158	2,064	656,29
				Итого	43 832,50

Скорости течения воды по всем планируемым прорезям для участков 24 км и 25 км после проведения запланированных работ по добычи нерудных строительных материалов будут выше, чем минимальная скорость течения воды, соответствующая экологическому стоку 95 % вероятности превышения (обеспеченности), равная 0,10 м³/с для участка 24 км и 0,19 м³/с – для участка 25 км.

Заклучение

В основу определения естественного гидрологического режима р. Припять положена оценка существующего и прогнозируемого режима водотока с экологическим стоком, который обеспечивает функционирование водотока как экосистемы. Проведение

работ по добыче нерудных строительных материалов вызывает изменения параметра русла, что, в свою очередь, приводит к изменению гидрологического режима. Так как нормальное функционирование водотока возможно при наличии в нем экологического стока, то нами была произведена сравнительная оценка смоделированных показателей гидрологического режима с экологическим стоком р. Припять на данном участке.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что планируемые работы по добыче нерудных строительных материалов не повлекут нарушение экологического состояния р. Припять. При этом в реке будет наблюдаться скорость течения воды выше, чем это необходимо для экологического стока, и в реке будут обеспечены условия для существования гидробионтов с одновременным сохранением необходимого качества воды.

Анализ численного моделирования продольного потока показал перераспределение скоростей в пределах прорезей и технологических разрывов. Изменения эпюры скоростей формируют участки со скоростью течения менее 0,15 м/с (24 км) и менее 0,25 м/с (участок 25 км) в пределах углубленной части прорези. На выходе из прорезей для всех участков характерно резкое повышение скорости потока (более 0,75–0,8 м/с). Данная структура перераспределения скоростей повышает интенсивность образования отложений взвешенных и влекомых наносов в углублениях. В то же время это снижает скорость трансформации пространственного положения береговой линии русла по отношению к антропогенным объектам. С учетом текущего рельефа дна и аналитически установленных участков потенциальной добычи нерудных материалов установлен объем возможного забора материала, который составил 80 376,04 м³. Так как расчетные объемы образования наносов для участков 24 км и 25 км составляют 11 466 м³/год и 17 095 м³/год соответственно, то работы по забору нерудных материалов на данных участках можно проводить не чаще одного раза в три года при обязательной повторной экологической оценке гидравлических и гидрологических процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения : ТКП 45-3.04-168-2009 (02250). – Минск : Стройтехнорм, 2010. – 55 с.
2. Волчек, А. А. Гидрологические расчеты : учеб. пособие / А. А. Волчек. – М. : КНОРУС, 2021. – 418 с.
3. Волчек, А. А. Пакет прикладных программ для определения расчетных характеристик речного стока // А. А. Волчек, С. И. Парфомук / Весн. Палес. дзярж. ун-та. Сер. прыродазн. навук. – 2009. – № 1. – С. 22–30.
4. Волчек, А. А. Оценка экологического стока реки Ясельда в створе водохранилища «Селец» / А. А. Волчек, Н. Н. Шешко // Современные проблемы очистки сточных вод и охраны ресурсов поверхностных вод в приграничье : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 24–25 сент. 2015 г. / гл. ред. Н. В. Михальчук. – Брест : Альтернатива, 2015. – С. 12–22.
5. Оценка влияния рыбхоза «Селец» на сток реки Ясельда / А. А. Волчек [и др.] // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2022. – № 1 (127) : Геоэкология. – С. 83–85.
6. Волчек, А. А. Инженерная гидрология и регулирование стока. Гидрологические и водохозяйственные расчеты : учеб. пособие / А. А. Волчек, Ан. А. Волчек, В. К. Курсаков. – Горки : Белорус. гос. сельскохоз. акад., 2013. – 315 с.
7. Курушин, А. А. Решение мультифизических СВЧ-задач с помощью SAPR COMSOL / А. А. Курушин. – М. : One-Book, 2016. – 376 с.
8. Михневич, Э. И. Устойчивость берегов водохранилищ при формировании профиля динамического равновесия в несвязных грунтах / Э. И. Михневич, В. Е. Левкевич // Мелиорация. – 2016. – № 4 (78). – С. 18–23.

9. Михневич, Э. И. Пропускная способность русел регулируемых рек и водоотводящих каналов / Э. И. Михневич // Природная среда Полесья: особенности и перспективы развития : сб. науч. тр. – Брест : Альтернатива, 2008. – Вып. 1 : в 2 т. – Т. 2 : Водные ресурсы Полесья. – С. 38–41.

10. Официальный сайт ComsolMultiphysics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.comsol.com/>.

11. Ошовский, В. В. Использование компьютерных систем конечно-элементного анализа для моделирования гидродинамических процессов / В. В. Ошовский, Д. И. Охрименко, А. Ю. Сысоев // Наук. пр. ДонНТУ. Сер.: Хімія і хім. технологія. – 2010. – Вип. 15 (163). – С. 163–173.

12. Об утверждении Положения о порядке определения размера компенсационных выплат и их осуществления : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 7 февр. 2008 г., № 168.

REFERENCES

1. Raschiotnyje gidrologichieskije kharakteristiki. Poriadok opriedielienija : ТКР 45-3.04-168-2009 (02250). – Minsk : Strojtielkhnorm, 2010. – 55 s.

2. Volchick, A. A. Hidrologichieskije raschioty : uchieb. posobie / A. A. Volchick. – M. : KNORUS, 2021. – 418 s.

3. Volchick, A. A. Pakiet prikladnykh programm dlja opriedielienija raschiotnykh kharakteristik riechnogo stoka / A. A. Volchick, S. I. Parfomuk // Viesn. Palies. dzjarhz. un-ta. Sier. pryrodazn. navuk. – 2009. – № 1. – S. 22–30.

4. Volchick, A. A. Ocenka ekologicichieskogo stoka rieki Jasiel'da v stvorie vodokhranilishcha «Sieliac» / A. A. Volchick, N. N. Sheshko // Sovriemiennye problemi ochistki stochnykh vod i okh-rany riesursov povierkhnostnykh vod v prigranichje : materialy miezhdu-nar. nauch.-prakt. konf., Briest, 24–25 sient. 2015 g. / gl. ried. N. V. Mikhal'chuk. – Briest : Al'ternativa, 2015. – S. 12–22.

5. Ocenka vlijaniya rybkhoza «Sieliac» na stok rieki Jasiel'da / A. A. Volchick [i dr.] // Vestn. Briest. gos. tielkhn. un-ta. – 2022. – № 1 (127) : Gieoekologija. – S. 83–85.

6. Volchick, A. A. Inzheniernaja gidrologija i riegulirovanije stoka. Hidrologichieskije i vodokhoziajstviennye raschioty : uchieb. posobie / A. A. Volchick, An. A. Volchick, V. K. Kursakov. – Gorki : Bielorus. gos. siel'skokhoz. akad., 2013. – 315 s.

7. Kurushin, A. A. Riesenije mul'tifizichieskikh SVCh-zadach s pomoshchju SAPR COMSOL – M. : One-Book, 2016. – 376 s.

8. Mikhnevich, Ye. I. Ustojchivost' bieriegov vodokhranilishch pri formirovanii profilia dinamichieskogo ravnoviesija v niesviaznykh gruntakh / Ye. I. Mikhnevich, V. Ye. Lievkievich // Mielioracija. – 2016. – № 4 (78). – S. 18–23.

9. Mikhnevich, Ye. I. Propusknaja sposobnost' rusiel riegulirujemykh riek i vodootvodiashchikh kanalov / Ye. I. Mikhnevich // Prirodnaja srieda Polies'ja: osobiennosti i pierspektivy razvitija : sb. nauch. tr. – Briest : Al'ternativa, 2008. – Vyp. 1 : v 2 t. – Т. 2 : Vodnyje riesursy Polies'ja. – С. 38–41.

10. Oficial'nyj sajт ComsolMultiphysics [Elietronnyj riesurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.comsol.com/>.

11. Oshovskij, V. V. Ispol'zovanie kompjuternykh sistiem koniechno-eliementnogo analiza dlja modelirovanija gidrodinamichieskikh processov / V. V. Oshovskij, D. I. Okhri-mienko, A. Yu. Sysojev // Nauc. pr. DonNTU. Sier.: Khimija i khim. tekhnolohija, 2010. – Vyp. 15 (163). – S. 163–173.

12. Ob utvierzhdenii Polozhenija o poriadkie opriedielienija razmiera kompiensacionnykh vyplat i ikh osushchestvlienija : postanovlieniie Sovieta Ministrov Riesp. Bielarus', 7 fievr. 2008 g., № 168.

УДК 551.79:561(476)

Ядвига Казимировна Еловичева

*д-р геогр. наук, проф., проф. каф. физической географии мира и образовательных технологий
Белорусского государственного университета*

Yadviga Yelovicheva

Doctor of Geography, Professor,

*Professor of the Department of Physical Geography of the World and Educational Technologies
of Belarusian State University*

e-mail: yelovicheva@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА ГЛЯЦИОПЛЕЙСТОЦЕНА У Д. ДРОБИШКИ (БАСЕЙН НЕМАНА) В БЕЛАРУСИ

Представлены особенности детальной палинологической характеристики гляциоплейстоценовых образований в разрезе скв. 4 у д. Дробишки на западе Беларуси в бассейне Немана с выявленными отложениями александрийского (МИС-11), ишкольдского (МИС-13) и беловежского (МИС-15) межледниковий, разделенных отложениями сервечского (МИС-16), березинского (МИС-14) и еселевского (МИС-12) оледенений, перекрытых днепровским и сожским ледниковыми комплексами. Полученные материалы дополнили представления об истории формирования Лидской ложбины ледникового выпихивания и размыва, геологическое строение которой имело отличия в осадконакоплении и стратиграфии толщи гляциоплейстоцена: большую ширину, обилие ленточных глин часто большой мощности, заполнявших лидскую ванну-западину и способствовавших явлению подпруживания в приледниковом Лидском бассейне, уникальное захоронение беловежских и ишкольдских (ранее не охарактеризованных палинологически в этом районе) и александрийских межледниковых отложений озерного и озерно-аллювиального типа только на отдельных участках палеогеографической арены прорыва Неманом Ивьевско-Моринско-Вселибского выступа Белорусского кристаллического массива.

Ключевые слова: *ранний и средний гляциоплейстоцен, александрийское, ишкольдское, беловежское межледниковья, сервечское, березинское, еселевское оледенения.*

Structural Features of the Geological Section of the Glaciotpleistocene at V. Drobishka (Neman Basin) in Belarus

The article presents the features of the detailed palynological characteristics of epy Glacio-Pleistocene formations in the section of the borehole. 4 near the village of Drobishki in the west of Belarus in the Neman basin with identified deposits of the Alexandrian (MIS-11), Ishkold (MIS-13) and Belovezha (MIS-15) Interglaciations, separated by deposits of the Servech (MIS-16), Berezino (MIS-14) and Eselevo (MIS-12) Glaciations overlain by the Dnieper and Sozh Glaciations complexes. The obtained materials supplemented the ideas about the history of the formation of the Lida trough of glacial gouging and erosion, the geological structure of which had differences in sedimentation and stratigraphy of the Glacio-Pleistocene sequence: a large width, an abundance of banded clays, often of great thickness, which filled the Lida basin-depression and contributed to the phenomenon of damming in the near-glacial Lida basin, a unique burial of Belovezha and Ishkold (previously not characterized palynologically in this area) and Alexandrian interglaciations deposits of the lacustrine and lacustrine-alluvial type only in certain areas of the paleogeographic arena of the Neman breakthrough of the Iyve-Morinsko-Vselyubsky ledge of the Belarusian crystalline massif.

Key words: *early and middle Glacio-Pleistocene, Alexandrian, Ishkold, Belovezha interglaciations, Servech, Berezino, Eselevo glaciations.*

Бассейн Немана на территории Беларуси весьма богат на межледниковые образования различного возраста с преимуществом муравинских, но более интересны редкие разрезы с несколькими межледниковыми горизонтами. Один из таких – разрез скв. 4 у д. Дробишки, расположенный в бассейне р. Гавья (правый приток Немана), к северу от автомагистрали Ивье – Липгишки – Трокели, к югу от ж/д Лида – Молодечно, в области распространения образований сожского ледника, на 53°9'43' с. ш. и 25°70'1' в. д. Ивьевского района Гродненской области. Здесь скважиной с абсолютной отметкой устья в 150,0 м вскрыта 200-метровая толща отложений со следующими породами (сверху вниз, глубина в м, I вариант описания):

1.	Песок коричнево-желтый, разнотернистый, от мелкого до крупного с преобладанием мелкого, полевошпатово-кварцевый, с темно-цветными минералами, округленно-угловатой формы, средне сортированный, к низу интервала белесый.....Q ₂ fgl-sz-s	0,0–1,3
2.	Песок ржаво-бурый, цементированный окислами железа до слабого песчаника, мелкий, с примесью частиц пылеватой размерностью, полевошпатово-кварцевый, хорошо окатанный, хорошо сортированный.....Q ₂ fgl-sz	1,3–3,0
3.	Песок желтый, мелкий, с единичными зернами среднего, полевошпатово-кварцевый, хорошо и средне окатанный, хорошо сортированный, к концу интервала с галькой и мелкими валунами изверженных пород..... Q ₂ fgl-sz	3,0–12,0
4.	Супесь бурая, моренная, плотная, пластичная, с гравием, галькой, валунами гранитов, гнейсов, окремненных известняков округло-угловатой формы.....Q ₂ gl-sz	12,0–40,0
5.	Песок сизовато-желтый, пылеватый, с отдельными зернами крупного песка и гравия, мелкой гальки, кварца в начале интервала – примазки и прослой в несколько миллиметров мощности, глины, полевошпатово-кварцевый; встречаются прослой (0,2 мм мощности) песка мелкого, серовато-желтого; на глубине 47,5–48,0 м – супесь буровато-коричневая, грубая, моренная, с гравием и галькой гранита.....Q ₂ fgl-dn-sz	МИС-6-8 40,0–52,0
6.	Супесь коричневая, моренная, плотная, пластичная, с гравием и галькой изверженных пород хорошо окатанных, а также округло-угловатой формы.....Q ₂ gl-dn	МИС-8 52,0–54,0
7.	Песок желтый, мелкий, с небольшой примесью песка средней крупности и крупного, полевошпатово-кварцевый, с редкими темно-цветными минералами, хорошей и средней окатанности, несортированный, с гравием и галькой изверженных пород.....Q ₂ gl-dn	МИС-8 54,0–57,8
8.	Супесь буровато-коричневая, моренная, плотная, пластичная, тяжелая, грубая, с гравием и галькой изверженных пород гранита, гнейса, полевых шпатов.....Q ₂ gl-dn	МИС-8 57,8–65,0
9.	Песок желтый, пылеватый, полевошпатово-кварцевый, слюдястый, отлично сортированный, с редким гравием и галькой кварца, полевых шпатов, гранатов.....Q ₁ fgl-br–Q ₂ gl-dn	МИС-8...14 65,0–67,8
10.	Супесь серовато-желтая, серая, желтовато-серая, с гравием и галькой, валунами кварца, полевых шпатов, амфиболитов, с прослоями мощностью 1–2 см песка мелкого, полевошпатово-кварцевого.....Q ₁ gl-br	МИС-14 67,8–74,8
11.	Песок серо-желтый с зеленоватым оттенком, мелкий, с редкими зернами песка крупного, с гравием полевого шпата, редкими зернами глауконита, хорошо окатанный и сортированный.....Q ₁ fgl,lgl-br	МИС-14 74,8–100,0
12.	Керн не поднят, по каротажу – глина.....	100,0–101,3
13.	Песок серый, пылеватый, мелкий, с примесью среднего и крупного, полевошпатово-кварцевый, слюдястый, с зернами глауконита; хорошо и средне окатанный, с гравием и мелкой галькой кварца, полевых шпатов; прослой мощностью 2–5 см глины коричневой, довольно плотной.....Q ₁ l,al-b	sv-gl МИС-16 101,3–106,8
14.	Глина коричнево-серая, серая, плотная, вязкая, часто разбита трещинами на остроугольные обломки, по трещинам – примазки песка желтовато-серого, мелкого; в глине мелкий гравий и мелкая галька кварца, полевых шпатов, остатки листьев, веток, встречаются зеркала скольжения.....Q ₁ l-b	sv-gl МИС-16 106,8–107,8
15.	Мел белый, писчий, не плотный, легко ломается; в начале интервала – с желваками коричневатого-плотного кремня диаметром 7 см.....K ₂	107,8–130,4
16.	Мергель сизовато-белый, разной степени плотности, в конце интервала (151,0–154,0 м) встречаются конкреции фосфорита.....K ₂	130,4–154,0
17.	Керн отсутствует, по каротажу – глина.....K ₂	154,0–156,8
18.	Песок серовато-зеленый, мелкий, с глауконитом.....K ₂	156,8–180,6
19.	Керн не поднят.....Кора выветривания	180,6–184,0
20.	Песчаник светло-коричневый, плотный, не крепкий, разнотернистый.....PR ₃ qd	184,0–194,0
21.	Гравелит серый, кварцевый, слюдястый, цементированный, ожеженный.....PR ₃ qd	194,0–200,0

Вместе с тем в ведомости отбора проб на палинологический анализ геологической партией приведено несколько отличающееся краткое описание разреза скв. 4 у д. Дробышки со следующими породами (сверху вниз, глубина в м, II вариант), индексация горизонтов дана в соответствии с результатами уже проведенного анализа:

–	Перекрываючі слої..... $Q_2 dn...sz-gl$ (МИС-8...6)	0,0–32,0
1.	Супесь.....(обр. 171-181) $Q_2 a-igl$ (МИС-11)	32,0–36,5
2.	Супесь моренная..... $Q_2 esl-gl$ (МИС-12)	36,5–37,0
3.	Песок.....(обр. 182-189) $Q_2 isk-igl$ (МИС-13)	37,0–41,4
4.	Супесь моренная..... $Q_1 br-gl$ (МИС-14)	41,4–42,0
5.	Песок.....(обр. 190-197) $Q_1 br-gl$ (МИС-14)	42,0–50,0
6.	Супесь моренная..... $Q_1 br-gl$ (МИС-14)	50,0–52,0
7.	Супесь.....(обр. 198-206) $Q_1 bv-igl$ (МИС-15)	52,0–61,5
8.	Супесь моренная..... $Q_1 sv-gl$ (МИС-16)	61,5–104,5
9.	Суглинок.....(обр. 3069-3072) $Q_1 sv-gl-s$ (МИС-16)	104,5–107,8

Палинологическое изучение Я. К. Еловичевой образований мощностью 75,0 м на гл. 32,0–107,8 м по 40 образцам показало наличие на диаграмме 25 палинокомплексов (ПК) в соответствии с фазами развития растительности нескольких временных интервалов (горизонтов) раннего и среднего гляциоплейстоцена согласно стратиграфической схеме автора [1–4, 5–6], коррелируемой с изотопно-кислородными ярусами Международной морской шкалы (МИС-6–МИС-16): $Q_1 sv-gl$ (МИС-16) → $Q_2 bv-igl$ (МИС-15) → $Q_2 br-gl$ (МИС-14) → $Q_2 isk-igl$ (МИС-13) → $Q_2 esl-gl$ (МИС-12) → $Q_2 a-igl$ (МИС-11) → $Q_2 dn...sz-gl$ (МИС-8...6) (рисунок 1).

