

# Веснік

Брэсцкага ўніверсітэта

*Галоўны рэдактар:*  
М.Э. Часноўскі

*Намеснік галоўнага рэдактара:*  
К.К. Красоўскі

Міжнародны савет  
А.А. Афонін (Расія)  
В.А. Несцяроўскі (Украіна)  
А. Юўка (Польшча)

*Рэдакцыйная калегія:*

Н.С. Ступень  
(адказны рэдактар)

С.В. Арцёменка

М.А. Багдасараў

А.М. Вітчанка

В.Я. Гайдук

А.Л. Гулевіч

М.П. Жыгар

А.А. Махнач

А.В. Мацвееў

Я.М. Мяшэчка

У.У. Салтанаў

Я.К. Яловічава

М.П. Ярчак

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

Адрас рэдакцыі:  
224665, г. Брэст,  
бульвар Касманаўтаў, 21  
тэл.: 23-34-29  
e-mail: vesnik@brsu.brest.by

Часопіс «Веснік Брэсцкага  
ўніверсітэта» выдаецца  
з снежня 1997 года

**Серыя 5**

**ХІМІЯ**

**БІЯЛОГІЯ**

**НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ**

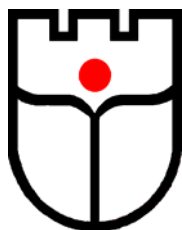
**НАВУКОВА-ТЭАРЭТЫЧНЫ ЧАСОПІС**

Выходзіць два разы ў год

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

**№ 2 / 2010**

У адпаведнасці з загадам Вышэйшай атэстацыйнай  
камісіі № 9 ад 15.01.2010 г. часопіс «Веснік Брэсцкага ўніверсітэта»  
ўключаны ў Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь  
для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў  
па біялагічных, географічных і геолога-мінэралагічных навуках



# *Vesnik*

*of Brest University*

**Editor-in-chief:**  
M.E. Chasnovski

**Deputy Editor-in-chief:**  
G.M. Sender

**International Board:**  
A.A. Afonin (Russia)  
V.A. Nestyarovski (Ukraine)  
A. Juvka (Poland)

**Editorial Board:**  
N.S. Stupen  
(managing editor)  
S.V. Artsemenka  
M.A. Bagdasarav  
A.M. Vitchanka  
V.E. Gajduk  
A.L. Gulevich  
M.P. Zhigar  
A.A. Mahnach  
A.V. Matveev  
Y.M. Myashechka  
V.V. Saltanav  
Y.K. Yalovichava  
M.P. Yarchak

Registration Certificate  
by Ministry of Information  
of the Republic of Belarus  
№ 1339 from April 28, 2010

Editorial Office:  
224665, Brest,  
Boulevard Cosmonauts, 21  
tel.: 23-34-29  
e-mail: vesnik@brsu.brest.by

Published since December 1997

**Series 5**

**CHEMISTRY**

**BIOLOGY**

**SCIENCES ABOUT EARTH**

**SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL**

Issued two times a year

Founder – Educational institution  
«Brest state university named after A.S. Pushkin»

**№ 2 / 2010**

According to the order of Supreme certification commission № 9  
from January 15, 2010, the journal «Vesnik of Brest University» was included  
to the List of editions of the Republic of Belarus for publication  
of the results of scientific research in biological, geographical  
and geological-mineralogical sciences



# Веснік

Брэсцкага ўніверсітэта

Галоўны рэдактар:  
М.Э. Часноўскі

Намеснік галоўнага рэдактара:  
К.К. Красоўскі

Міжнародны савет  
А.А. Афонін (Расія)  
В.А. Несцяроўскі (Украіна)  
А. Юўка (Польшча)

Рэдакцыйная калегія:

Н.С. Ступень  
(адказны рэдактар)

С.В. Арцёменка

М.А. Багдасараў

А.М. Вітчанка

В.Я. Гайдук

А.Л. Гулевіч

М.П. Жыгар

А.А. Махнач

А.В. Мацвееў

Я.М. Мяшэчка

У.У. Салтанаў

Я.К. Яловічава

М.П. Ярчак

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

Адрас рэдакцыі:  
224665, г. Брэст,  
бульвар Касманаўтаў, 21  
тэл.: 23-34-29  
e-mail: vesnik@brsu.brest.by

Часопіс «Веснік Брэсцкага  
ўніверсітэта» выдаецца  
з снежня 1997 года

Серыя 5

ХІМІЯ

БІЯЛОГІЯ

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

**НАВУКОВА-ТЭАРЭТЫЧНЫ ЧАСОПІС**

Выходзіць два разы ў год

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

**№ 2 / 2010**

У адпаведнасці з загадам Вышэйшай атэстацыйнай  
камісіі № 9 ад 15.01.2010 г. часопіс «Веснік Брэсцкага ўніверсітэта»  
ўключаны ў Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь  
для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў  
па біялагічных, географічных і геолога-мінэралагічных навуках