ПК-1 выделен по 1 образцу из слоя суглинка на гл. 105,6–107,0 м. В общем составе спектров велико содержание пыльцы травянистых растений (NAP – 35 %) наряду с большим участием пыльцы древесных пород (AP – 60 %) и споровых (Spores – 5 %). Среди трав доминируют наземные с преобладанием *Gramineae* (57 %) и при малой роли *Chenopodiaceae* (15 %), *Artemisia* (10 %), *Compositae* (4 %), березы, присутствием ольхи, ели, лиственницы, секвойи, дуба, вяза, граба, кустарниковым ярусом из орешника, напочвенным из папоротников, водно-болотные местообитания занимали вересковые, низкорослые березки в условиях умеренного климата во время последующей фазы сервечского раннеледниковья (sv-gl-s-2 – МИС-16). Состав спектров ПК-1 характеризует развитие открытых наземных травянистых пространств преимущественно из злаковых при небольшом участии маревых, полыни, сложноцветных, лютиковых, разнотравья; лесные участки из соснового редколесья с примесью березы, присутствием ольхи, липы, кустарниковым ярусом из орешника, напочвенным из папоротников, заболоченные места занимали осоковые, низкорослые березки в условиях умеренно-холодного климата во время сервечского раннеледниковья (sv-gl-s-1 – МИС-16).

Вышележащий слой супеси моренной (гл. 61,5–104,5 м) отнесен к образованиям сервечского оледенения раннего гляциоплейстоцена (sv-gl – МИС-16).

ПК-2 охарактеризован по трем образцам из слоя суглинка на гл. 104,3–105,6 м. В общем составе спектров сохраняется большое количество пыльцы NAP (20–40 %) при господстве пыльцы AP (55–60 %) и малой роли Spores (11–15 %). Из трав многочисленны наземные с доминированием *Gramineae* (30–50 %), высокой долей *Artemisia* (10–20 %), *Compositae* (18 %), прочего разнотравья (2–5 %), наряду с повышением роли *Ericaceae* (20–25 %). Древесные породы слагаются преимущественно *Pinus* (60–65 %) при увеличении количества *Betula* (20–30 %, единичны низкорослые *Betula humulis*, *B. nana*), *Alnus* (1–10 %), *Picea sect. Eupicea* (0,5–4 %), *Larix* (0,5 %), *Sequoia* (0,5 %), *Quercus* (0,5 %), *Ulmus* (0,5 %), *Carpinus* (0,5 %), из кустарниковых – *Corylus* (2 %). В составе споровых характерен абсолютный максимум *Sphagnum* (61–72 %) и повышение значений *Bryales* (17–20 %) на фоне уменьшения содержания *Polypodiaceae* (8–22 %). Состав спектров ПК-2 отражает распространение открытых травянистых пространств преимущественно из злаковых при участии полыни, сложноцветных, разнотравья; лесных участков из соснового редколесья с примесью березы, присутствием ольхи, ели, лиственницы, секвойи, дуба, вяза, граба, кустарниковым ярусом

из орешника, напочвенным из папоротников, водно-болотные местообитания занимали вересковые, низкорослые березки в условиях умеренного климата в последующей фазы сервечского раннеледниковья (Q₁ sv-gl-s-2 – МИС-16).

Вышележащий слой супеси моренной (гл. 61,5–104,5 м) отнесен к образованиям сервечского оледенения раннего гляциоплейстоцена (Q₁ sv-gl – МИС-16).

ПК-3 выделен по 1 образцу из слоя супеси на гл. 60,7–61,5 м. В общем составе спектров доминирует пыльца AP (82 %) наряду с участием пыльцы NAP (12 %) и Spores (6 %). Древесные породы представлены в основном *Pinus* (54 %) за счет меньших значений *Betula* (13 %, единичны низкорослые формы *Betula humulis*), *Alnus* (19 %), *Picea sect. Eupicea* (4 %), *Larix* (0,5 %), широколиственных пород (*Quercetum mixtum* + *Carpinus* – 10 %; в т. ч. *Quercus* – 0,5 %, *Tilia* – 7 %, *Carpinus* – 2 %), из кустарниковых – *Corylus* (14 %). Среди трав разнообразны наземные с *Artemisia* (26 %), *Chenopodiaceae* (21 %), *Polygonaceae* (18 %), *Compositae* (16 %), *Gramineae* (3 %), *Umbelliferae* (3 %), *Cruciferae* (3 %), *Plantaginaceae* (3 %), малочисленны водно-болотные представители из *Ericaceae* (6 %) и *Potamogetonaceae* (3 %). Из споровых отмечен абсолютный максимум *Polypodiaceae* (75 %) при малой доле *Bryales* (12 %), *Sphagnum* (7 %) и *Lycopodiaceae* (7 %, в т. ч. *Lycopodium clavatum*). Отмечено присутствие угольных частиц. Состав спектров ПК-3 свидетельствует о развитии сосновых лесов с участием березы, ольхи, ели, лиственницы, дуба, липы, граба, кустарниковым ярусом из орешника, богатым напочвенным ярусом из папоротников, плауна обыкновенного; наземный травяной покров представляли полыни, маревые, гречишные, сложноцветные, злаковые, зонтичные; в водоемах селились рдесты, болотные местообитания занимали вересковые, низкорослые березки, сфагновые мхи в условиях умеренно-холодного климата во время фазы сервечского позднеледниковья (sv-gl-f-1 – МИС-16).

ПК-4 выделен по 1 образцу из слоя супеси на гл. 60,3–60,7 м. В общем составе спектров сохраняет ведущую роль пыльца AP (69 %) при максимуме пыльцы NAP (23 %) и участии Spores (8 %). В группе древесных пород возросла роль *Betula* (54 %, единичны низкорослые формы *Betula humulis*), *Picea sect. Eupicea* (22 %), *Larix* (12 %) за счет уменьшения количества *Pinus* (9 %), *Alnus* (1 %), широколиственных пород (*Q. m.* + *Carp.* – 2 %; в т. ч. *Tilia* – 2 %), из кустарниковых – *Corylus* (2 %), *Salix* (1 %). Травянистые наземные растения снизили свое разнообразие при господстве *Gramineae* (86 %) наряду с участием *Artemisia* (8 %), *Chenopodiaceae* (6 %). Из споровых отмечен абсолютный максимум *Bryales* (83 %) при невысокой доли *Polypodiaceae* (11 %) и *Sphagnum* (6 %). Состав спектров ПК-4 отражает распространение березовых лесов, ельников с лиственницей и примесью сосны, ольхи, липы с кустарниковым ярусом из орешника, напочвенным ярусом из папоротников, в понижениях – ивы; менее разнообразным травяным покровом из злаковых при участии полыни и маревых; на увлажненных почвах и болотах селились низкорослые березки, сфагновые и бриевые мхи в условиях умеренно-холодного климата во время последующей фазы сервечского позднеледниковья (sv-gl-f-2 – МИС-16).

ПК-5 охарактеризован по 4 образцам из слоя супеси на гл. 58,7–60,5 м. В общем составе спектров доминирует пыльца AP (63–86 %) наряду с небольшим участием пыльцы NAP (4–14 %) и Spores (10–30 %). Среди древесных резко возросло содержание *Pinus* (62–80 %) за счет уменьшения значимости *Picea sect. Eupicea* (3–6 %, в т. ч. *Picea sect. Omorica*), *Betula* (2–11 %, редки низкорослые формы *Betula humulis*), наряду с повышением роли *Alnus* (5–12 %, единичны находки *Alnaster*), широколиственных пород (*Q. m.* + *Carp.* – 3–11 %; в т. ч. *Quercus* – 1 %, *Tilia* – 2–3 % с *T. tomentosa*, *Ulmus* – 1–2 %, *Carpinus* – 1–5 %, *Fagus* – 1 %), кустарниковых из *Corylus* (4–22 %), *Salix* (1 %), появлением *Abies* (1–2 %), *Nyssa* (0,5 %), *Ilex* (0,5 %), *Tsuga* (0,5 %).

Из травянистых наземных растений присутствуют *Chenopodiaceae* (5–33 %), *Artemisia* (20–33 %), *Polygonaceae* (8–20 %), *Gramineae* (8–29 %), *Ranunculaceae* (2–5 %), *Compositae* (4–10 %), *Plantaginaceae* (2–5 %), *Iridaceae* (2–10 %), *Caryophyllaceae* (8–10 %), из водно-болотных – *Ericaceae* (8–11 %), *Typha latifolia* (2–4 %), *Haloragidaceae* (5 %), *Cyperaceae* (2–11 %). Споровые представлены преимущественно *Polypodiaceae* (61–80 %) при небольшом участии *Bryales* (9–18 %), *Sphagnum* (3–21 %), *Lycopodiaceae* (5 %, в т. ч. *Lycopodium clavatum*), *Selaginella selaginoides* (2 %). В препаратах отмечено присутствие угольных частиц и древних микрофоссилий.

Состав спектров ПК-5 свидетельствует о развитии сосновых лесов с участием ели, пихты, тсуги, березы, ниссы, примесью ольхи, широколиственных пород (дуба, липы, вяза, граба, бука, падуба), с кустарниковым ярусом из орешника, в понижениях – ивы, напочвенным ярусом из папоротников, плауна обыкновенного; на склонах – ольховником кустарниковым; весьма разнообразный травяной покров слагали преимущественно маревые, полыни, гречишные, злаковые, лютиковые, сложноцветные, подорожниковые, ирисовые, гвоздичные; на увлажненных почвах и заболоченных участках нередко встречались низкорослые березки, вересковые, осоковые, сфагновые и бриевые мхи, плаунок плауновидный, в прибрежной зоне водоемов – рогоз широколистный, сланоягодниковые в условиях умеренно-теплого климата во время начальной фазы беловежского межледниковья (bv-igl-1 – МИС-15).

ПК-6 выделен по 2 образцам из слоя супеси на гл. 57,9–58,7 м. В общем составе спектров пыльца AP (64–81 %) по-прежнему преобладает над пылью NAP (7–13 %) и Spores (12–23 %). Древесные породы слагаются преимущественно *Pinus* (59–60 %) при увеличении значимости *Picea sect. Eupicea* (8–12 %) на фоне малой роли *Betula* (7–8 %, единичны низкорослые формы *Betula humulis*, *B. nana*), *Larix* (1–3 %), *Abies* (3–7 %), *Alnus* (5–8 %), широколиственных пород (*Q. m.* + *Carp.* – 8–12 %; в т. ч. *Quercus* – 1 %, *Tilia* – 4 %, *Ulmus* – 2 %, *Carpinus* – 4–8 %, *Fagus* – 1 %), кустарниковых из *Corylus* (8–18 %). В группе травянистых наземных растений велика доля *Artemisia* (15–32 %) и *Gramineae* (31 %) за счет небольшого количества *Chenopodiaceae* (15–16 %), *Polygonaceae* (12–15 %), *Ranunculaceae* (4 %), *Compositae* (4 %), *Plantaginaceae* (8 %), *Iridaceae* (2–10 %), *Caryophyllaceae* (8–10 %), из водно-болотных выявлены *Pyrolaceae* (12 %), *Ericaceae* (8 %), *Typha latifolia* (4 %), *Haloragidaceae* (8 %), *Cyperaceae* (4 %). Из споровых сохраняют свое господство *Polypodiaceae* (65–81 %) за счет небольшого участия *Sphagnum* (3–25 %), *Bryales* (5–13 %), *Lycopodiaceae* (1–5 %, в т. ч. *Lycopodium clavatum*, *L. complanatum*). В препаратах отмечено присутствие угольных частиц и древних микрофоссилий.

Состав спектров ПК-6 отражает распространение сосновых лесов с нарастающим участием ели, пихты, лиственницы, примесью широколиственных пород (дуба, липы, вяза, граба, бука) и ольхи, присутствием березы, с кустарниковым ярусом из орешника, богатым напочвенным покровом из папоротников, плауна обыкновенного и сплюснутого; разнообразным травяным покровом преимущественно из полыни и злаковых наряду с присутствием маревых, гречишных, лютиковых, сложноцветных, подорожниковых, ирисовых, гвоздичных; на увлажненных почвах и заболоченных участках редко сохранялись низкорослые березки, грушанковые, вересковые, осоковые, сфагновые и бриевые мхи, в прибрежной зоне водоемов – рогоз широколистный, сланоягодниковые в условиях умеренно-теплого климата во время последующей фазы беловежского межледниковья (bv-igl-2 – МИС-15).

ПК-7 выделен по 1 образцу из слоя супеси на гл. 57,5–57,9 м. Здесь выявлены единичные зерна *Pinus*, *Betula*, *Alnus*, *Corylus*, *Umbelliferae*, *Artemisia*, *Gramineae*, *Ranunculaceae*, *Compositae*, *Lycopodium complanatum*, *Polypodiaceae*, по составу которых можно предположить, что вмещающая их супесь также накопилась в беловежское межледниковье (bv-igl-3 – МИС-15).

Вышележащий слой супеси на гл. 55,0–57,5 м на палинологический анализ не опробовался.

ПК-8 охарактеризован по 1 образцу из слоя супеси на гл. 54,6–55,0 м. В нем выявлены единичны зерна *Pinus*, *Tilia*, *Artemisia*, *Polygonaceae*, *Violaceae*, *Lycopodium complanatum*, *Polypodiaceae*, состав которых позволяет предположить, что вмещающая растительные микрофоссилии супесь накопилась в беловежское межледниковье (bv-igl-4 – МИС-15).

ПК-9 охарактеризован по 2 образцам из слоя супеси на гл. 53,8–54,6. В общем составе спектров доминирует пыльца AP (88 %) при участии пыльцы NAP (9 %) и Spores (3 %). Группа древесных представлена в значительной мере *Alnus* (31 % – абсолютный максимум), широколиственными породами (*Carpinus* – 22 %), *Pinus* (20 %) наряду с меньшими значениями *Abies* (2 %), *Picea sect. Eupicea* (7 %), *Betula* (11 %), абсолютным максимумом кустарниковых из *Corylus* (62 %). Травянистые растения менее разнообразны и слагаются только наземными из *Chenopodiaceae* (26 %), *Artemisia* (22 %), *Compositae* (22 %), *Gramineae* (17 %), *Polygonaceae* (9 %), *Ranunculaceae* (4 %). Из споровых абсолютное господство сохраняют *Polypodiaceae* (100 %) В препаратах отмечено присутствие угольных частиц.

Состав спектров ПК-9 свидетельствует о развитии смешанных сосновых лесов с пихтой, березой, елью наряду с богатыми ольшаниками и широколиственными ассоциациями из граба, богатым подлеском из орешника и напочвенным ярусом из папоротников, наземным травяным – из маревых, полыни, сложноцветных, злаковых, гречишных, лютиковых в условиях теплого климата во время оптимальной фазы беловежского межледниковья (bv-igl-5 – МИС-15).