# *Vesnik*

*of Brest University*

**Editor-in-chief:**  
M.E. Chasnovski

**Deputy Editor-in-chief:**  
G.M. Sender

**International Board:**  
A.A. Afonin (Russia)  
V.A. Nestyarovski (Ukraine)  
A. Juvka (Poland)

**Editorial Board:**  
N.S. Stupen  
(managing editor)  
S.V. Artsemenka  
M.A. Bagdasarav  
A.M. Vitchanka  
V.E. Gajduk  
A.L. Gulevich  
M.P. Zhigar  
A.A. Mahnach  
A.V. Matveev  
Y.M. Myashechka  
V.V. Saltanav  
Y.K. Yalovichava  
M.P. Yarchak

Registration Certificate  
by Ministry of Information  
of the Republic of Belarus  
№ 1339 from April 28, 2010

Editorial Office:  
224665, Brest,  
Boulevard Cosmonauts, 21  
tel.: 23-34-29  
e-mail: vesnik@brsu.brest.by

Published since December 1997

**Series 5**

**CHEMISTRY**

**BIOLOGY**

**SCIENCES ABOUT EARTH**

**SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL**

**Issued two times a year**

**Founder – Educational institution  
«Brest state university named after A.S. Pushkin»**

***№ 2 / 2010***

According to the order of Supreme certification commission № 9  
from January 15, 2010, the journal «Vesnik of Brest University» was included  
to the List of editions of the Republic of Belarus for publication  
of the results of scientific research in biological, geographical  
and geological-mineralogical sciences

# ЗМЕСТ

## ХІМІЯ

<b>Богдасаров А.А., Богдасаров М.А.</b> Радон: фізіка-хімічныя асаблівасці і медыка-геалагічныя аспекты праблемы .....	5
<b>Коваленко В.В., Ерчак Н.П.</b> Рострегулюючая актыўнасць гідроксалаці дыметыл(2-ціеніл)-γ-[(N-метыл)-N'-піперазінапропіл]сілана .....	14
<b>Ступень Н.С., Лукашэвіч М.В.</b> Даследаванне сумеснага ўплыва хларыд-іонаў і рэакцыі сроды на тэчэнне працэсаў карозыі ў цэментным камяне і сталёвай армамуры.....	19

## БІЯЛОГІЯ

<b>Абрамчук С.В., Гайдук В.Е.</b> Структура і дынаміка насельніцтва птуц рыбхоза «Локтышы» .....	26
<b>Колбас А.П., Волосюк С.Н., Зеркаль С.В., Сідоровіч Е.А.</b> Змест мікразэлементаў і структурныя змяненні хвой <i>Picea abies</i> (L.) Karst. ў ўмовах гарадскога сроды .....	33
<b>Пісаненка А.Д., Лундышев Д.С.</b> Жэсткакрылыя сямейства Staphylinidae (Coleoptera) – абітацелі гнёзд хішчых птуц Беларусі.....	43
<b>Прыжнікова А.А., Рыковский Г.Ф.</b> Геаграфічны аналіз брыофлары Гродненскага крэпасці ўрамяў I міравой вайны .....	52
<b>Сербун А.А., Гайдук В.Е.</b> К маніторынгу звычайных гнёздышчых відаў птуц ў аграландшафтах юга-западу Беларусі .....	63
<b>Шкуратова Н.В.</b> Сраўніцельна-анатамічны аналіз строення коры адналетніх сцябляў <i>Salix babylonica</i> L. і <i>Salix matsudana</i> Koidz. ....	70

## НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

<b>Босак В.Н.</b> Сніжэнне патаў арганічнага рэчыва торфянога пачвы метадом нанесення пакрыўнага грунта .....	75
<b>Махнач Н.А., Зерніцкая В.П.</b> Кліматычныя змяненні ў позднеледніковае–голоцэне Беларусі (па даным ізатопна-геахімічнага даследавання ауцігенага озернага кальціта).....	81
<b>Міхальчук Н.В., Галуц О.А., Ковалев І.В.</b> Параметры парціальных флор гідрогенна-карбанатных ландшафтаў Полесся ў натуральных і антрапагенна-модыфіцыраваных ўмовах .....	95
<b>Нікітюк Д.В.</b> Ландшафтна-турыстычная дыягностыка тэрыторыі Брэстскага абласці.....	105
<b>Тарасенко А.І.</b> В'язной арганізаваны турызм ў Беларусі: ацэнка перспектывнасці геаграфічных рынкаў збыта нацыянальнага турыстычнага прадукта .....	113
<b>Усова І.П., Токарчук С.М.</b> Ландшафтнае разнастайнасць прыродных комплексаў Брэстскага і Могілеўскага абласцей .....	120
Звесткі аб аўтарах .....	128

# INDEX

## CHEMISTRY

- Bogdasarov A.A., Bogdasarov M.A.** Radon: Physical and Chemical Characteristics and Geological Aspects of Health Problems..... 5
- Kavalenka V.V., Erchak N.P.** Growth Regulating Activity of Dimethyl(2-Thienyl)- $\gamma$ -[(N-Methyl)-N'-Piperazinepropyl]Silane ..... 14
- Stupen N.S., Lukashevich M.V.** Research of Joint Influence of Chloride Ion and Reactions of Environment on the Flow of Processes of Corrosion in a Cement Stone and Gagers ..... 19

## BIOLOGY

- Abramchuk S.V., Gaiduc V.E.** Structure and Dynamics of Bird Population of «Laktyshy» Fish Farm..... 26
- Kolbas A.P., Volosiuk S.N., Zercal S.V., Sidorovich Y.A.** Trace Element Contents and Structural Changes in Needles of *Picea Abies* (L.) Karst. in Urban Environmental Conditions ..... 33
- Pisanenko A.D., Lundshev D.S.** Staphylinidae (Coleoptera) Family Beetles – the Inhabitants of Birds of Prey Nests of Belarus..... 43
- Pryazhnikova A.A., Rykovskij G.F.** The Geographical Analysis of Bryophyte Flora Grodno Fortress during World War I..... 52
- Serbun A., Gaiduk V.** On Monitoring of Common Breeding Birds' Species in Agricultural Landscapes of South-West of Belarus ..... 63
- Shkuratova N.V.** Comparative Anatomy of Bark of One-Yare Stems of *Salix babylonica* L. and *Salix matsudana* Koidz..... 70

## SCIENES ON EARTH

- Bosak V.** Loss Reduction of Peat Organic Substance by Means of Top-Soil Covering..... 75
- Makhnach N.A., Zernitskaja V.P.** Climate Changes in the Late Glacial – Holocene in Belarus (Evidence from Isotope-Geochemical Data on Authigenic Lacustrine Calcites)..... 81
- Mikhalchuk N.V., Galuc O.A., Kovaliov I.V.** Parameters of Partial Flora of Hydro-Carbonate Landscapes of Polesseye in Natural and Anthropogenic-Modifications Conditions ..... 95
- Nikityuk D.V.** Touristic Diagnosis of Landscapes of Brest Region..... 105
- Tarasionak A.** Incoming Tourism of Belarus: Analysis of Availability of Geographical Market of National Tourism Product..... 113
- Usova I.P., Tokarchuk S.M.** Landscape Diversity of Natural Complexes of Brest and Mahilew Regions..... 120
- Information about the authors ..... 128

УДК 546.296

*А.А. Богдасаров, М.А. Богдасаров*

## **РАДОН: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МЕДИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ**

Работа посвящена инертному радиоактивному газу радону; дана характеристика его физико-химических особенностей, геологических условий образования, перспектив использования. Рассмотрены негативные аспекты воздействия радона на организм человека, методы защиты от радоновой опасности, вопросы радонотерапии и перспективы ее развития применительно к территории Беларуси.

Медицинская геохимия – стратегически значимая социально ориентированная дисциплина. Изучение обстановок и факторов воздействия геохимических объектов и процессов на здоровье человека позволяет разрабатывать превентивные и лечебно-профилактические меры, необходимые для успешного решения текущих и планирования перспективных задач экономики хозяйствования и воплощения в жизнь различных социальных проектов, в основе которых интересы всех слоев населения. Продвижение данного направления возможно только в условиях свободного доступа к медицинской и геохимической информации любого уровня и публичного обсуждения путей решения социальных, экологических и медицинских проблем.

Радон является химическим элементом VIII группы периодической системы Д.И. Менделеева и наряду с гелием, неон, аргоном, криптоном и ксеноном относится к семейству инертных газов. Атомный номер радона 86, атомная масса – 222,0176. В природе известно 19 изотопов радона с массовыми числами 204 и от 206 до 224. Искусственным путем получено 16 изотопов. Название элементу дано по наиболее долгоживущему радиоактивному изотопу радону-222 (период полураспада 3,822 суток), образующемуся в результате альфа-распада изотопа радия-226. Последний, в свою очередь, образуется в результате распада урана-238.

Открыт радон в 1900 году немецким ученым Ф. Дорном и английским физиком Э. Резерфордом, который в том же году указал на существование другого изотопа радона-220 (период полураспада 54,5 секунды), названного торон и являющегося членом радиоактивного семейства тория. Актинон, открытый французским ученым А. Дебьерном, также член радиоактивного семейства тория. Этот природный изотоп радона с массовым числом 219 и периодом полураспада 3,92 секунды – самый короткоживущий. Среди различных продуктов полураспада радона присутствуют изотопы тяжелых металлов: свинец-214 и висмут-214, а также полоний-218 и полоний-214, – являющиеся источником альфа-излучения.