ПК-10 выделен по 4 образцам из слоя супеси на гл. 52,2–53,8 м. В общем составе спектров доминирует пыльца AP (83–85 %) наряду с участием пыльцы NAP (5–11 %) и Spores (6–10 %). Из группы древесных доминирует *Pinus* (64–79 %) и значима величина широколиственных (Q.m. + Carp. – 8–18 %, в т.ч. *Quercus* (2 %), *Tilia* (6 %), *Ulmus* (2 %), *Carpinus* (10 %) за счет малой доли *Betula* (2–6 % с единичной *Betula nana*), *Picea sect. Eupicea* (4–5 % с *Picea sect. Omorica*), *Alnus* (6–8 %), *Corylus* (6–10 %). Среди травянистых растений выявлены наземные из *Gramineae* (14–40 %), *Ranunculaceae* (20–44 %), *Cistaceae* (14 %), *Chenopodiaceae* (14 %), *Artemisia* (14 %) и болотные из *Pyrolaceae* (40 %). Споровые слагаются *Polypodiaceae* (100 %).

Состав спектров ПК-10 отражает распространение сосновых лесов с березой, елью с примесью широколиственных пород из дуба, липы, вяза, граба, ольхи, подлеском из орешника и напочвенным ярусом из папоротников, наземным травяным покровом преимущественно из злаковых и лютиковых при участии маревых, цистовых, полыни, а также грушанковых и низкорослых берез на заболоченных местах в условиях теплого климата во время оптимальной фазы беловежского межледниковья (bv-igl-6 – МИС-15).

ПК-11 охарактеризован по 1 образцу из слоя супеси на гл. 51,2–52,2 м. В нем выявлены единичные зерна *Pinus*, *Carpinus*, *Polypodiaceae*, угольные частицы, что позволяет предположить о накоплении данного слоя в начальную фазу березинского оледенения (br-gl – МИС-14).

Вышележащие слои супеси моренной (гл. 50,0–52,0 м), песка (гл. 42,0–52,0 м, на пыльцевой анализ не опробовался) и супеси моренной (гл. 41,4–42,0 м) отнесены ко времени березинского оледенения раннего гляциоплейстоцена (br-gl – МИС-14).

ПК-12 охарактеризован по 1 образцу из слоя песка на гл. 41,0–41,4 м. В общем составе спектров доминирует пыльца AP (85 %) наряду с участием пыльцы NAP (5 %) и Spores (19 %). Среди древесных сохраняет преобладающее значение *Pinus* (78 %) наряду с невысокой ролью *Abies* (4 %), *Picea sect. Eupicea* (4 %), *Betula* (4 %), *Alnus* (3 %), широколиственных (Q.m. + Carp. – 7 %, в т. ч. *Quercus* (2 %), *Tilia* (4 %), *Carpinus* (2 %),

Corylus (4 %), *Cornaceae* (4 %). Травянистые растения слагаются преимущественно водно-болотными из *Ericaceae* (72 %) и в меньшей мере наземными из *Artemisia* (14 %), *Polygonaceae* (14 %). Из споровых доминируют *Polypodiaceae* (68 %) при участии *Sphagnum* (19 %) и *Lycopodiaceae* (13 % с *Lycopodium clavatum*, *L. complanatum*). Присутствуют угольные частицы.

Состав спектров ПК-12 свидетельствует о развитии сосновых лесов с пихтой, елью, березой, ольхой, широколиственными из дуба, липы, граба, подлеском из орешника и кизиловых, напочвенным ярусом из папоротников, плауна обыкновенного и сплюснутого, на заболоченных местах селились вересковые, травяной покров состоял из полыни, гречишных в условиях умеренно-теплого климата в раннюю фазу ишкольдского межледниковья (isk-igl-1 – МИС-13).

ПК-13 выделен по 1 образцу из слоя песка на гл. 40,7–41,0 м. В общем составе спектров доминирует пыльца AP (88 %) наряду с участием пыльцы NAP (5 %) и Spores (7 %). В группе древесных несколько снизилась величина *Pinus* (50 %) за счет возрастания доли *Picea sect. Eurpicea* (7 % с *Picea sect. Omorica*), *Betula* (12 %), *Alnus* (17 %), широколиственных пород (Q.m. + Carp. – 10 %, в т. ч. *Quercus* (2 %), *Tilia* (4 %), *Ulmus* (1 %), *Carpinus* (3 %) и сохранения количества *Abies* (4 %), из кустарниковых отмечены *Corylus* (10 %), *Cornaceae* (2 %). Среди травянистых растений менее богатого состава высоки значения наземных из *Artemisia* (40 %), *Chenopodiaceae* (23 %), *Polygonaceae* (17 %), *Umbelliferae* (7 %), *Rosaceae* (7 %), из водных – *Hydrocharitaceae* (7 %). Споровые представлены доминирующими *Polypodiaceae* (74 %) и *Sphagnum* (26 % – абс. макс.). Присутствуют угольные частицы и древние микрофоссилии.

Состав спектров ПК-13 отражает распространение сосновых лесов с участием ели, пихты, березы, ольхи, широколиственных пород из дуба, липы, вяза, граба, подлеском из орешника и кизиловых, богатым напочвенным ярусом из папоротников, наземный травяной покров представляли преимущественно полыни, в меньшей мере маревые, гречишные, зонтичные, розоцветные, в водоемах селились водокрасовые, на болотах – сфагновые мхи в условиях теплого климата во время последующей фазы ишкольдского межледниковья (isk-igl-2 – МИС-13).

ПК-14 охарактеризован по 1 образцу из слоя песка на гл. 40,35–40,7 м. В общем составе спектров абсолютное господство принадлежит пыльце AP (91 %) при участии пыльцы NAP (6 %) и Spores (3 %). Среди древесных повысилось содержание *Pinus* (79 %), *Picea sect. Eurpicea* (9 %), наряду с понижением величин *Betula* (2 %), *Alnus* (2 %), широколиственных пород (Q.m. + Carp. – 4 %, в т. ч. *Tilia* (3 %), *Quercus* (0,5 %), *Ulmus* (0,5 %), *Carpinus* (0,5 %) и сохранением количества *Abies* (4 %), кустарниковые представлены *Corylus* (2 %), *Cornaceae* (0,5 %). Травянистые растения менее разнообразны и слагаются преимущественно наземными из *Gramineae* (33 %), в меньшей мере *Chenopodiaceae* (16 %), *Artemisia* (22 %), *Polygonaceae* (7 %), *Caryophyllaceae* (2 %), из водно-болотных выявлены *Ericaceae* (16 %). В группе споровых сохраняет свое преимущество *Polypodiaceae* (87 %) при малой роли *Lycopodiaceae* (13 % – абс. макс. с *Lycopodium clavatum*).

Состав спектров ПК-14 свидетельствует о развитии сосновых лесов с елью, пихтой, редкими березой, ольхой и широколиственными породами из липы, дуба, вяза, граба, кустарниками из орешника и кизиловых, богатым напочвенном ярусе из папоротников, наземный травяной покров слагался в большей мере злаковыми наряду с маревыми, полынью, гречишными, гвоздичными, заболоченные места занимали вересковые в условиях теплого климата во время последующей фазы ишкольдского межледниковья (isk-igl-3 – МИС-13).

ПК-15 выделен по 1 образцу из слоя песка на гл. 40,0–40,35 м. В общем составе спектров сохраняет свое господство пыльца AP (80 %) при увеличении доли пыльцы

НАР (17 %) и прежних значениях Spores (3 %). В группе древесных уменьшилось количество *Pinus* (до 56 %), *Abies* (2 %), *Picea sect. Eupicea* (6 %) за счет повышения содержания *Betula* (7 %), *Alnus* (20 %), широколиственных пород (*Q.m.* + *Carp.* – 7 %, в т. ч. *Carpinus* (3 %), *Tilia* (3 %), *Ulmus* (0,5 %), появления *Tsuga* (0,5 %), увеличения доли *Corylus* (20 %). Из травянистых растений наиболее значимы *Artemisia* (40 %), *Gramineae* (28 %), *Chenopodiaceae* (14 %), *Polygonaceae* (6 %), *Cruciferae* (6 %), *Ranunculaceae* (4 %), *Compositae* (4 %), *Caryophyllaceae* (2 %). Споровые представлены главным образом *Polypodiaceae* (81 %) наряду с участием *Sphagnum* (19 %).

Состав спектров ПК-15 отражает распространение сосново-широколиственных лесов (граб, липа, вяз) с елью, пихтой, тсугой, березой, ольшаников и подлеска из орешника, богатого напочвенного яруса из папоротников, наземного травяного покрова преимущественно из полыни и злаковых наряду с маревыми, гречишными, крестноцветными, лютиковыми, сложноцветными, гвоздичными, на заболоченных местах селились сфагновые мхи в условиях теплого климата во время последующей фазы ишкольдского межледниковья (isk-igl-4 – МИС-13).

ПК-16 охарактеризован по 1 образцу из слоя песка на гл. 39,0–40,0 м. В общем составе спектров доминирует пыльца АР (88 %) наряду с участием пыльцы НАР (4 %) и Spores (8 %). Древесные слагаются преимущественно *Pinus* (64 %) при росте значений *Picea sect. Eupicea* (13 % с *Picea sect. Omorica*), *Abies* (2 %), *Betula* (9 %), широколиственных (*Q.m.* + *Carp.* – 10 %, в т. ч. *Tilia* – 8 % – абс. макс., *Carpinus* – 2 %) и небольших количествах *Larix* (0,5 %), *Alnus* (2 %), кустарниковых из *Corylus* (4 %), *Cornaceae* (0,5 %). В группе травянистых растений весьма значимы наземные *Chenopodiaceae* (35 %), *Compositae* (30 %), среди водно-болотных – *Ericaceae* (30 %). В составе споровых по-прежнему ведущее место занимают *Polypodiaceae* (95 %) за счет низких значений *Sphagnum* (5 %). В препаратах присутствуют угольные частицы и древние микрофоссилии. Состав спектров ПК-16 свидетельствует о развитии хвойных (сосново-елово-пихтовых с лиственницей) лесов с примесью березы, широколиственных пород (липы, граба), ольхи с подлеском из орешника и кизиловых, богатого напочвенного яруса из папоротников, наземного травяного покрова из маревых, сложноцветных, заболоченные места занимали вересковые, сфагновые мхи в условиях теплого климата во время последующей оптимальной фазы ишкольдского межледниковья (isk-igl-5 – МИС-13).

ПК-17 охарактеризован по 1 образцу из слоя песка на гл. 38,0–39,0 м. В общем составе спектров доминирует пыльца АР (83 %) наряду с участием пыльцы НАР (5 %) и Spores (12 %). Древесные слагаются главным образом *Pinus* (64–70 %) при увеличении количества *Picea sect. Eupicea* (19 % – абс. макс.), *Abies* (8 % – абс. макс.) и небольших значениях широколиственных (*Q.m.* + *Carp.* – 2 %, в т. ч. *Tilia* – 2 %, *Ulmus* – 0,5 %) *Betula* (2 %), кустарниковых из *Corylus* (4 %), *Cornaceae* (2 %). В составе травянистых растений весьма значимы наземные преимущественно из *Gramineae* (33 %), наряду с небольшой долей *Chenopodiaceae* (16 %), *Artemisia* (9 %), среди водно-болотных – *Hydrocharitaceae* (9 % – абс. макс.), *Ericaceae* (33 % – абс. макс.). В составе споровых по-прежнему ведущее место занимают *Polypodiaceae* (98 %) за счет низких значений *Sphagnum* (2 %). В препаратах присутствуют угольные частицы.

Состав спектров ПК-17 свидетельствует о развитии сосново-еловых лесов с пихтой, березой, широколиственными породами (липой, вязом), с подлеском из орешника и кизиловых, богатого напочвенного яруса из папоротников, наземного травяного покрова из злаковых, маревых, полыни, в водоемах произрастали водокрасовые, заболоченные места занимали вересковые, сфагновые мхи в условиях теплого климата во время последующей фазы ишкольдского межледниковья (isk-igl-6 – МИС-13).

ПК-18 выделен по 1 образцу из слоя песка на гл. 37,5–38,0 м. В общем составе спектров доминирует пыльца АР (81 %) наряду с участием пыльцы НАР (10 %) и Spores

(9 %). В группе древесных абсолютное господство принадлежит *Pinus* (87 %) за счет снижения количества *Abies* (2 %), *Picea sect. Eupicea* (3 % с *Picea sect. Omorica*), *Betula* (1 %), малых значений *Larix* (0,5 %), *Alnus* (3 %), широколиственных пород (*Q.m.* + *Carp.* – 4 %, в т. ч. *Tilia* – 3 %, *Ulmus* – 0,5 %), небольшого участия кустарниковых из *Corylus* (4 %), *Cornaceae* (1 %). Из травянистых растений по-прежнему значимая роль у наземных – *Chenopodiaceae* (51 % – абс. макс.), *Artemisia* (17 %), *Gramineae* (5 %), *Compositae* (5 %), *Polygonaceae* (5 %), меньшие значения имеют водно-болотные растения из *Ericaceae* (17 %). Споровые характеризуются господством *Polypodiaceae* (77 %) при небольшой роли *Sphagnum* (23 %).

Состав спектров ПК-18 свидетельствует о развитии сосновых лесов с елью и пихтой, лиственницей при участии березы, широколиственных пород (липы, вяза), ольхи, орешника и кизилых, богатого напочвенного яруса из папоротников, наземного травяного покрова из маревых наряду с полынями, злаковыми, сложноцветными, гречишными, на заболоченных местах произрастали вересковые, сфагновые мхи в условиях умеренно-теплого климата во время последующей фазы ишкольдского межледниковья (*isk-igl-7* – МИС-13).

ПК-19 охарактеризован по 1 образцу из слоя песка на гл. 37,2–37,5 м. В общем составе спектров доминирует пыльца AP (71 %) наряду с согосподством пыльцы NAP (15 %) и Spores (14 %). Среди древесных снизилось количество *Pinus* (38 %), *Picea sect. Eupicea* (6 %), *Abies* (1 %) за счет увеличения содержания *Betula* (26 %), *Alnus* (25 % – абс. макс.), широколиственных пород (*Q.m.* + *Carp.* – 6 %, в т. ч. *Quercus* – 1 %, *Tilia* – 2 %, *Ulmus* – 1 %, *Carpinus* – 1 %, *Fagus* – 1 %), появления *Tsuga* (0,5 %). Наземные травянистые растения слагаются преимущественно из *Artemisia* (50 %) наряду с *Ranunculaceae* (10 %), *Gramineae* (8 %), *Euvorbiaceae* (3 %), *Compositae* (3 %), *Violaceae* (3 %), *Caryophyllaceae* (3 %), водно-болотные – *Pyrolaceae* (10 %), *Ericaceae* (10 %). Из споровых ведущее место занимают *Polypodiaceae* (75 %) на фоне меньших значений *Sphagnum* (21 %), *Bryales* (4 %). В препаратах присутствуют угольные частицы и древние микрофоссилии.

Состав спектров ПК-19 отражает распространение сосново-березовых лесов с елью, пихтой и тсугой при участии широколиственных пород (дуба, липы, вяза, граба, бука), самостоятельных ольшаников, богатого напочвенного яруса из папоротников, травяного покрова преимущественно из полыни, а также лютиковых, злаковых, молочайных, сложноцветных, фиалковых, гвоздичных, заболоченные участки занимали грушанковые, вересковые, сфагновые и зеленые мхи в условиях умеренного климата в конце ишкольдского межледниковья (*isk-igl-8* – МИС-13).

Вышележащий слой супеси моренной (гл. 36,5–37,0 м) отнесен ко времени еселевского оледенения среднего гляциоплейстоцена (*esl-gl* – МИС-12).

ПК-20 выделен по 1 образцу из слоя супеси на гл. 35,7–36,4 м. В общем составе спектров доминирует пыльца AP (81 %) наряду с участием пыльцы NAP (9 %) и Spores (10 %). Древесные породы представлены в основном *Pinus* (55 %), в меньшей мере *Betula* (16 %), *Alnus* (15 %) при небольшой роли *Picea sect. Eupicea* (7 % с *Picea sect. Omorica*), *Abies* (2 %), широколиственных (*Q.m.* + *Carp.* – 5 %, в т. ч. *Tilia* – 3 %, *Ulmus* – 1 %, *Carpinus* – 1 %), кустарниковых из *Corylus* (4 %), *Cornaceae* (2 %), *Ephedra* (1 %). В группе травянистых растений господствуют наземные формы: *Artemisia* (80 % – абс. макс.), в меньшей мере – водно-болотные из *Ericaceae* (14 %), *Typha latifolia* (6 %). Среди споровых доминируют *Polypodiaceae* (74 %) при участии *Sphagnum* (26 % – абс. макс.). Состав спектров ПК-20 свидетельствует о развитии смешанных сосновых с примесью березы и ольхи лесов с елью, пихтой, широколиственными (липой, вязом, грабом), кустарниковых из орешника и кизилых, богатого напочвенного яруса из папоротников, по сухим местам – эфедры, наземного травяного покрова из полыни, на заболоченных

местах селились вересковые и сфагновые мхи, в прибрежной зоне водоемов – рогоз широколистный в условиях умеренно-теплого климата в начальную фазу александрийского межледниковья (a-igl-1 – МИС-11).