Радон – одноатомный газ без запаха, вкуса и цвета с плотностью 9,73 г/л, температурой кипения –61,9°С и температурой плавления –71,0°С. Химически малоактивен. В одном объеме воды при нуле градусов растворяется 0,507 объема радона. В органических растворителях растворимость радона значительно выше. В спиртах и жирных кислотах растворимость газа возрастает с увеличением их молекулярных весов. Радон хорошо адсорбируется на активированных углях и силикагеле, довольно легко просачивается сквозь полимерные пленки. Собственная радиоактивность радона вызывает его флюоресценцию. Газообразный и жидкий радон флюоресцирует голубым светом,

у твердого радона при охлаждении до азотных температур флюоресценция становится сначала желтой, а затем красно-оранжевой.

Спектр радона аналогичен спектру ксенона и других элементов периодической системы Д.И. Менделеева. Химические свойства определяются его положением в группе инертных газов. По аналогии с ксеноном радон дает молекулярные соединения определенного состава, в образовании которых значительную роль играют силы Ван-дер-Ваальса. Эти соединения, полученные советским радиохимиком Б.А. Никитиным, отвечают формулам  $Rn \times 2C_6H_5OH$ ,  $Rn \times 2CH_3C_6H_5$  и  $Rn \times 6H_2O$ . Из них первые два изоморфны аналогичным соединениям сероводорода, а последнее – гексагидрат радона – изоморфно  $SO_2 \times 6H_2O$ . В настоящее время эти вещества относят к группе клатратных соединений, или соединений включения. На использовании изоморфизма основан метод количественного выделения радона из смеси с другими благородными газами. Кроме того, исходя из общей устойчивости галогенидов благородных газов должны быть устойчивыми и некоторые галогениды радона, такие как  $RnF_2$ ,  $RnF_4$ ,  $RnF_6$  и  $RnCl_4$ . При смещении радона с фтором было идентифицировано малолетучее соединение радона с фтором. Если подвергать фторированию смесь радона и ксенона, то фториды ксенона сублимируют при  $50^\circ C$ , а фториды радона остаются до  $250^\circ C$ . Полученное соединение радона с фтором восстанавливается водородом при  $500^\circ C$ , давая при этом элементарный радон.

Радон является одним из самых редких элементов в земной коре. Общее его количество до глубины двух километров составляет около 115 тонн. Образующийся в радиоактивных рудах и минералах (уран, торий, радий), радон постепенно поступает на поверхность Земли, в гидросферу и атмосферу. В одном кубическом метре воздуха при нормальных условиях содержится  $7 \times 10^{-6}$  грамм радона. Содержание радона в атмосфере оценивается величиной порядка  $7 \times 10^{-17}$  по весу. Это очень и очень мало, если говорить о его распространенности в атмосфере и в воздухе. Например, в километровом слое воздуха над территорией, равной по площади Минской области, находится всего около 3 мл чистого газообразного радона. Приведем такой пример: на одну молекулу радона в воздухе приходится  $1,67 \times 10^{23}$  других молекул, и если бы они превратились в песчинки массой 2,5 мг каждая, то одна «песчинка» радона находилась в песчаной горе массой 418 млрд. тонн. Человечество ежегодно добывает из недр около 15 млрд. тонн горных пород и руд, т.е. при современных масштабах горных работ для разработки такой песчаной горы в поисках одной «песчинки» радона горнодобывающей отрасли промышленности всего мирового сообщества потребовалось бы почти 30 лет. Но кроме воздуха радон постоянно присутствует в воде и в почве и является одним из наиболее токсичных и радиоактивных газов, что, несомненно, представляет собой определенную опасность. Присутствует радон повсеместно и в кристаллических горных породах фундамента, и в осадочных горных породах чехла литосферы, содержащих в своем составе уран и другие радиоактивные элементы (Бразилия, США, Индия, Германия, Чехия, страны Скандинавии, Россия, Грузия, Узбекистан, Таджикистан, Кыргызстан). Отмечен радон и в Беларуси – в местах геологических разломов в Микашевичском гранитном массиве, в Лунинецком, Минском, Барановичском, Шкловском, Дятловском районах, в минерализованных водах различных районов Гродненской и Брестской областей, в некоторых артезианских скважинах.

Интенсивно выделяться из горных пород недр Земли радон начинает, когда они подвергаются сжатию и растяжению при активном возмущении магнитного поля Земли, вызываемом мощными взрывами на Солнце. На Земле их замечают за сутки-двое до приближения «солнечного ветра». Значит, есть время для радоновой профилактики, поскольку самочувствие ухудшают не столько сами магнитные бури, сколько спровади-



роваными ими выделения радона из недр Земли. А это происходит не сразу – вот почему больные люди нередко чувствуют себя хуже совсем не в те дни, которые указываются в прогнозах неблагоприятных дней. При этом необходимо знать, что при интенсивных выбросах радона уровень естественной радиации может более чем в 100 раз превышать фоновый и в 10–15 раз – предельно допустимый.