ПК-21 охарактеризован по 2 образцам из слоя супеси на гл. 34,5–35,7 м. В общем составе спектров при высоких значениях пыльцы AP (63 %) характерен абсолютный максимум Spores (35 %) наряду с малой ролью пыльцы NAP (2 %). Среди древесных пород увеличилось содержание *Pinus* (78 %), *Picea sect. Eupicea* (13 % с *Picea sect. Omorica*), *Abies* (3 %), за счет сокращения количества *Betula* (2 %), *Alnus* (0,5–2 %), широколиственных (*Q.m. + Carp.* – 3 %, в т. ч. *Tilia* – 2 %, *Carpinus* – 2 %), кустарниковых из *Corylus* (1 %). Травянистые слагаются единичными *Artemisia*, *Ericaceae*, *Iridaceae*. Из споровых по-прежнему сохраняют свое господство *Polypodiaceae* (95 %) с участием *Sphagnum* (5 %). Состав спектров ПК-21 отражает распространение смешанных сосновых лесов с елью, участием пихты, березы, ольхи, широколиственных пород (липы, граба), орешника, богатого напочвенного яруса из папоротников, травяного покрова из полыни, ирисовых, заболоченные участки были заняты вересковыми и сфагновыми мхами в условиях умеренно-теплого климата в предоптимальную фазу александрийского межледниковья (a-igl-2 – МИС-11).

ПК-22 выделен по 1 образцу из слоя супеси на гл. 34,0–34,5 м. В общем составе спектров доминирует пыльца AP (81 %) наряду с участием пыльцы NAP (5 %) и Spores (14 %). В группе древесных уменьшилась величина *Pinus* (62 %), *Picea sect. Eupicea* (6 %) наряду с повышением значений *Betula* (12 %, единична *Betula humilis*), *Alnus* (11 %), широколиственных пород (*Q.m. + Carp.* – 5 %, в т. ч. *Tilia* – 3 % с *Tilia tomentosa*, *Carpinus* – 2 %), *Corylus* (6 %), сохранением содержания *Abies* (3 %), появлением *Larix* (1 %). Травянистые растения представлены в большей мере наземными из *Artemisia* (42 %), *Polygonaceae* (15 %), *Gramineae* (8 %), *Compositae* (8 %), реже – водно-болотными из *Ericaceae* (28 %). Среди споровых сохраняют преимущество *Polypodiaceae* (92 %) при малой роли *Sphagnum* (8 %). Состав спектров ПК-22 свидетельствует о развитии смешанных сосновых лесов с елью, пихтой, березой, ольхой, участием лиственницы, широколиственных пород (липы, граба), орешника, богатого напочвенного яруса из папоротников, травяного покрова из полыни на фоне присутствия гречишных, злаковых, сложноцветных, на заболоченных участках произрастали вересковые и сфагновые мхи в условиях теплого климата в последующую оптимальную фазу александрийского межледниковья (a-igl-3 – МИС-11).

ПК-23 охарактеризован по 1 образцу из слоя супеси на гл. 33,75–34,0 м. В общем составе спектров доминирует пыльца AP (76 %) наряду с участием пыльцы NAP (6 %) и Spores (18 %). Среди древесных сохраняется господство *Pinus* (69 %) за счет малых величин остальных компонентов спектров: *Picea sect. Eupicea* (7 %), *Betula* (7 %), *Alnus* (8 %), широколиственных (*Q.m. + Carp.* – 9 %, в т. ч. *Tilia* – 6 %, *Ulmus* – 1 %, *Carpinus* – 2 %), *Corylus* (6 %), *Ephedra* (1 %). В группе наземных травянистых растений преимущество имеют *Chenopodiaceae* (40 %), *Gramineae* (30 %), меньшая роль у *Artemisia* (6 %), *Polygonaceae* (6 %), *Ranunculaceae* (6 %), среди водных отмечена *Typha latifolia* (12 %). Из споровых абсолютное господство принадлежит *Polypodiaceae* (100 %). Состав спектров ПК-23 отражает распространение сосново-широколиственных (с липой, вязом, грабом) лесов с елью, березой, ольхой, кустарником из орешника, по сухим местам эфедры, богатого напочвенного яруса из папоротников, наземного травяного покрова главным образом из маревых и злаковых при наличии полыни, гречишных, лютиковых, в водоемах встречался рогоз широколистный в условиях теплого климата в последующую оптимальную фазу александрийского межледниковья (a-igl-4 – МИС-11).

ПК-24 выделен по 4 образцам из слоя супеси на гл. 32,75–33,75 м. В общем составе спектров доминирует пыльца AP (65–75 %) наряду с участием пыльцы NAP (3–

21 % – абс. макс.) и Spores (12–22 %). В группе древесных по прежнему ведущее место занимает *Pinus* (54–77 %) наряду с появлением *Tsuga* (0,5 %), повышением роли *Abies* (2–4 %), *Picea sect. Eupicea* (5–9 %), *Betula* (3–16 %, единична *Betula humilis*), *Alnus* (3–17 %), широколиственных пород (*Q.m. + Carp.* – 6–14 %, в т. ч. *Quercus* – 2 %, *Tilia* – 3–9 % – абс. макс. с *Tilia tomentosa*, *Ulmus* – 1–2 %, *Carpinus* – 2–3 %), *Corylus* (3–13 %), *Cornaceae* (1 %). Наземные травянистые растения слагаются главным образом из *Artemisia* (17–54 %), *Gramineae* (4–25 %) на фоне меньшей роли *Polygonaceae* (2–18 %), *Ranunculaceae* (3–18 %), *Chenopodiaceae* (7–9 %), *Compositae* (2–9 %), *Convolvulaceae* (4 %), *Celastraceae* (2 %), *Cruciferae* (2 %), *Plantaginaceae* (2 %), среди водно-болотных отмечены *Typha latifolia* (2 %), *Ericaceae* (9–49 %), *Pyrolaceae* (4 %). Из споровых сохраняют господство *Polypodiaceae* (86–95 %) наряду с небольшим содержанием *Sphagnum* (2–10 %) и появлением *Lycopodiaceae* (3–6 % с *Lycopodium clavatum*, *L. complanatum*). В препаратах присутствуют угольные частицы и древние микрофоссилии. Состав спектров ПК-24 свидетельствует о развитии сосново-широколиственных (с дубом, липой, вязом, грабом) лесов с елью, примесью березы, ольшаниками, подлеском из орешника и кизилых, богатого напочвенного яруса в лесах из папоротников и плауновых (в т. ч. плауна обыкновенного и сплюснутого), травяного покрова преимущественно из полыни, злаковых с участием гречишных, лютиковых, маревых, сложноцветных, вьюнковых, бересклетовых, крестоцветных, подорожниковых, в прибрежной зоне водоемов произрастал рогоз широколистный, на заболоченных местах – обильные вересковые, а также грушанковые, редкие низкорослые березки в условиях теплого климата в оптимум александрийского межледниковья (a-igl-5 – МИС-11).

ПК-25 выделен по 1 образцу из слоя супеси на гл. 32,5–32,75 м. В общем составе спектров доминирует пыльца AP (67 %) наряду с участием пыльцы NAP (10 %) и повышенным содержанием Spores (23 %). Среди древесных вновь доминирует *Pinus* (73 %) и появилась *Nyssa* (0,5 %) за счет снижения значений *Picea sect. Eupicea* (9 %), *Betula* (9 %), *Alnus* (6 %), широколиственных (*Q.m. + Carp.* – 3 %, в т. ч. *Tilia* – 2 %, *Ulmus* – 1 %), *Corylus* (4 %). Группе травянистых растений свойственно снижение разнообразия форм и присутствие наземных *Artemisia* (40 %), *Chenopodiaceae* (20 %), *Polygonaceae* (7 %), *Celastraceae* (7 %), *Euvorbiaceae* (7 %) и болотных растений – *Ericaceae* (12 %), *Pyrolaceae* (7 %). В составе споровых по-прежнему доминируют *Polypodiaceae* (70 %) за счет небольшого количества *Sphagnum* (24 %) и *Lycopodiaceae* (6% с *Lycopodium complanatum*). Присутствуют угольные частицы и древние микрофоссилии. Состав спектров ПК-25 отражает распространение сосновых с нисса лесов, участием ели, ольхи, широколиственных пород (липы, вяза), березы, орешника, богатого напочвенного яруса из папоротников и плауновых (в т. ч. плауна сплюснутого), наземного травяного покрова преимущественно из полыни и маревых, с участием гречишных, бересклетовых, молочайных, на болотистых местах произрастали вересковые, грушанковые, сфагновые мхи в условиях умеренно-теплого климата в постоптимальную фазу александрийского межледниковья (a-igl-6 – МИС-11).

Экзотические и редковстречаемые растения распределены по возрастным стратиграфическим горизонтам следующим образом:

- сервечское ранне- и позднеледниковье – *Larix*, *Sequoia*, *Betula humilis*, *B. nana*;
- беловежское межледниковье – *Larix*, *Picea sect. Omorica*, *Abies*, *Tsuga*, *Nyssa*, *Plex*, *Tilia tomentosa*, *Betula humilis*, *B. nana*, *Alnaster*, *Selaginella selaginoides*;
- ишкольдское межледниковье – *Larix*, *Abies*, *Picea sect. Omorica*, *Tsuga*;
- александрийское межледниковье – *Larix*, *Abies*, *Picea sect. Omorica*, *Tilia tomentosa*, *Ephedra*, *Betula humilis*.

Макросукцессия палеофитоценозов на диаграмме скв. 4 представлена в следующем порядке:

(NAP+Pinus) → (NAP+Betula+B.кучм.)... → (Pinus+Alnus) → (Larix+Picea+Betula) → (Pinus+Q.m.+Cor)... → (Pinus+Alnus+Corylus+Carpinus) → (Pinus+Q.m.)... → (Pinus+Q.m.+Corylus) → (Betula+Alnus+Pinus) → (Pinus+Q.m.) → (Alnus+Corylus+Pinus) → (Abies+Pinus+Picea) → (Pinus+Picea) → (Betula+Alnus)... → (Pinus+Betula+Alnus) → (Pinus+Alnus+Picea) → (Pinus+Picea) → (Pinus+Betula+Alnus+Q.m.) → (Picea+Pinus+Q.m.+Abies) → (NAP+Betula+Alnus+Q.m.+Corylus).

Как видно из вышеописанного, разрез скв. 4 у д. Дробишки вскрыл 3 горизонта супесчаной морены (сервечский, березинский, еселевский), разделенных 3-мя межледниковыми горизонтами (беловежским, ишкольдским, александрийским) из слоев песка и супеси. При определении возраста отложений определяющим было палинологическое обоснование александрийского межледникового горизонта, залегающей под ним супеси моренной и ишкольдского межледникового горизонта, своеобразного как по составу спектров, так и находящегося в той же геологической позиции в скв. 127 у д. Ишкольд, выделенного ранее в виде самостоятельного межледникового [7]. Средняя часть разреза скв. 4 лишена растительных микрофоссилий и сопоставлена с березинским ледниковьем, а ее нижняя часть отвечает палинологической характеристике образований беловежского межледниковья, залегающего на сервечской морене, поздне- и раннеледниковых слоях этого же оледенения.

Завершающая данный разрез 32-метровая толща отложений, судя по профилю Г. И. Горецкого [8, рисунок 42, с. 92] в этом районе, накопилась в конце среднего гляциоплейстоцена – днепровское и сожское ледниковья (Q₂ dn...sz – МИС-8...МИС-6). При общей коррелятности описания стратиграфических горизонтов в скв. 4 [8, варианты I, II, III]), между ними имеются и некоторые различия в строении, составе и глубинах залегания пород (рисунок 1).

Развитие изучаемого района связано с историей формирования Лидской моренной равнины, представляющей собой в гляциоплейстоцене Лидскую ложбину ледникового выпахивания и размыва, геологическое строение которой имело свои отличия. По заключению Г. И. Горецкого [8] и данным палинологического анализа отложений в скв. 4 у д. Дробишки (рисунок 1), днище Лидской ледниковой ложбины выстилает нижнеберезинская (сервечская) морена, имеющая большую мощность (нередко более 40 м) и залегающая на низких отметках (минус 45–48 м), она врезается в песчаники протерозоя и в меловые породы на 25–40 м. В ней достаточно широко развиты осадки приледникового бассейна из ленточных глин, перекрытые супесями, суглинками и песками общей мощностью до 45–55 м. Лимногляциальные осадки раннеберезинского (сервечского) оледенения залегают на флювиогляциальных песках того же возраста.

Широкое распространение в Лидской ложбине имеет венедская свита погребенного аллювия (беловежское межледниковье), залегающая выше венедского гляциоаллювия. Ложе ее расположено на отметках 32–40 м (это на 78–80 м ниже межени Немана).

Морена окского (березинского) оледенения имеет значительную мощность (30 м) и перекрывается флювиогляциальными песчано-гравийными накоплениями и ленточными глинами мощностью 10–23 м, а отметки кровли этого оледенения поднимаются до 101 м.

К березинскому ледниковому комплексу образований прислонены озерно-аллювиальные среднеледниковые пески и озерно-старичные, а также озерные супеси лихвинского межледниковья (в нашей трактовке – ишкольдского и александрийского межледниковий, разделенных супесчаной мореной еселевского ледниковья).

Перекрывают их днепровская основная и днепровская потоковая морены и ленточные глины днепровского оледенения, а еще выше залегают потоковая сожская морена и супесчаная морена сожского оледенения, в свою очередь перекрытые аллювиальными и пригляциально-аллювиальными покровами позднего гляциоплейстоцена и голоцена.

Как видно, палинологические материалы исследований отложений в разрезе скв. 4 у д. Дробишки согласуются с представлениями Г. И. Горецкого о специфике и последовательности осадконакопления гляциоплейстоценовой толщи в районе Лидской ложбины ледникового выпахивания и размыва. Она отличается большой шириной, обильным развитием ленточных глин часто большой мощности, заполняющих лидскую ванну-западину и способствовавших явлению подпруживания в приледниковом Лидском бассейне, сохранением ишкольдских и беловежских межледниковых (ранее не охарактеризованных палинологически в этом районе), а также александрийских межледниковых отложений озерного и озерно-аллювиального типа только на отдельных участках палеогеографической арены прорыва Неманом Ивьевско-Моринско-Вселюбского выступа Белорусского кристаллического массива.

Таким образом, геологическое строение и последовательность напластований пород в Лидской ложбине ледникового выпахивания и размыва отражают проявление унаследованности в ее развитии как ванны-западины и обосновывают выделение специфического Лидского типа ледниковых ложбин подпруживания [8]. Нахождение в едином разрезе скв. 4 у д. Дробишки трех межледниковий делает его одним из важных в сохранении летописи природных событий для обоснования стратиграфии и палеогеографии природной среды на Лидском участке бассейна Немана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еловичева, Я. К. Эволюция природной среды антропогена Беларуси (по палинологическим данным) / Я. К. Еловичева. – Минск : Белсэнс, 2001. – 292 с.
2. Еловичева, Я. К. Корреляция природных событий четвертичного периода на основе климато-стратиграфических континентальных и океанических шкал северного полушария / Я. К. Еловичева // *Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований : материалы VI Всерос. совещ. по изучению четвертич. периода, Новосибирск, 19–23 окт. 2009 г.* – Новосибирск : РИЦ, 2009. – С. 202–205.
3. Еловичева, Я. К. Палинология Беларуси [Электронный ресурс] : монография : в 4 ч. / Я. К. Еловичева. – Минск : БГУ, 2018. – 831 с. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/212051>.
4. Еловичева, Я. К. Усложнение палеогеографии плейстоцена западной части Восточно-Европейской равнины / Я. К. Еловичева // *Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена и голоцена : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием «Марковские чтения 2020 года», Москва, 8–11 июня 2020 г.* – М. : МГУ, 2020. – С. 123–128.
5. Еловичева, Я. К. Геологические разрезы гляциоплейстоцена и голоцена Беларуси [Электронный ресурс] : монография : в 5 т. / Я. К. Еловичева, Е. Н. Дрозд. – Минск : БГУ, 2018. – Т. 1 : Бассейны Западного Буга и Нарева. – 109 с. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/207594>.
6. Еловичева, Я. К. Геологические разрезы гляциоплейстоцена и голоцена Беларуси [Электронный ресурс] : монография : в 5 т. / Я. К. Еловичева, Е. Н. Дрозд. – Минск : БГУ, 2020. – Т. 2 : Бассейн Западной Двины. – 306 с. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/247963>.
7. Еловичева, Я. К. Об усложнении стратиграфии среднего плейстоцена / Я. К. Еловичева, Г. К. Хурсевич // *Геологические исследования кайнозоя Белоруссии.* – Минск : Наука и техника, 1981. – С. 109–121.
8. Горецкий, Г. И. Особенности палеопотамологии ледниковых областей (на примере Белорусского Понеманья) / Г. И. Горецкий. – Минск : Наука и техника, 1980. – 288 с.

REFERENCES

1. Yelovichieva, Ya. K. Evoliucija prirodnoj sriedy antropogiena Bielarusi (po palinologichieskim naukam) / Ya. K. Yelovichieva. – Minsk : Bielsens, 2001. – 292 s.
2. Yelovichieva, Ya. K. Korreliacija prirodnykh sobytij chietviertichnogo pierioda na osnovie klimato-strstigrafichieskikh kontinental’nykh i okieanichieskikh shkal sieviernogo polusharija / Ya. K. Yelovichieva // Fundamental’nyje problimy kvartiera: itogi izuchienija i osnovnyje napravlienija dal’niejshikh issliedovanij : materialy VI Vsieros. sovieshchanija po izuchieniju chietviertich. pierioda, Novosibirsk, 19–23 okt. 2009 g. – Novosibirsk :RNC, 2009. – S. 202–205.
3. Yelovichieva, Ya. K. Palinologija Bielarusi [Elektronnyj riesurs] : monografija : v 4 ch. / Ya. K. Yelovichieva. – Minsk : BGU, 2018. – 831 s. – Riezhim dostupa: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/212051>.
4. Yelovichieva, Ya. K. Usloznenije palieogeografii pliejstocena zapadnoj chasti Wostочно-Jewropieiskoj rawniny / Ya. K. Yelovichieva // Aktual’nyje problimy palieogeo- grafii pliejstocena i golocena : materialy Wsieros. nauch. konf. s miezdunar. uchastijem «Markowskije chtienija 2020 goda», Moskwa, 8–11 ijunia 2020 g. – M. : MGU, 2020. – S. 123–128.
5. Yelovichieva, Ya. K. Geologichieskije razriezy glaciopliejstocena i golocena Bielarusi [Elektronnyj riesurs] : monografija : v 5 t. / Ya. K. Yelovichieva, Ye. N. Drozd. – Minsk : BGU, 2018. – T. 1 : Bassiejny Zapadnogo Buga i Narieva. – 109 s. – Riezhim dostupa: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/207594>.
6. Yelovichieva, Ya. K. Geologichieskije razriezy glaciopliejstocena i golocena Bielarusi [Elektronnyj riesurs] : monografija : v 5 t. / Ya. K. Yelovichieva, Ye. N. Drozd. – Minsk : BGU, 2020. – T. 2 : Bassiejn Zapadnoj Dviny. – 306 s. – Riezhim dostupa: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/247963>.
7. Yelovichieva, Ya. K. Ob usloznenii stratigrafii sriedniego pliejstocena / Ya. K. Yelovichieva, G. K. Hursievich // Geologichieskije issliedovanija kajnozoja Bielarusi. – Minsk : Nauka i tiekhnika, 1981. – S. 109–121.
8. Gorieckij, G. I. Osobiennosti palieopotamologii liednikovykh oblastiej (na primierie Bielorussskogo Ponioman’ja) / G. I. Gorieckij. – Minsk : Nauka i tiekhnika, 1980. – 288 s.

Рукапіс наступіў у рэдакцыю 10.10.2022

УДК 911.37 (476)

Геннадий Владимирович Ридевский

канд. геогр. наук, доц., зав. отделом социально-трудовых исследований
НИИ труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь

Henadzi Rydzeuski

PhD in Geographical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Social and Labor Research Research Institute of Labor
of Ministry of Labor and Social Protection of the Republic of Belarus

e-mail: ridgeo@yandex.ru

**ДАЗИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД В. П. СЕМЕНОВА-ТЯН-ШАНСКОГО
КАК СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ ДИССИПАТИВНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ
СТРУКТУР РАССЕЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Показана роль дазиметрического метода, разработанного В. П. Семеновым-Тян-Шанским в начале XX в., для выделения диссипативных (самоорганизующихся) пространственных структур расселения. Применение дазиметрического метода позволило выявить систему диссипативных пространственных структур современной Беларуси – сгущений населения, возникающих при тесном взаимодействии сельских или городских и сельских поселений друг с другом. К числу выделенных в Беларуси диссипативных пространственных структур расселения отнесены: сельско-городские и сельские континуумы, городские и сельские агломерации, городские конурбации. Абсолютное большинство пространственных структур, выделенных в Беларуси с помощью дазиметрического метода, выделены впервые и представляют собой новые объекты географического изучения. Это позволяет рассматривать дазиметрический метод как основной метод выделения диссипативных пространственных структур расселения при эмпирическом изучении значительных по площади территорий. С этих позиций дазиметрический метод может найти широкое применение для выявления, делимитации и изучения диссипативных пространственных структур разных стран и регионов, что важно для управления ими в целях полицентричного, устойчивого и инклюзивного пространственного развития.

Ключевые слова: дазиметрический метод, диссипативные пространственные структуры, сельско-городские континуумы, сельские континуумы, городские агломерации, сельские агломерации, городские конурбации, пространственное развитие.

***The Dazimetric Method of V. P. Semenov-Tyan-Shansky as a Way of Selecting
Dissipative Spatial Structures of Settlement on the Example of the Republic of Belarus***

The role of the dazimetric method, developed by V. P. Semenov-Tyan-Shansky at the beginning of the XX century, for selecting dissipative (self-organizing) spatial settlement structures is shown. The application of the dazimetric method made it possible to reveal a system of dissipative spatial structures of modern Belarus – population thickenings arising from close interaction of rural or urban and rural settlements with each other. The dissipative spatial settlement structures identified in Belarus include: rural-urban and rural continuums, urban and rural agglomerations, urban conurbations. The absolute majority of spatial structures identified in Belarus using the dazimetric method has been identified for the first time and represent new objects of geographical study. This makes it possible to consider the dazimetric method as the main method for identifying dissipative spatial settlement structures in the empirical study of significant territories. From these positions, the dazimetric method can be widely used to identify, delimit and study dissipative spatial structures of different countries and regions, which is important for their management for polycentric, sustainable and inclusive spatial development.

Key words: dazimetric method, dissipative spatial structures, rural-urban continuums, rural continuums, urban agglomerations, rural agglomerations, urban conurbations, spatial development.

Введение

Вениамин Петрович Семенов-Тян-Шанский (1870–1942) впервые предложил дазиметрический метод исследований в 1911 г. в докладе Императорскому географическому обществу о дазиметрической карте Европейской России [1]. Первая дазиметрическая карта была подготовлена В. П. Семеновым-Тян-Шанским в качестве приложения к его книге «Город и деревня Европейской России. Очерк по экономической географии» в 1910 г. [2]. При дазиметрическом методе (от греч. дазиметрия – «измерение густоты»)

от каждого поселения на определенном расстоянии от центра малого поселения или от границ большого выделялись пятна сгущения населения – дазиметричные ареалы. Такие ареалы часто накладывались друг на друга и образовывали пятна с высокой концентрацией населения и практически незаселенные территории. Развитие дазиметрических методов привело к расчетам плотности населения по выделенным дазиметричным ареалам. Это позволило получить реальную крупномасштабную картину размещения населения, что обеспечило популярность дазиметрических методов при картографировании населения в 20-е гг. XX в. в СССР и ряде европейских стран [3; 4].

Дазиметрический метод, например, активно использовал известный белорусский географ 20–30-х гг. XX в. Аркадий Антонович Смолич (1890–1937). В своей работе «Размяшчэньне насельніцтва па тэрыторыі Беларускае ССР», написанной в 1928 г. А. А. Смолич использовал методы дазиметрии [5]. С учетом размещения населения А. А. Смолич в 1929 г. опубликовал книгу по сельскохозяйственному районированию БССР [6]. За обе вышеназванные работы А. А. Смолич в 1930 г. получил от Русского географического общества малую золотую медаль [7].

К сожалению, в последующие годы дазиметрический метод исследований в СССР практически вышел из употребления, поскольку он требует больших массивов достоверной и открытой статистической информации, получение которой стало невозможно в условиях нарастающей закрытости детальной статистической информации, что имело место в 30-х и последующие годы существования СССР. Возрождение интереса к дазиметрическим методам картографирования населения произошло в 60–70-х гг. XX в. и, по мнению М. П. Поляна, метод имеет большие перспективы в век информационных технологий [1].

За истекшие десятилетия дазиметрический метод нашел практическое применение только при картографировании размещения населения, а между тем у данного метода огромный потенциал для выделения диссипативных, т. е. самоорганизующихся пространственных структур, которые реально существуют и должны быть объектами не только научного изучения, но и управления. Исследование диссипативных пространственных структур позволяет установить пространственные закономерности их развития, что важно для оптимизации управления пространственным развитием.

Материалы и методика исследования.

В отличие от институциональных пространственных структур расселения, к которым можно отнести городские и сельские поселения, а также единицы административно-территориального деления разного иерархического уровня, диссипативные пространственные структуры – это интегрированные пространственные структуры, состоящие из взаимосвязанных городских и сельских поселений или сельских поселений, которые «не считаются» с административными границами, по крайней мере на высших иерархических уровнях. Такими пространственными структурами являются сельско-городские континуумы (СГК) и сельские континуумы (СК), городские агломерации (ГА) и сельские агломерации (СА), городские конурбации (ГК) и социально-эколого-экономические районы (СЭЭР). Важным условием выделения диссипативных пространственных структур является наличие точной и по возможности детальной информации о размещении населения в разрезе городских и сельских поселений, единиц административно-территориального деления всех иерархических уровней. Такие данные может обеспечить только перепись населения. Последняя перепись прошла в Беларуси в 2019 г., и ее данные использованы для проведения настоящего исследования.

Элементарными пространственными структурами самоорганизации населения являются СГК и СК.

СГК состоят из одного городского и системы сельских поселений. СК включают в свой состав только сельские поселения. В СГК и СК обязательно наличие центра и периферийных зависимых поселений. В СГК центр – городское поселение, в СК – наиболее значительное по населению сельское поселение. Центры всех континуумов – главные организаторы хозяйственной и социальной жизни СГК и СК.

Для выявления СГК и СК может использоваться расстояние между поселениями. Расстояние между поселениями – косвенный индикатор плотности их связей. Размеры ареала пригородной зоны СГК при этом зависят от численности населения городского центра. Людность городского центра – определяющий фактор интенсивности движения транспорта между поселениями, привлекательности центра для населения окружающих территорий, размера пассажиропотока. При населении до 50 тыс. человек граница пригородного ареала удалена от центра примерно на 15 км, от 50 до 100 тыс. человек – на 20 км, 100–300 – на 25 км, 300–1000 – на 35 км, более 1 млн – до 50 км. Эти данные получены эмпирическим путем в процессе исследований многих авторов, и их следует считать примерными. В зависимости от конкретной сети населенных пунктов на территории вышеназванные параметры могут быть увеличены на 10–25 %.

Если в пригородной зоне значимого городского центра существует другое городское поселение или одно из сельских поселений достигает городского статуса, то такие поселения формируют самостоятельные СГК с собственными субурбиями. Подобные СГК имеют тесные связи с материнским городским центром, формируя с последним городскую агломерацию.

Композиция пригородного ареала, т. е. его форма, зависит от положения транспортных коммуникаций, географического положения (приморское или приозерное), физико-географических условий местности (рельеф, лесные и болотные массивы, значимые реки).

В Беларуси с достаточно густой сетью первичных единиц административно-территориального деления (АТД), т. е. сельских, поселковых и городских советов, для выявления границ СГК могут быть использованы данные о транспортной доступности центров сельсоветов к соответствующим городским поселениям. Если центр сельсовета расположен в пределах зон транспортной доступности, то весь сельский совет следует включать в состав СГК.

Учитывая перечисленные выше факторы, на территории могут быть выявлены дазиареалы, представляющие собой диссипативные пространственные структуры, ограниченные изодазами, – линиями удаленности поселений друг от друга с учетом расстояния между ними, людности взаимодействующих поселений, физико-географическими и экономико-географическими особенностями местности, в т. ч. наличием путей сообщения, статусом поселений (городское или сельское) и их административными функциями.

В качестве альтернативы для выделения пространственных структур дазиметрическим методом используют хронометрический метод, основанный на выделении пространственных структур, в основном городских агломераций (ГА), на основе изохрон – линий одинаковых затрат времени для достижения тех или иных поселений. На наш взгляд, хронометрический метод способен дать менее точные результаты, поскольку основан только на учете двух параметров – расстояний и затрат времени на их пересечение, отбрасывая людность поселений – важнейший индикатор интенсивности связей между поселениями – и не учитывая особенности физико-географического и экономико-географического положения отдельных поселений.

Вероятно, используя другие методы, например интенсивность маятниковых поездок населения между поселениями, можно получить более точные данные для делимитации границ диссипативных пространственных структур расселения, но «ковровое», т. е. сплошное исследование таких структур иными методами, сегодня вряд ли возможно,

поскольку требует больших финансовых и временных затрат. Последнее делает дазиметрический метод определяющим для получения достаточно репрезентативных научных результатов по выявлению и делимитации диссипативных пространственных структур не только элементарного, но и более высоких иерархических уровней.

СГК и СК могут существовать обособленно, а могут образовывать городские и сельские агломерации. Городские и сельские агломерации – более высокий уровень интеграции пространственных структур.

Для выделения ГА на основе эмпирических исследований были выбраны два основных критерия:

1. Наличие двух и более взаимодействующих городских поселений (СГК), одно из которых можно рассматривать как ядро ГА, а второе (все остальные) – как города-спутники.

2. Расстояние между ядром агломерации и городами-спутниками. Предельное расстояние между ядром и городами-спутниками определялось численностью населения главного города агломерации. Если в ядре агломерации проживает до 50 тыс. человек, максимальное расстояние между ядром агломерации и городами-спутниками принято за 15 км, при численности населения в ядре от 50 до 100 тыс. человек – 20 км, при численности населения в ядре от 100 до 300 тыс. человек – 25 км, от 300 до 1000 тыс. человек – 35 км, при численности населения в ядре более 1 млн человек максимальное расстояние между центром и спутниками принято за 50 км.

При выделении ГА расстояния между ядром агломерации и городами-спутниками принимались такими же, как и для выделения СГК, но тестировались расстояния между городом-ядром и его спутниками, а не между городскими поселениями и центрами низовых единиц АТД. На практике это означает, что ГА – пространство, доступное для сохранения суточного ритма трудовой активности и жизнедеятельности жителей (хотя есть и другие точки зрения). Иногда ГА называют пространством, в котором осуществляется недельный ритм трудовой активности и жизнедеятельности населения [8, с. 329]. На наш взгляд, это неоправданное расширение границ ГА, хотя подобные пространственные структуры также существуют, но они находятся на другом пространственном уровне и развиваются не в результате агломерационных процессов, а в результате процессов конгломерирования.

Процессы конгломерирования (от лат. *conglomeratio* – «собираение», «стягивание») – скопление объектов в одно целое, при котором они сохраняют свои черты и свойства. По отношению к СГК и ГА процессы конгломерирования формируют городские конурбации (ГК) – системы расселения, включающие сохраняющие свою целостность и особость СГК и ГА, непосредственно контактирующие друг с другом. Именно такой смысл придавал термину «городская конурбация» автор этого понятия шотландский социолог и урбанист Патрик Геддес в своей монографии «Города и эволюция», опубликованной в 1915 г. [9].

Взаимодействие СГК в границах ГК происходит на расстоянии удвоенного радиуса пригородных зон их центров. Другими словами, если в центрах двух контактирующих СГК проживает до 50 тыс. человек, предельное расстояние между их центрами достигает 30 км (радиус зоны тяготения одного центра – около 15 км). При взаимодействии двух СГК в центре одного из которых проживает более 100 тыс. жителей, а другого от 50 до 100 тыс. жителей, – максимальное расстояние между контактирующими СГК расширяется до 45 км, поскольку пригородная зона первого СГК распространяется на расстояние до 25 км, второго – до 20 км. В условиях ГК, когда заканчивается пригородная зона одного городского подчинения, сразу же начинается пригородная зона другого.

В результате ГК – это достаточно обширный по охвату территории город-регион, в пределах которого возможно взаимопересечение зон пространственного тяготения городских центров или их непосредственное контактирование.

Иногда под понятием ГК понимается полицентричная ГА или ГК рассматривается в качестве синонима понятия «городская агломерация». И первое, и второе не совсем верно, поскольку формирование ГК – это более высокая степень пространственной интеграции, чем образование простых интегрированных структур – СГК или СК, и сложных интегрированных структур – ГА и СА. От уровня пространственной интеграции и населенности пространственных структур зависит уровень их взаимодействия. Максимальный уровень связей между поселениями отмечается в СГК и СК, он ослабевает от СГК к ГА и СА и еще более ослабевает от ГА и СГК к ГК, при этом контактирующие СГК и ГА полностью сохраняют свою самостоятельность.