Радиоактивный газ радон, который не имеет ни запаха, ни вкуса, ни цвета, могут «учуять», помимо специальных приборов, лишь легкие человека, куда радон проникает в виде аэрозолей и оседает в бронхах и альвеолах. По данным ООН, около 20% заболеваний раком легких связано с негативным воздействием этого газа. В США, например, ежегодно из-за радонового облучения от рака легких погибает более 15 тыс. человек, в Индии – более 20 тыс. человек. При дыхании радон и продукты его распада попадают непосредственно в легкие, а затем происходит длительное по времени внутренне облучение организма ничего не подозревающего об этом человека. Подсчитано, что на долю радона приходится до 40% дозы облучения, получаемой населением от интенсивных источников радиации. Установлено, что увеличение концентрации радона во вдыхаемом воздухе вызывает разные физиологические сдвиги во всем организме. Он воздействует на гипофиз и кору надпочечников – органы, которые контролируют приспособительные функции организма, – на вегетативную нервную систему, а через нее и на работу сердца, желудка, других органов и систем. При всплесках концентрации радона примерно на 30% население испытывает тревожное состояние, сердцебиения, приливы крови, у людей начинается мигрень, бессонница, обостряются хронические заболевания.

Известно, что среди радиоактивных ядов радон – один из самых опасных. Не случайно допустимая для человека доза радона в 10 раз меньше допустимой дозы бета- и гамма-излучения. Уже через час после введения в кровь подопытному кролику сравнительно небольшой дозы радона (10 микрокюри) количество лейкоцитов в крови резко сокращается. Затем поражаются лимфатические узлы, селезенка и костный мозг. В живом организме задерживается не столько сам газ радон, сколько радиоактивные продукты его распада, которые с трудом выводятся из организма. Исследователи, работавшие с твердым радоном, подчеркивают непрозрачность этого вещества. А причина непрозрачности одна: моментальное оседание твердых продуктов распада, которые «выдают» весь комплекс излучений: малопроникающие, но очень энергичные альфа-лучи, бета-лучи и местное гамма-излучение. Продукты распада радона – твердые вещества, которые образуют так называемые аэрозоли; частицы настолько мелкие, что они могут очень долго находиться во взвешенном состоянии в воздухе, вместе с ним попадать в легкие и при неблагоприятных условиях вызвать лейкемию и рак.

Люди должны знать о радоновой угрозе, которая исходит даже от наших домов и квартир. Дело в том, что радон содержится в достаточно больших количествах в некоторых строительных материалах. Например, в красном кирпиче, щебне, глине, песке, цементе и др. Средняя удельная активность дерева – 0,2–0,5 Бк/кг, природного гипса и обычного бетона – 1,5–10 Бк/кг, а некоторых строительных материалов – на порядок выше. Например, в Финляндии применялся материал с активностью 1200 Бк/кг, в Швеции – 2600 Бк/кг, а в США – даже 4600 Бк/кг. Велика активность золы от сжигания угля. Поскольку радон в 7,5 раз тяжелее воздуха, то он медленно накапливается в жилых помещениях, особенно в непроветриваемых. Его количество можно определить только с помощью специальных приборов, что, кстати, постоянно делается в США, Финляндии, Норвегии, Германии, Франции, Англии, Японии. Именно в этих странах были разработаны нормативы, при превышении которых проживание в том или ином здании или работа в нем признается опасным для здоровья и жизни человека. В Швеции около 5 тыс. зданий признали вообще непригодными для проживания из-за чрезвычайно вы-

сокого уровня естественной радиоактивности. Во Франции максимальный уровень радиации за счет выхода радона на поверхность почти в 40 раз выше среднего, а на знаменитых курортах в Ницце и Каннах уровень фоновой радиации иногда повышается в 20 раз – и причиной тому радиоактивный газ радон [3].