Результаты исследования и их обсуждение

На момент переписи населения 2019 г. в Беларуси существовало 200 городских поселений, что позволило выделить в Беларуси 200 СГК. Во всех СГК страны было сосредоточено 100 % городского, 79,5 % сельского и 95,4 % всего населения Беларуси. В состав СГК непосредственно входят: одна единица АТД субнационального уровня (г. Минск), 10 единиц АТД базового уровня – городов областного подчинения (Новополоцк, Витебск, Могилев, Бобруйск, Жодино, Гомель, Гродно, Брест, Барановичи, Пинск) и 838 единиц первичного уровня. К последним отнесены 14 городских советов (их возглавляют города, не являющиеся центрами административных районов), 8 поселковых советов и 815 сельских советов (58 из них возглавляют городские поселки).

СГК Беларуси очень различны по численности населения и роли в развитии страны. Если в крупнейшем по численности населения Минском СГК проживает 2 239,3 тыс. человек, то в наименьшем – Зеленоборском – проживает всего 1,2 тыс. человек. Многие СГК расположены полностью или частично на территории нескольких административных районов, а некоторые частично расположены в областях, вне той области, в которой расположен их городской центр.

335 не входящих в состав СГК первичных единиц АТД отнесены к СК, не испытывающим непосредственного влияния городских центров. СК концентрируют 20,5 % всех сельских жителей Беларуси, что составляет 4,6 % всего населения страны. В среднем в одном СК проживало около 1,3 тыс. человек.

В Республике Беларусь с учетом данных переписи населения 2019 г. выделены 21 ГА. Все ГА в 2019 г. концентрировали 65,6 % населения Беларуси, в т. ч. 72,8 % городского и 41 % сельского. В состав ГА входили 63 городских поселения (21 городское поселение – ядро агломерации и 42 города-спутника). Агломерирование охватило 31,5 % всех городских поселений Беларуси, в состав городских агломераций вошли 26,3 % всех первичных единиц АТД. В крупнейшей в стране Минской ГА проживало 2 468,6 тыс. человек, входило 11 городских поселений, и она занимала всю центральную часть Минской области.

СА могут возникать в границах СГК или включать СК, развивающиеся вне зон непосредственного влияния городских поселений. Первую группу СА можно назвать пригородными СА. Центры большинства СА современной Беларуси в основном возглавляют сельские советы и имеют статус агрогородков. Для выявления каждого из двух типов СА были использованы методы дазиметрии.

По притягательности для сельского населения центры СА, будучи сами сельскими населенными пунктами, не могут конкурировать с городскими центрами СГК, в силу этого СА всегда смещаются на периферию СГК. При этом центр СА непосред-

ственно тяготеет к городскому центру соответствующего СГК, а некоторые сельские поселения такой СА, расположенные достаточно далеко от центра СГК, т. е. на расстоянии более 15–50 км, непосредственно тяготеют к центру СА. Находясь на периферии СГК, СА этого типа способствуют расширению зон СГК за счет подобных сельских поселений. В состав СА этого типа могут включаться сельские советы, центры которых расположены на расстоянии до 15 км друг от друга, а в качестве центра (центров) СА могут приниматься наиболее значимые по населению сельские поселения.

СА второго типа состоят из агломерированных СК, тесно взаимодействующих друг с другом. Условно к СА можно отнести сельские советы, возглавляемые сельскими поселениями, центры которых расположены на расстоянии до 15 км друг от друга.

В границах СГК Беларуси в 2019 г. выделены 29 СА с населением около 102,4 тыс. человек. Это всего 6,1 % сельского и 1,1 % всего населения СГК страны, т. е. их роль в развитии сельской местности и в целом пригородных зон СГК невелика.

СА, расположенные вне СГК, т. е. формируемые агломерированными СК, наоборот весьма значимы для социально-экономического развития сельской местности за пределами СГК.

По переписи 2019 г. выделено 53 самостоятельных, т. е. расположенных вне СГК, СА. Эти агломерации концентрируют 160,4 тыс. человек, что составляет 37,0 % всего сельского населения, проживающего вне СГК. Средний размер СА превышает 3 тыс. человек СА, расположенные вне СГК, почти в 2,4 раза более населены, чем СК, не охваченные процессами агломерирования.

26 ГК, выделенных в Беларуси по данным переписи населения 2019 г., концентрировали до 90,5 % всего населения страны, 95,8 % горожан и 72,1 % сельских жителей. ГК объединили 62,8 % всех единиц АТД первичного уровня и 82,5 % всех городских поселений, 19 из 21 ГА страны.

Среди крупнейших ГК Столичная, или Центрально-Белорусская ГК, формирующаяся на основе самой большой в Беларуси Минской ГА и самого большого Минского СГК, являющегося ее ядром. Кроме Минской ГА, в состав Центрально-Белорусской ГК входят Молодечненская и Борисовско-Жодинская ГА и примыкающие к ним СГК. Население Центрально-Белорусской ГК составляет 3020,8 тыс. человек, в т. ч. 2 571,5 тыс. горожан и 449,3 тыс. сельских жителей. Всего в конурбации сосредоточено около 1/3 всего населения Беларуси. Центрально-Белорусская ГК занимает всю центральную часть Минской области и частично заходит на территорию Сморгонского района Гродненской области. 24 СГК, входящих в состав Центрально-Белорусской ГК (а это 12,0 % всех городских поселений страны), расположены на территории 12 административных районов.

Из 26 ГК Беларуси 15 крупнейших формируют каркас пространственной организации страны – 15 социально-эколого-экономических районов (СЭЭР) – самых больших по охвату территории диссипативных пространственных структур современной Беларуси, впервые выделенных в 2003 г. на основе оценки сбалансированности ресурсного потенциала входящих в их состав административных районов [10]. Оценка пространственных структур расселения от уровня отдельных поселений до ГК привела к такому же результату, что позволяет более обоснованно рассматривать СЭЭР или близкие к ним по охвату территории в качестве основных объектов региональной политики, направленной на достижение полицентричного, устойчивого и инклюзивного пространственного развития.

Заключение

Дазиметрический метод позволил, абстрагировавшись от официального АТД, полнее оценить связь размещения населения Беларуси с природными и экономическими условиями, выявить на основе «коврового» эмпирического изучения страны сотни новых

объектов географического изучения – диссипативных пространственных структур разного иерархического уровня, т. е. иначе взглянуть на, казалось бы, известное пространство белорусского государства – заложить основы новой социально-экономической географии Беларуси.

Выявление, делимитация и изучение диссипативных пространственных структур (СГК, СК, ГА, СА и ГК) как новых географических объектов ставит задачу управления ими, что, очевидно, способно повысить эффективность регионального развития страны и переход Беларуси к полицентричному, устойчивому и инклюзивному пространственному развитию.

На основе последовательного сближения институциональных и диссипативных пространственных структур видятся и дальнейшие пути модернизации АТД Беларуси.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полян, П. М. Возрождение через столетие? Дазиметрические карты В. П. Семенова-Тян-Шанского и их перспективы в информационном поле XXI в. / П. М. Полян // Территориальные структуры – урбанизация – расселение: теоретические подходы и методы изучения. – М. : Новый хронограф, 2014. – С. 144–164.

2. Семенов-Тян-Шанский, В. П. Город и деревня Европейской России. Очерк экономической географии / В. П. Семенов-Тян-Шанский // Зап. ИРГО. – Т. 10, вып. 2. – СПб., 1910. – 212 с.

3. Полян, П. М. Вениамин Петрович Семенов-Тян-Шанский: 1870–1942 / П. М. Полян. – М. : Наука, 1989. – 128 с.

4. Pomer, E. Geograficzno-statystyczny Atlas Polski / E. Pomer. – Kraków ; Warszawa, 1916. – 68 s.

5. Смоліч, А. А. Размяшчэнне насельніцтва па тэрыторыі Беларускае ССР / А. А. Смоліч // Матэрыялы да геаграфіі і статыстыкі Беларусі : у 2 т. – Мінск : Ін-т беларус. культуры. Аддз. прыроды і нар. гаспадаркі, 1928. – Т. 2. – С. 1–35.

6. Смоліч, А. А. Сельскагаспадарчыя раёны БССР у 1927–1928 гг. Папярэдняя схема і метадалагічныя ўвагі / А. А. Смоліч. – Мінск, 1929. – 137 с.

7. Болатаў, А. М. Ахвяруючы сябе Бацькаўшчыне: Аркадзь Смоліч / А. М. Болатаў, Г. У. Рыздзёўскі. – Мінск : Тэхналогія, 1999. – 62 с.

8. Полян, П. М. Интегрированное расселение и городская агломерация / П. М. Полян // Территориальные структуры – урбанизация – расселение: теоретические подходы и методы изучения. – М. : Новый хронограф, 2014. – С. 327–332.

9. Geddes, P. Cities in evolution: an introduction to the town planning movement and to the study of civics / P. Geddes. – London, 1915. – IX. – 409 p.

10. Ридевский, Г. В. Социально-эколого-экономическое районирование Республики Беларусь / Г. В. Ридевский // Восточная Европа: вопросы исторической, общественной и политической географии : сб. науч. ст. – Псков : Изд-во ПГПИ, 2003. – С. 87–96.

REFERENCES

1. Polian, P. M. Vozrozhdenije chieriez stolietije? Dazimetričieskije karty V. P. Siemionova-Tian-Shanskogo i ikh pierspiektivy v informacionnom polie XXI v. / P. M. Polian // Tieritorial'nyje struktury – urbanizacija – rassielienije: teorietichieskije podkhody i mietody izuchieniia. – M. : Novyj khronograf, 2014. – S. 144–164.

2. Siemionov-Tian-Shanskij, V. P. Gorod i dierievnia Jvropiejskoj Rossii. Ochierk ekonomichieskoj gieografii / V. P. Siemionov-Tian-Shanskij // Zap. IRGO. – T. 10, vyp. 2. – SPb., 1910. – 212 s.

3. Polian, P. M. Vieniamin Pietrovich Siemionov-Tian-Shanskij: 1870–1942 / P. M. Polian. – M. : Nauka, 1989. – 128 s.
4. Pomer, E. Geograficzno-statystyczny Atlas Polski / E. Pomer. – Kraków ; Warszawa, 1916. – 68 s.
5. Smolich, A. A. Raz'miashchen'ne nasiel'nictva pa terytoryi Bielaruskaje SSR / A. A. Smolich // Materyjaly da hieahrafii i statystyki Bielarusi : u 2 t. – Minsk : In-t bielarus. kul'tury. Addz. pryrody i nar. haspadarki, 1928. – T. 2. – S. 1–35.
6. Smolich, A. A. Siel'skahaspadarchyja rajony BSSR u 1927–1928 hh. Papiaredniaja skhiema i mietadalahichnyja uvahi / A. A. Smolich. – Minsk, 1929. – 137 s.
7. Bolatau, A. M. Akhviarujuchy siabie Bac'kaushchynie: Arkadz' Smolich / A. M. Bolatau, H. V. Rydzieuski. – Minsk : Tekhnalohija. – 1999. – 62 s.
8. Polian, P. M. Integrirovannoje rassielienije i gorodskaja aglomeracija / P. M. Polyan // Tierritorial'nyje struktury – urbanizacija – rassielienije: tieoretichieskije podkhody i mietody izuchienija. – M. : Novyj khronograf, 2014. – S. 327–332.
9. Geddes, P. Cities in evolution: an introduction to the town planning movement and to the study of civics / P. Geddes. – London, 1915. – IX. – 409 p.
10. Ridievskij, G. V. Social'no-ekologo-ekonomichieskoje rajonirovanije Riespubliki Bielarus' / G. V. Ridievskij // Vostochnaja Jvropa: voprosy istorichieskoj, obshchestviennoj i politichieskoj gieografii : sb. nauch. st. – Pskov : Izd-vo PGPI, 2003. – S.87–96.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 08.08.2022

УДК 551.583.7:551.79:561 [476.2]

Татьяна Борисовна Рылова*д-р геол.-минерал. наук, доц., гл. науч. сотрудник лаборатории современной геодинамики и палеогеографии Института природопользования НАН Беларуси***Tatyana Rylova***D. Sc. in Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of Laboratory of Modern Geodynamics and Paleogeography of Institute for Nature management of the National Academy of Sciences of Belarus**e-mail: rylova_tatyana18@mail.ru*

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА ВЕРХНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЛИЗ Г. ОСТРОВЕЦ

Представлены результаты палинологических исследований разреза верхнеплейстоценовых отложений, вскрытых расчисткой в карьере у г. Островец в Гродненской области. Палинологическими данными доказано, что изученные отложения имеют верхнеплейстоценовый возраст. Их формирование происходило на протяжении заключительной фазы климатического оптимума и завершающих фаз муравинского межледникового, а также в начальных фазах поозерской ледниковой эпохи. Выполнены реконструкции растительности и палеоклиматических условий для указанного промежутка времени на территории исследований.

Ключевые слова: *палинологический анализ, палиностратиграфия, растительность, палеоклимат, муравинское межледниковье, поозерское раннеледниковье.*

Palynological Characteristics of the Upper Pleistocene Deposits into the Section Near the Town of Ostrovets

The results of palynological studies of Pleistocene deposits exposed in a quarry near the town of Ostrovets in the Grodno region are presented. Palynological data proved that these deposits are of Upper Pleistocene age. They were forming during the last phase of the climatic optimum and the final phases of the Muravian interglacial, the initial phases of the Poozerian ice age. Vegetation and paleoclimatic conditions for the corresponding period in the study area were reconstructed.

Key words: *palynological analysis, palynostratigraphy, vegetation, paleoclimate, Muravian interglacial, Poozerian Early Glacial.*

Введение

Летом 2020 г. геологами Слуцкой геологоразведочной партии Государственного предприятия «НПЦ по геологии» были обнаружены выходы органогенных плейстоценовых отложений в песчано-гравийном карьере у г. Островец Гродненской области. Он расположен в пределах Ошмянских краевых гряд [1].

Данное обнажение неоднократно посещали сотрудники и студенты БГУ, которыми выполнено его детальное описание по расчистке, заложенной в центральной части линзы [2]. Здесь вскрыта наибольшая мощность органогенных плейстоценовых отложений, представленных в нижней части торфом темно-коричневым, плотным, листоватым, переходящим постепенно в вышележащую супесь темно-коричневую, торфянистую, горизонтальнослоистую [2]. Из этих отложений были отобраны пробы для палеокарпологического и палинологического анализов с целью установления возраста флороносной толщи и выяснения условий ее формирования.

Материал и методы исследования

Методом спорово-пыльцевого анализа были изучены 15 образцов из отложений, представленных торфом (глубина – 2,80–3,20 м) и супесью торфянистой, горизонтальнослоистой (глубина – 2,45–2,80 м). Полученная в результате выполненных палинологических исследований спорово-пыльцевая диаграмма (рисунок 1) построена с использованием программы POLPAL [3]. Вычисление процентного содержания пылицы каждого

таксона древесных, кустарниковых и травянистых наземных растений производилось от суммы AP + NAP (AP – arborum pollen; NAP – non-arborum pollen), а таксонов водных растений и спор – от суммы AP + NAP + подсчитываемый таксон.

На спорово-пыльцевой диаграмме выделены пять локальных пыльцевых зон, которые сопоставлены с соответствующими региональными зонами в составе муравинского и поозерского горизонтов верхнего плейстоцена Беларуси [4; 5].

Таксономический состав спектров пыльцевых зон и количественное содержание пыльцы важнейших таксонов в каждой зоне послужили основой для выявления особенностей развития растительности в исследуемом регионе на протяжении изученного интервала верхнего плейстоцена.

Реконструкции температурных параметров для выявленных фаз развития растительности выполнены с применением метода «климатических ареалов», основой которого является таксономический состав лесообразующих пород [6–9].

Результаты и их обсуждение

На спорово-пыльцевой диаграмме, построенной по результатам исследований, выделены 5 локальных пыльцевых зон: Ostr-1 – Ostr-5 L PAZ (Ostr – Островец) (рисунок 1).

Ostr-1 L PAZ (глубина – 3,03–3,15 м) – в составе спектров абсолютное господство принадлежит пыльце древесных пород (AP – arboreal pollen) – до 99 %, пыльцевые зерна травянистых растений (NAP – non-arboreal pollen) составляют не более 1–2,2 %. Данная зона выделяется по значительному преобладанию в составе спорово-пыльцевых спектров пыльцы *Carpinus* (*Carpinus betulus* L, реже *Carpinus orientalis* Mill.) – до 53,6 % и существенному участию пыльцы *Picea abies* (L.) Karst. – до 36,1 %. Значительное содержание пыльцы *Picea abies* сближает рассматриваемый разрез с близко расположенными литовскими разрезами Мядининкай и Гайдунай (до 35 и 40 % в соответствующей пыльцевой зоне), но отличает от большинства белорусских разрезов, расположенных южнее (Тимошковичи – до 14,2 %, Богатыревичи – до 18 %) [10–12]. Постоянно присутствуют пыльцевые зерна *Corylus avellana* L., изредка *Corylus colurna* L. – до 14 % и *Alnus* (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *A. incana* (L.) Moench) – до 14,8 %. Содержание пыльцы термофильных пород, таких как *Tilia* (*Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop.), *Ulmus* (*Ulmus laevis* Pall., *U. minor* Mill.), *Quercus* (*Quercus robur* L.) не превышает 1–1,3 %. Пыльцевые зерна *Acer* (*Acer platanoides* L., *A. tataricum* L.) и *Fraxinus* (*Fraxinus excelsior* L.) представлены единично. Пыльца *Pinus sylvestris* L. и *Betula* (*B. pubescens* Ehrh., *B. pendula* Roth.) встречается в незначительном количестве – 2,5–3,2 %, лишь в самой верхней пробе содержание *Betula* составляет 10 %. Единично отмечена пыльца *Viscum album* L. В отличие от западных разрезов, расположенных южнее, не обнаружена пыльца *Abies alba* L. и *Hedera helix* L., присутствующая там в небольшом количестве в составе спектров данной зоны [12].

Пыльца травянистых растений (Cyperaceae, Apiaceae, Poaceae, *Artemisia*) единична. Среди спор доминируют представители рода *Sphagnum* – до 38,5 %, изредка присутствуют споры Polypodiaceae, *Osmunda*, *Lycopodium clavatum* L., *Hypnum*, Bryales.

Приведенный состав спектров отвечает региональной пыльцевой зоне **mr 7** *Carpinus–Picea* муравинского межледниковья плейстоцена Беларуси и отражает заключительную фазу климатического оптимума, которая соответствует распространению грабовых (граб обыкновенный, изредка граб восточный), а также елово-грабовых и грабово-еловых лесов со значительной ролью ели европейской, с участием лещины обыкновенной, изредка лещины древовидной, небольшой примесью липы сердцевидной, липы крупнолистной, вяза гладкого и вяза полевого, дуба черешчатого, клена платановидного, клена татарского, ясеня высокого. Наиболее увлажненные участки рельефа занимали ольшаники.

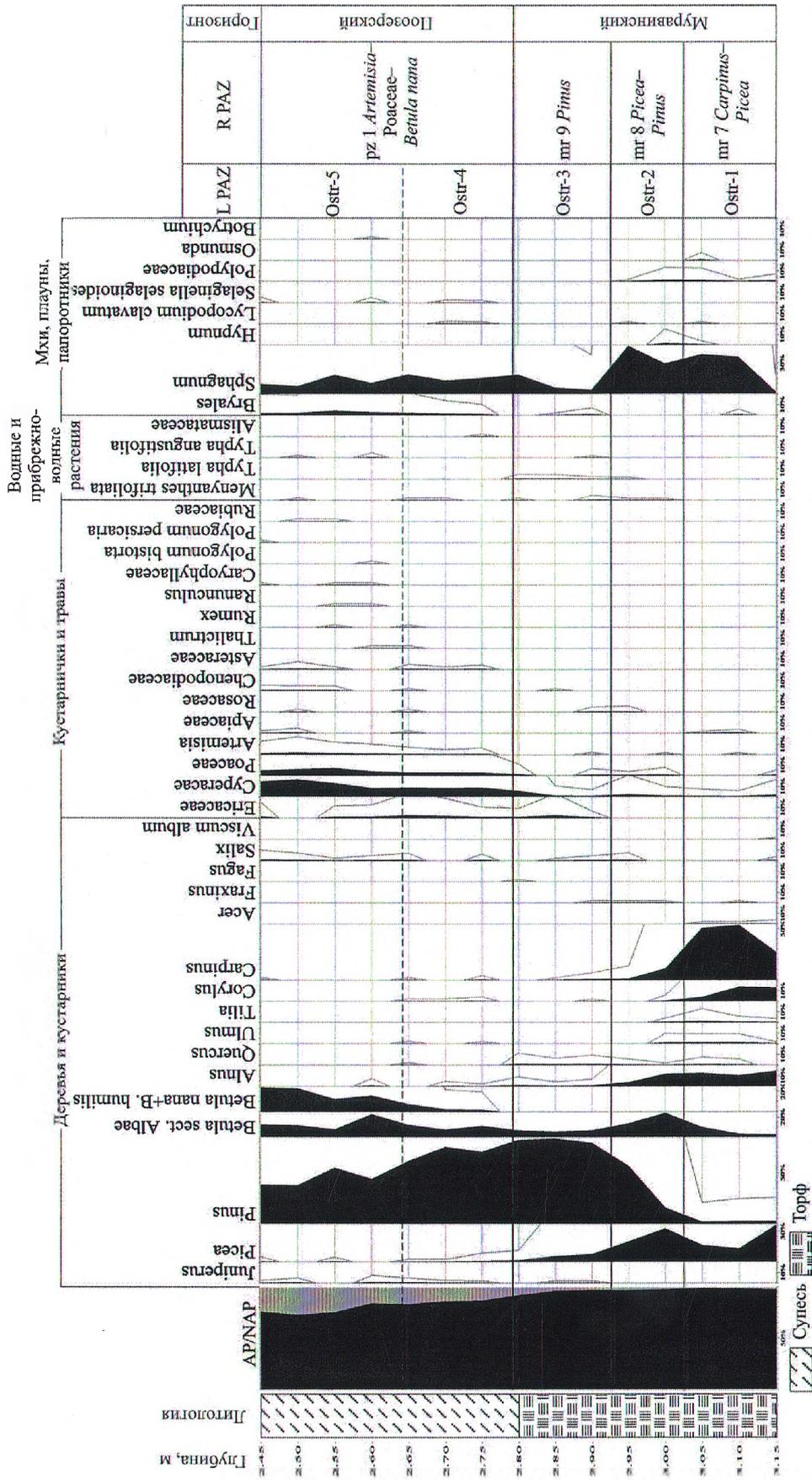


Рисунок 1 – Спорово-пыльцевая диаграмма верхнеплейстоценовых отложений, вскрытых в карьере у г. Островец

Данные о таксономическом составе пыльцы древесных и кустарниковых пород позволили выполнить реконструкцию палеотемпературных параметров для рассмотренной фазы развития растительности (рисунок 2). В результате получены диапазоны летних и зимних температур: $t^{\circ}_{VII} = +17^{\circ} \dots +20,5^{\circ} \text{C}$, $t^{\circ}_I = -5^{\circ} \dots +0,5^{\circ} \text{C}$, которые аналогичны полученным ранее для соответствующей фазы мяркинского межледниковья на приграничной территории Литвы [11]. Эти данные показывают, что средняя температура самого теплого месяца в это время составляла около $+18,75^{\circ} \text{C}$, что на $1,5^{\circ} \text{C}$ превышает среднюю июльскую температуру ($+17,25^{\circ} \text{C}$) на территории региона в настоящее время [13]. Средняя январская температура (около $-2,25^{\circ} \text{C}$) была выше современной ($-4,5^{\circ} \text{C}$) примерно на $2,25^{\circ} \text{C}$. Сравнение этих показателей с данными, полученными для этой же фазы на основании палинологических исследований разрезов Понемунь, Комотово, Богатыревичи, Тимошковичи и др., расположенными в западной части Беларуси, но южнее ($t^{\circ}_{VII} = +17^{\circ} \dots +20,5^{\circ} \text{C}$, $t^{\circ}_I = -4^{\circ} \dots +0,5^{\circ} \text{C}$) [12], указывает на несколько более низкие зимние температуры в районе исследований в рассматриваемой фазе межледниковья.

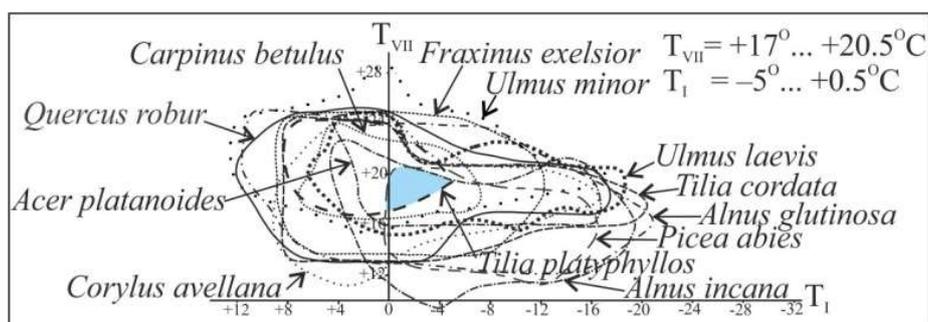


Рисунок 2 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы m7 Carpinus–Picea муравинского межледниковья по данным палинологических исследований разреза Островец

Ostr-2 L PAZ (глубина – 2,92–3,03 м) – в составе спектров по-прежнему доминирует пыльца древесных пород – до 98 %, незначительным количеством представлена пыльца травянистых растений – до 3 %. Характерно резкое снижение содержания пыльцы *Carpinus* (с 11 % в нижней части зоны до 1,4 % – в верхней), преобладание пыльцы *Pinus sylvestris* – до 56,5 % и *Picea abies* – до 33 %. В меньшем количестве содержится пыльца *Betula* (*B. pubescens*, *B. pendula.*) – до 24 % и *Alnus* (*Alnus glutinosa*, *A. incana*) – до 12 %. Пыльцевые зерна *Corylus avellana*, *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Tilia cordata*, *Fraxinus excelsior* представлены изредка (0,2–1 %).

Пыльца травянистых растений (*Cyperaceae*, *Poaceae*, *Artemisia*, *Rosaceae*) единична. Из пыльцы водно-болотных трав отмечены *Menyanthes trifoliata* L. и *Typha latifolia* L. Среди спор, как и в предыдущей зоне, доминирует *Sphagnum* – до 46,8 %, реже присутствуют споры *Polypodiaceae*, *Lycopodium clavatum*, *Hypnum*.

Выявленный состав спектров соответствует региональной пыльцевой зоне **m8 Picea–Pinus** муравинского межледниковья, во время формирования которой были распространены хвойные еловые и сосново-еловые леса с примесью граба, ольхи и незначительным участием других древесных пород. Данная фаза развития растительности является одной из заключительных фаз межледниковья.

Изменения, произошедшие в составе лесной растительности, указывают на снижение теплообеспеченности территории. Для этого времени получены более низкие показатели палеотемператур: $t^{\circ}_{VII} = +16,5 \dots +20,5^{\circ} \text{C}$, $t^{\circ}_I = -7^{\circ} \dots +0,5^{\circ} \text{C}$ (рисунок 3), т. е. средняя июльская температура ($+18,5^{\circ} \text{C}$) примерно на $1,25^{\circ} \text{C}$ превышала среднюю современную температуру июля на территории исследований; средняя январская ($-3,25^{\circ} \text{C}$)

была выше современной на 1,25 °С. Эти показатели аналогичны таковым, полученным ранее для северо-западной Беларуси и приграничной территории Литвы [11; 12].

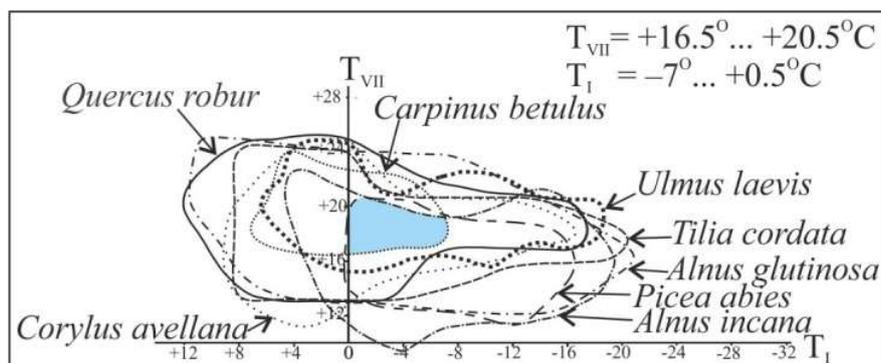


Рисунок 3 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы *m8 Picea–Pinus–Carpinus* муравинского межледниковья по данным палинологических исследований разреза Островец

Ostr 3 L PAZ (глубина – 2,80–2,92 м) – в общем составе спектров отмечается небольшое возрастание содержания пыльцы травянистых растений (NAP) – до 7,7 % и снижение AP (пыльцы древесных пород) до 92,3 %. Зона выделяется по выразительному максимуму пыльцы *Pinus sylvestris* (до 83,7 %) и значительному сокращению участия пыльцы *Picea abies* – до 1,2 % в верхней части зоны. Содержание пыльцы *Betula* (*Betula pendula*, *B. pubescens*) не превышает 6,8 %. Пыльца термофильных пород (*Quercus*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Corylus*) отмечена в незначительном количестве. Кустарники представлены пыльцой *Juniperus communis* L. и *Salix*.

Среди пыльцы травянистых растений, роль которой по-прежнему незначительна, несколько возрастает содержание Сурепaceae – до 5,6 %, и появляется пыльца Ericaceae (*Calluna vulgaris* L., реже *Ledum palustre* L.) – до 2,4 %. Водные и прибрежно-водные растения представлены пыльцой Alismataceae, Typhaceae (*Typha angustifolia*, *T. latifolia*), *Menyanthes trifoliata*. Количество спор *Sphagnum* сократилось до 3,8–18,8 %.

Состав спектров данной пыльцевой зоны отвечает заключительной региональной пыльцевой зоне **m9 Pinus** муравинского межледниковья и указывает на распространение в районе исследований хвойных лесов из сосны обыкновенной с участием ели европейской. Небольшую примесь составляли береза пушистая и бородавчатая, ольха черная и ольха серая. Некоторое возрастание роли травянистых растений свидетельствует о дальнейшем похолодании климата.

Для данной фазы получены такие диапазоны палеотемператур: $t^{\circ}_{VII} = +12 \dots +20,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (средняя +16,25 °С), $t^{\circ}_I = 0 \dots -16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (средняя –8 °С), т. е. июльская температура в среднем была ниже современной примерно на 1 °С, а средняя январская была ниже современной на 3,5 °С (рисунок 4).

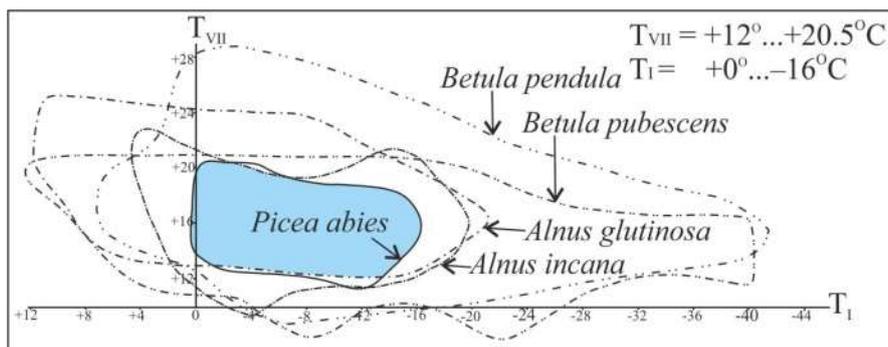


Рисунок 4 – Реконструкція палеотемпературних показателів для фази m9 *Pinus* муравинського межледниковья по даним палинологічних досліджень розрізу Островець

Ostr 4 L PAZ (глибина – 2,67–2,92 м) – виділена в отложениях супеси темно-коричневої, торфянистої, горизонтальношарової. Данна зона відрізняється від попередніх помітним збільшенням вмісту пилюк трав'янистих рослин (NAP) – до 16,5 % і відповідним скороченням пилюк деревних порід (AP) – до 83,5 %. Кількість пилюк *Pinus sylvestris* зменшується до 61,4 %, *Picea abies* практично зникає. Вміст пилюк *Betula* зростає до 19,7 %, при цьому з'являються пилюкові зерна *Betula nana* L. і *B. humilis* Schrank, на частку яких припадає до 7,4 %, а пилюка деревних форм беріз (*Betula pubescens*, *B. pendula*) не перевищує 12,3 %. В незначительній кількості присутня пилюка *Juniperus communis*.

Кустарнички представлені пилюкою Ericaceae (*Calluna vulgaris*, *Ledum palustre*) – до 2,5 %.

Серед пилюк трав'янистих рослин переважають Cyperaceae – до 8,8 %, в меншій кількості відзначені Poaceae, *Artemisia*, Asteraceae, окремо – Apiaceae, Rosaceae, Chenopodiaceae, *Thalictrum*, *Rumex*, а також пилюка водних і прибережно-водних трав (Alismataceae, *Menyanthes trifoliata*). Спори по-прежнему представлені *Sphagnum* – до 19 %, присутні Bryales, окремо – *Lycopodium clavatum* і *Selaginella selaginoides* (L.) Link.

Ostr 5 L PAZ (глибина – 2,45–2,67 м) – данна пилюкова зона виділяється по подальшому, ще більш значущому збільшенню частки пилюк трав'янистих рослин (до 27 %) і відповідному зменшенню частки в спектрах пилюк деревних порід. Вміст пилюк *Pinus sylvestris* поступово скорочується вгору по розрізу до 37,5 %, частка пилюк кустарничкових форм беріз (*Betula nana*, *B. humilis*) неуклонно зростає до 23,6 %, а кількість пилюк *Betula* sect. *Albae* зменшується до 12 %. Відзначені окремі пилюкові зерна *Juniperus communis*, *Salix*.