Серьезные исследования были проведены в Великобритании, в результате чего в прессе, на радио и телевидении была поднята шумная кампания по поводу «радонового кризиса». Еще бы: более 30% домов в графствах Корнуэлл и Девон имеют активность больше 200 Бк/м<sup>3</sup>, да и в других частях страны есть такие же проблемы. Нормой содержания радона в жилых домах США, например, признано 50 Бк/м<sup>3</sup>, а в Беларуси – ровно в два раза больше. Более того, для ранее построенных домов эта норма составляет уже 200 Бк/м<sup>3</sup> [3]. Нормы по определению радона в жилых помещениях Беларуси действуют только формально, так как контрольно-измерительной аппаратуры для их повсеместного применения у нас в достаточном количестве, к сожалению, нет. Правда, несколько лет назад медики проверяли ряд домов в Гомельской области, и оказалось, что в 0,1% проверенных домов концентрация радона в воздухе колебалась в пределах от 100 до 1000 Бк/м<sup>3</sup>. И хотя эти замеры были разовыми, превышение допустимых норм в десятки раз вызывает опасения. В Гродненской области на большой территории наблюдается высокое содержание радона в воде. Повышенное содержание радона в почве, а также источники близлежащих радононасыщенных вод и их использование могут привести к дополнительной дозовой нагрузке.

Кстати, впервые аномально высокие (до 25–28 кБк/м<sup>3</sup>) концентрации радона в почвенном воздухе тектонически ослабленных зон были определены еще в 1984 году в Гродненской области (а это в 5–6 раз превышает фоновое содержание). Отдельные измерения доз радона в Беларуси, по данным НПО «Перспектива» (Санкт-Петербург), показали, что для жителей Могилевской области они составляют 1,4–2,6 мЗв/год, Гомельской – 1,1–3,4 мЗв/год, Минской – 1,3–2,9 мЗв/год, Гродненской – 1,2–3,2 мЗв/год [6]. Из приведенных примеров видно, что с увеличением объема исследований, с расширением их географии растет количество объектов, где содержание радона превышает предельно допустимые значения, достигая в отдельных строениях весьма больших превышений. В США было показано, что около 3% жилых домов страны имеют превышение нормы в 5–6 раз, т. е. около 300 Бк/м<sup>3</sup>. Поскольку такое же облучение получает шахтер уранового рудника за 45 часов работы, было принято решение такие дома просто снести, а на новое жилье, возведенное на том же месте, в обязательном порядке выдавать особый документ, указывающий содержание радона [3].

Методы защиты от радоновой опасности достаточно просты: постоянное проветривание и вентиляция помещений, поддержание правильного баланса давления между внутренней и наружной атмосферой, а также грунтовым газом и использование газонепроницаемых конструкций в строительстве. При этом целесообразно исследовать содержание почвенного радона в предполагаемом месте будущего строительства на стадии проектирования. Расположение отдельных зданий и сооружений, а тем более новых населенных пунктов и поселков вблизи или над гранитоидными массивами или в зоне тектонических нарушений, а также сочетание этих природных факторов может являться причиной повышенного содержания радона в зданиях.

Естественное ионизирующее излучение – это совокупность космических и земных источников радиации. Получаемая землянами доза излучения от космогенных источников изучена достаточно хорошо, и хотя она является предсказуемой, но с трудом поддается регулированию. Ионизирующие источники земного происхождения формируются радионуклидами радиоактивных семейств урана, тория и радия, их короткоживущими продуктами распада (в том числе и радона), а также радиоактивными элемен-

тами периодической системы Д.И. Менделеева (например, калием-40). Их распределение в окружающей среде вместе с космическим излучением определяют естественный радиоактивный фон. Установлено, что основной фон на нашей планете (по крайней мере, пока) создается за счет естественных источников излучения. По данным ученых, доля естественных источников радиации в суммарной дозе, накапливаемой человеком на протяжении всей жизни, составляет 87%. Оставшиеся 13% приходятся на источники, созданные человеком. Из них 11,5% (или почти 88,5% «искусственной» составляющей дозы облучения) формируется за счет использования радиоизотопов в медицинской практике. И только оставшиеся 1,5% являются результатом последствий ядерных взрывов, выбросов с атомных электростанций, утечек из хранилищ ядерных отходов.

Радон образуется в недрах Земли в результате распада урана, который, хоть и в незначительных количествах, но входит в состав практически всех видов грунтов и горных пород. В процессе радиоактивного распада уран превращается в радий-226, из которого, в свою очередь, образуется радон-222. Особенно велико содержание урана в гранитовых породах. В районах, где породообразующими элементами является породы гранитной серии, можно ожидать и весьма высокого содержания радона и его изотопов.

Анализ содержания естественных радионуклидов в различных типах горных пород (по А.П. Виноградову) показывает, что оно закономерно возрастает от пород более щелочных к более кислым и от более древних к более молодым и достигает максимальных значений для кислых магматических пород, к которым относятся широко распространенные на территории Беларуси породы кристаллического фундамента. Естественные радионуклиды, в свою очередь, являются источниками эманаций. Конечным результатом перемещения радона по трещинам и пустотам, имеющимся в горных породах, является его выделение в тектонические трещины (разломы), в перекрывающие рыхлые отложения или в атмосферный воздух, в том числе в пространство под зданиями.

Распространение радона по трещинам, разломам и порам горных пород и почв с момента образования до выхода на поверхность Земли достигает нескольких десятков дней и является практически постоянным. Уран и радий содержатся в земной коре в больших или меньших количествах постоянно, поэтому и радон отмечается на любых территориях повсеместно. Иными словами, практически вся земная кора выделяет радон, который, конечно же, стремится заполнить любые пустоты в земной тверди. Поэтому очень высока, например, концентрация радона в подземных горных выработках, причем не только в тех шахтах, где добываются радиоактивные руды. Мы уже отмечали, что основным источником радиоактивного инертного газа радон является уран. Период полураспада радона – 3,82 суток. Отсюда легко подсчитать, что из 1 т урана за 3,82 суток (если поддерживать постоянное давление) образуется 0,0000023 г радона. Если учесть природные факторы (концентрацию урана, глубину залегания, наличие каналов для выхода на поверхность), степень рассеивания, отсутствие в среднем заметного повышения естественного фона на поверхности, можно сделать вывод о том, на каких урановых запасах мы порой живем. Иначе о радоне не было бы и речи. Радон относительно легко покидает кристаллическую решетку «родительского» дома и попадает в подземные воды, природные газы и воздух. Поскольку наиболее долгоживущим из всех природных изотопов радона является радон-222, то именно его содержание в этих средах максимально – он уверенно держит «пальму первенства» среди всех естественных источников радиации и обуславливает до 30–32% общей радиационной дозы.

Концентрация радона в воздухе зависит в первую очередь от геологической среды. Так, граниты и горные породы гранитной серии, в которых много урана, являются активными источниками радона, в то время как над поверхностью морей и крупных озер радона практически нет. Многое зависит и от метеоусловий: во время дождей

микротрещинки, по которым радон поступает из почвы, заполняются водой, снежный покров и ледяная корочка препятствуют доступу радона в воздух – происходит как бы герметизация путей выхода радона на поверхность земли. Летом же, в период оттаивания, возможно усиление потока эманации на поверхность. Перед землетрясениями наблюдается повышение концентрации радона в воздухе, вероятно, благодаря более активному обмену воздуха в грунте вследствие роста микросейсмической активности.

Интересен (пока на уровне дискуссий) вопрос о важной роли собственно атмосферных источников радона в поверхностных грунтах. Так, по данным М.И. Автушко [1] обнаружена прямая связь концентрации радона в атмосфере Земли и параметрами его эманирования с поверхности земной суши в атмосферу. Эти данные показывают, что общее содержание радона в атмосфере значительно превышает то количество, которое поступает в атмосферу из земной коры. Очевидно, что избыток радона в атмосфере обусловлен его поступлением из вещества, содержащегося непосредственно в самой атмосфере. Авторы в зависимости от природы вещества, постоянно содержащегося в атмосфере, выделяют две группы: земные и космические. К первой группе отнесено находящееся в атмосфере вещество, содержащее уран: продукты вулканических извержений, частицы пыли, перемещаемые ветром, выбросы промышленных предприятий. Во вторую группу включено метеоритное вещество, большая часть которого сгорает в атмосфере. По количеству доставляемого на земную поверхность урана-238, продуцирующего радон, этот источник не уступает земным источникам. Так, одна тонна метеоритного вещества в среднем содержит 1г урана-238, который способен продуцировать  $1,2 \times 10^4$  беккерелей радона.

Ранее мы отмечали некоторые области в Беларуси с повышенным содержанием радона. В геолого-структурном отношении к ним относятся регионы, связанные с Белорусским кристаллическим массивом, Микашевичским кристаллическим выступом, частично с Припятским прогибом и Подляско-Брестской впадиной. По данным БелНИГРИ, более 20% территории республики относится к разряду радоноопасных, что связывается как с неглубоким залеганием гранитоидов кристаллического фундамента, так и с широким развитием активных разрывных нарушений, дренирующих глубинные зоны эманирования. Установлено аномальное распределение радона в почвенном воздухе надразломных зон в пределах Воложинского грабена, обнаружены аномальные содержания радона в почвенном воздухе надразломных зон на Скидельском, Рогачевском, Дуброхинском и Горецко-Шкловском участках (до 15,0–25,0 кБк/м<sup>3</sup>). Подобные данные получены также и для ряда зон тектонических разломов Минска. С разрывными нарушениями связывается повышение концентрации радона в почвенном воздухе, что подтверждается работами М.И. Автушко, А.В. Матвеева, Л.А. Нечипоренко [2; 7]. При этом радоновые аномалии увязываются не только с возрастанием урановой минерализации горных пород в зонах дизъюнктивных дислокаций, но и с протекающими активными геодинамическими и геохимическими процессами. Более того, практически подтверждено существование зависимости между содержанием радона в грунтах и геодинамическими факторами, параметры влияния которых накладываются друг на друга, что определяет сложно-периодическую картину флюктуации измеренных данных.