В складі пилюк трав'янистих рослин переважають Cyperaceae – до 17 %, рідше зустрічені пилюкові зерна Poaceae, Ericaceae (*Calluna vulgaris*, *Ledum palustre*), *Artemisia*, окремо – Asteraceae, Apiaceae, Rosaceae, Chenopodiaceae, *Thalictrum*, *Rumex*, *Ranunculus*, Caryophyllaceae, Polygonaceae (*Polygonum bistorta* L., *P. persicaria* L.), Rubiaceae і пилюка прибережно-водних трав (*Menyanthes trifoliata*, *Typha angustifolia*). Серед спор, як і раніше, домінують *Sphagnum* – до 18,6 %, постійно присутні представники зелених мохів Bryales, окремо – *Selaginella selaginoides* (L.) Link. і *Botrychium*.

Розглянута локальна пилюкова зона разом з попередньою відповідає регіональній пилюковій зоні pz 1 *Artemisia*–*Poaceae*–*Betula nana*, виділеній в отложениях кулаковського підгоризонта поозерського горизонту верхнього плейстоцену Білорусі [5]. Виявлений склад спектрів свідчить про те, що відповідні відкладення формувалися на протязі прогресуючого похолодання в початку

раннепоозерского времени, когда в районе исследований были распространены как лесотундровые ландшафты, местами заболоченные, так и открытые ландшафты с участием как тундровых, так и степных элементов. Все большее развитие получала травянистая, кустарничковая и кустарниковая растительность, в составе которой существенную роль играли злаки, осоки, полыни, гвоздичные, лютиковые и др., произрастали береза карликовая, береза приземистая, ива, можжевельник. Древесные породы (береза, ель, сосна) создавали небольшие группировки, занимая наиболее благоприятные участки рельефа. В результате реконструкции палеотемператур получены такие показатели: $t^{\circ}_{VII} = +11,5^{\circ} \dots +16^{\circ} \text{C}$ (в среднем $+13,75^{\circ} \text{C}$), $t^{\circ}_I = -2^{\circ} \dots -16,5^{\circ} \text{C}$ (в среднем $-9,25^{\circ} \text{C}$) (рисунок 5).

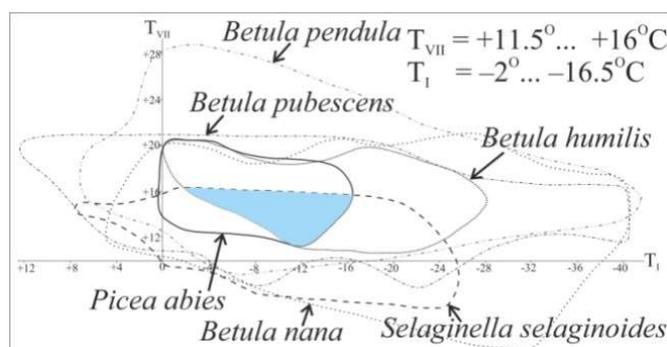


Рисунок 5 – Реконструкция палеотемпературных показателей для фазы pz 1 *Artemisia–Poaceae–Betula nana* раннепоозерского времени по данным палинологических исследований разреза Островец

Заключение

В результате палинологических исследований плейстоценовых отложений, вскрытых в карьере у г. Островец, получены данные о составе палинофлоры и количественном содержании ее основных компонентов в изученных органогенных отложениях. Это позволило выполнить их палиностратиграфическое расчленение на пять локальных пыльцевых зон, нижние три из которых соответствуют региональным пыльцевым зонам mr 7 *Carpinus–Picea*, mr 8 *Picea–Pinus* и mr 9 *Pinus* муравинского горизонта, а последующие две локальные зоны отвечают региональной пыльцевой зоне pz 1 *Artemisia–Poaceae–Betula nana* кулаковского подгоризонта поозерского горизонта.

Полученные данные послужили основой для воспроизведения последовательных этапов развития растительности в окрестностях древнего палеоводоема на протяжении последней фазы климатического оптимума муравинского межледниковья и его заключительных фаз, а также в начале поозерского времени.

Выявленный таксономический состав палинофлоры, и, прежде всего, дендрофлоры позволил выполнить соответствующие палеоклиматические реконструкции. Полученные палеотемпературные параметры для заключительной фазы (mr 7) климатического оптимума муравинского межледниковья оказались несколько ниже, чем для соответствующей фазы в разрезах Понемунь, Комотово, Богатыревичи, Тимошковичи и др., расположенных южнее, и наиболее близки к параметрам, реконструированным по материалам палинологических исследований близко расположенных литовских разрезов Мядининкай и Гайдунай. Для заключительных межледниковых фаз, как и для начальной фазы поозерского времени, не выявлено каких-либо заметных различий в температурных параметрах сравниваемых разрезов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев, А. В. Рельеф Белоруссии / А. В. Матвеев, Б. Н. Гурский, Р. И. Левицкая. – Минск : Універсітэцкае, 1988. – 320 с.
2. Литвинюк, Г. И. Новый разрез межледниковых отложений на северо-западе Беларуси / Г. И. Литвинюк, К. А. Мазурина // Проблемы региональной геологии запада Восточно-Европейской платформы и смежных территорий : материалы II Междунар. науч. конф., Минск, 16 февр. 2021 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: О. В. Лукашев (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2021. – С. 144–145.
3. Walanus, A. POLPAL program for counting pollen grains, diagrams plotting and numerical analysis / A. Walanus, D. Nalepka // Acta Palaeobot. – 1999. – Suppl. 2. – P. 57–67.
4. Савченко, И. Е. Биостратиграфическое расчленение муравинских и нижнепоозерских отложений плейстоцена на территории Беларуси по палинологическим данным / И. Е. Савченко, Т. Б. Рылова // Докл. НАН Беларуси. – 2001. – Т. 45, № 2. – С. 93–99.
5. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объясн. зап. / С. А. Кручек [и др.]. – Минск : ГП «БелНИГРИ», 2010. – 282 с. + прил. из 15 стратиграф. схем.
6. Гричук, В. П. Реконструкция климатических показателей раннего кайнозоя по палеофлористическим данным / В. П. Гричук, Э. М. Зеликсон, О. К. Борисова // Климаты Земли в геологическом прошлом : сб. ст. – М. : Наука, 1987. – С. 69–77.
7. Количественные реконструкции климата Восточно-Европейской равнины за последние 450 тыс. лет / А. А. Величко [и др.] // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2004. – № 1. – С. 7–25.
8. Природные условия микулинского (эмского) межледниковья в Центральной и Восточной Европе. Сравнительный анализ / А. А. Величко [и др.] // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2004. – № 6. – С. 41–57.
9. Борисова, О. К. Палеофлористический метод / О. К. Борисова, Э. М. Зеликсон // Климаты и ландшафты Северной Евразии в условиях глобального потепления. Ретроспективный анализ и сценарии. – М. : ГЕОС, 2010. – Вып. III. – С. 34–42.
10. Кондратене, О. П. Стратиграфия и палеогеография квартала Литвы по палеоботаническим данным / О. П. Кондратене. – Вильнюс : Академия, 1996. – 209 с.
11. Муравинское/мяркинское межледниковье на приграничной территории Беларуси и Литвы / Т. Б. Рылова [и др.] // Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С. 36–57.
12. Рылова, Т. Б. Стратиграфия муравинских отложений территории северо-западной Беларуси и палеогеографические реконструкции по палеоботаническим данным / Т. Б. Рылова, С. В. Демидова, А. В. Шидловская // Літасфера. – 2020. – № 2 (53). – С. 50–68.
13. Географический атлас учителя / Л. В. Компанец [и др.]. – Минск : Белкартография, 2017. – 392 с.

REFERENCES

1. Matviejev, A. V. Riel'jef Bielorusii / A. V. Matviejev, B. N. Gurskij, R. I. Lievic-kaja. – Minsk : Univiersiteckaje, 1988. – 320 s.
2. Litviniuk, G. I. Novyj razriez miezhliednikovykh otlozhenij na sieviero-zapadiez Bielarusi / G. I. Litviniuk, K. A. Mazurina // Problemy riegional'noj gieologii zapada Vostochno-Jevropiejskoj platformy i smieznykh tierritorij : matierialy II Miezhdunar. nach. konf., Minsk, 16 fievr. 2021 g. / Bielorus. gos. un-t ; riedkol.: O. V. Lukashov (gl. ried.) [i dr.]. – Minsk : BGU, 2021. – S. 144–145.
3. Walanus, A. POLPAL program for counting pollen grains, diagrams plotting and numerical analysis / A. Walanus, D. Nalepka // Acta Palaeobot. – 1999. – Suppl. 2. – P. 57–67.

4. Savchienko, I. Ye. Biostratigrafichieskoje raschlienienije muravinskikh i nizhniepooziorskikh otlozhenij pliejstocena na tierritorii Bielarusi po palinologichieskim dannym / I. Ye. Savchienko, T. B. Rylova // Dokl. NAN Bielarusi. – 2001. – T. 45, № 2. – S. 93–99.
5. Stratigrafichieskije skhiemy dokiembrijskikh i fanierozojskikh otlozhenij Bielarusi : objasn. zap. / S. A. Kruchiek [i dr.]. – Minsk : GP «BielNIGRI», 2010. – 282 s. + pril. iz 15 stratigraf. skhiem.
6. Grichuk, V. P. Riekonstrukcija klimatichieskikh pokazatieliej ranniego kajnozoja po palieofloristichieskim dannym / V. P. Grichuk, Ye. M. Zielikson, O. K. Borisova // Klimaty Ziemli v gieologichieskom proshlom : sb. st. – M. : Nauka, 1987. – S. 69–77.
7. Kolichiestviennyje riekonstrukcii klimata Vostochno-Jevropiejskoj ravniny za poslednije 450 tys. liet / A. A. Vielichko [i dr.] // Izv. RAN. Sier. gieogr. – 2004. – № 1. – S. 7–25.
8. Prirodnyje uslovija mikulinskogo (ejemskogo) miezhliednikov’ja v Central’noj i Vostochnoj Jevropie. Sravnitel’nyj analiz / A. A. Vielichko [i dr.] // Izv. RAN. Sier. gieog. – 2004. – № 6. – S. 41–57.
9. Borisova, O. K. Palieofloristichieskij mietod / O. K. Borisova, Ye. M. Zielikson // Klimaty i landshafty Sieviernoj Jevrazii v uslovijakh global’nogo potieplienija. Retrospektivnyj analiz i scenarii. – M. : GEOS, 2010. – Vyp. III. – S. 34–42.
10. Kondratene, O. P. Stratigrafija i palieogeografija kvartera Litvy po palieobotanichieskim dannym / O. P. Kondratene. – Vil’nius : Akadiemija, 1996. – 209 s.
11. Muravinskoje/miarkinskoje miezhliednikov’je na prigranichnoj tierritorii Bielarusi i Litvy / T. B. Rylova [i dr.] // Litasfiera. – 2021. – № 1 (54). – S. 36–57.
12. Rylova, T. B. Stratigrafija muravinskikh otlozhenij tierritorii sieviero-zapadnoj Bielarusi i palieogeografichieskije riekonstrukcii po palieobotanichieskim dannym / T. B. Rylova, S. V. Diemidova, A. V. Shidlovskaja // Litasfiera. – 2020. – № 2 (53). – S. 50–68.
13. Gieografichieskij atlas uchitielia / L. V. Kompaniec [i dr.]. – Minsk : Bielkartografija, 2017. – 392 s.

Рукапіс наступіў у рэдакцыю 10.10.2022

Да ведама аўтараў

Рэдкалегія часопіса разглядае рукапісы толькі тых артыкулаў, якія адпавядаюць навуковаму профілю выдання, нідзе не апублікаваныя і не перададзеныя ў іншыя рэдакцыі.

Матэрыялы прадстаўляюцца на беларускай, рускай ці англійскай мове ў адным экзэмпляры аб'ёмам ад 0,35 да 0,5 друкаванага аркуша (не меней за 14 000 знакаў), у электронным варыянце – у фармаце Microsoft Word for Windows (*.doc, *.docx ці *.rtf) і павінны быць аформлены ў адпаведнасці з наступнымі патрабаваннямі:

- папера фармату А4 (21×29,7 см);
- палі: зверху – 2,8 см, справа, знізу, злева – 2,5 см;
- шрыфт – гарнітура Times New Roman;
- кегль – 12 pt.;
- міжрадковы інтэрвал – адзінарны;
- двукоссе парнае «...»;
- абзац: водступ першага радка 1,25 см;
- выраўноўванне тэксту па шырыні.

Максімальныя лінейныя памеры табліц і малюнкаў не павінны перавышаць 15×23 або 23×15 см. Усе графічныя аб'екты, якія ўваходзяць у склад аднаго малюнка, павінны быць згрупаваны паміж сабой. Усе малюнкi і фотаздымкі павінны быць толькі ў чорна-белым выкананні. Размернасць усіх велічынь, якія выкарыстоўваюцца ў тэксце, павінна адпавядаць Міжнароднай сістэме адзінак вымярэння (СВ). Пажадана пазбягаць скарачэнняў слоў, акрамя агульнапрынятых. Спіс літаратуры павінен быць аформлены паводле Узораў афармлення бібліяграфічнага апісання ў спісе крыніц, якія прыводзяцца ў дысертацыі і аўтарэфераце, зацверджаных загадам Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь ад 25.06.2014 № 159 (у рэдакцыі загада ад 08.09.2016 № 206). Спасылкі на крыніцы ў артыкуле нумаруюцца адпаведна парадку цытавання. Парадкавыя нумары спасылак падаюцца ў квадратных дужках ([1–4], [1; 3], [1, с. 32], [2, с. 52–54], [3, л. 5], [4, л. боб.]). Не дапускаецца выкарыстанне канцавых зносак.

Матэрыял уключае наступныя элементы па парадку:

- індэкс УДК;
- імя, імя па бацьку, прозвішча аўтара/аўтараў (аўтараў не больш, чым 5) на мове артыкула;
- звесткі пра аўтара/аўтараў (навуковая ступень, званне, пасада, месца працы/вучобы) на мове артыкула;
- імя, імя па бацьку, прозвішча аўтара/аўтараў на англійскай мове;
- звесткі пра аўтара/аўтараў на англійскай мове;
- e-mail аўтара/аўтараў;
- назва артыкула на мове артыкула;
- анатацыя ў аб'ёме 100–150 слоў і ключавыя словы на мове артыкула (курсіў, кегль – 10 pt.);
- назва артыкула на англійскай мове;
- анатацыя і ключавыя словы на англійскай мове.

Звесткі аб навуковым кіраўніку (для аспірантаў і саіскальнікаў) указваюцца на першай старонцы ўнізе.

Асноўны тэкст структуравецца ў адпаведнасці з патрабаваннямі Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь да навуковых артыкулаў, якія друкуюцца ў выданнях, уключаных у Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў:

- Уводзіны (пастаноўка мэты і задач даследавання).
- Асноўная частка (матэрыялы і метады даследавання; вынікі і іх абмеркаванне).
- Заклучэнне (фармулююцца асноўныя вынікі даследавання, указваецца іх навізна, магчымасці выкарыстання).
- Спіс выкарыстанай літаратуры; спіс літаратуры павінен уключаць не больш за 20–22 крыніцы і абавязкова ўтрымліваць публікацыі, у тым ліку замежныя, па тэме даследавання за апошнія 10 гадоў.
- References – спіс выкарыстанай літаратуры, які прадубліраваны лацінскім алфавітам (колькасць крыніц, прыведзеных у спісе і ў References, павінна супадаць).

Да рукапісу артыкула абавязкова дадаюцца:

- выліска з пратакола пасяджэння кафедры, навуковай лабараторыі ці ўстановы адукацыі, дзе працуе (вучыцца) аўтар, завераная пячаткаю, з рэкамендацыяй артыкула да друку;
- рэцэнзія знешняга ў адносінах да аўтара профільнага спецыяліста з вучонай ступенню, завераная пячаткаю;
- экспертнае заключэнне (для аспірантаў і дактарантаў).

Усе артыкулы абавязкова праходзяць «сляпое» рэцэнзаванне. Рукапісы, аформленыя не ў адпаведнасці з выкладзенымі правіламі, рэдкалегія не разглядае і не вяртае. Аўтары нясуць адказнасць за змест прадстаўленага матэрыялу.

Рукапіс артыкула і дакументы дасылаць на адрас: 224016, г. Брэст, бульвар Касманаўтаў, 21, рэдакцыя часопіса «Веснік Брэсцкага ўніверсітэта», электронны варыянт артыкула накіроўваць на e-mail: chemskorp@yandex.ru.

Карэктары *А. А. Іванюк, Л. М. Калілец*

Камп'ютарнае макетаванне *С. М. Мініч, Г. Ю. Пархац*

Падпісана ў друку 31.05.2023. Фармат 60×84/8. Папера афсетная. Гарнітура Таймс. Рызаграфія.

Ум. друк. арк. 18,14. Ул.-выд. арк. 13,67. Тыраж 100 экз. Заказ № 179.

Выдавец і паліграфічнае выкананне: УА «Брэсцкі дзяржаўны ўніверсітэт імя А. С. Пушкіна».

Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 1/55 ад 14.10.2013.

ЛП № 02330/454 ад 30.12.2013.

224016, г. Брэст, вул. Міцкевіча, 28.