О радоноопасности территории Беларуси говорят интересные данные геологов по содержанию радона в подземных водах и артезианских скважинах. В Гродненский, Минской и Витебской областях геофизические условия способствуют интенсивному выделению радона из почвы. Кроме того, в Гродненской области на большой территории наблюдается высокое содержание радона в воде. Повышенное содержание радона в почве, а также источники близлежащих радононасыщенных вод и их использование могут привести к дополнительной дозовой нагрузке. Территории Беларуси в целом

свойствен обширный спектр разнообразных по составу и свойствам минеральных вод и рассолов. Исключением являются участки в пределах Белорусской антеклизы и Полесской седловины, где вскрыта зона целиком пресноводного разреза осадочного чехла, хотя и здесь известны радоновые подземные воды.

Но от радона есть и вполне определенная польза, на что в последние годы все больше и больше обращается внимание. Способность радона адсорбироваться на металлических поверхностях и не диффундировать вглубь позволяет использовать его для определения поверхности металлических предметов. Радон успешно применяют в геологии для качественной оценки сохранности кристаллической структуры радиоактивных минералов, используемых изотопной геохронологией. С помощью радоноксенонового метода определяется возраст урановых минералов, а сам радон применяется в качестве радиоактивного газа для исследования утечки трубопроводов, скорости движения газов, изготовления радон-бериллиевых источников нейтронов.

Выделение радона твердыми телами, содержащими материнский элемент (эманирование), зависит от температуры, влажности и структуры тела и меняется в очень широких пределах. Отсюда большие возможности эманационного метода исследования твердых веществ. На определении концентрации радона в поверхностном слое воздуха основаны эманационные методы разведки урановых и ториевых руд. По эманационным аномалиям геофизики судят о содержании радиоактивных руд в различных участках земной коры на больших глубинах. Сравнительно недавно учеными было установлено повышение концентрации радона и некоторых других элементов в подземных водах, находящихся вблизи эпицентра землетрясения, что позволило создать метод прогноза землетрясений, который уже не раз оправдывал себя на практике.

Изучение радона помогает исследовать состояние и дефекты различных материалов, в частности, радоновыми индикаторами успешно пользуются для контроля противогазов на их герметичность. Радон помогает следить за ходом технологических процессов в производстве таких необходимых материалов, как сталь и стекло. В сельском хозяйстве радон используется для активации кормов домашних животных, в гидрологии – для исследования взаимодействия грунтовых и речных вод. И, конечно, радон издавна используется в медицине, где с помощью радоновых ванн и целого ряда специфических операций на основе радоновой воды лечатся многие заболевания.

Опасное воздействие радиации на организм человека общеизвестно. По данным ООН, в ежегодной дозе облучения, получаемой человечеством, доля воздействия продуктов от вредных испытаний составляет всего 0,7%, от работы АЭС – 0,3%, а вот доля медицинских исследований (рентген, радио- и лазеротерапия) гораздо выше – 34% всей годовой дозы. Сопоставима с этой долей природных источников радиации (естественный фон излучения, зависящий от геологических и планетарных факторов) – 22%. Основная же доля радиации приходится на воздействие атмосферных продуктов распада радиоактивного газа радона – 43%. Так что радон намного опаснее Чернобыля и его негативных последствий [4]. И несмотря на это, радон полезен, особенно радоновые воды. При этом они могут быть как из естественных источников, содержащих радон, так и из искусственных, насыщенных радоном.

Природа на удивление изобретательна и многообразна. То, что крайне опасно и порой смертельно, может при определенных обстоятельствах приносить ощутимую пользу. Например, лечение ряда заболеваний методом радиотерапии, при котором происходит облучение организма человека радоном. Причём в организм проникает около 1% радона, содержащегося в воде. Радиоактивность (в том числе и радоновая) в малых дозах является жизненно необходимым условием, стимулирующим защитные и иные функции организма. Поэтому можно твердо говорить, что радон хоть и опасен, но чрез-

вычайно полезен и нужен, особенно больным людям. Здоровье человека и увеличение продолжительности жизни является в настоящее время самой актуальной проблемой человечества. Она зависит, прежде всего, от условий жизни, окружающей среды, экологического и экономического благополучия, рациона питания и медицинского обслуживания и лечения, в том числе и радонового.

Основные запасы лечебных радоновых вод обнаружены в трещиноватой зоне пород кристаллического фундамента, обогащенной радиоактивными элементами. Воды вскрыты на территории Гродненской области (Новогрудок, Привалки, Поречье, Дятлово, Рыбаки, Новоелья), Минской области (Несвиж) и Брестской области (Молчадь, Барановичи). Водовмещающими породами являются трещиноватые гнейсы, граниты, гранитогнейсы, диориты и габбро. Самый перспективный район ограничивается на юге Гродненской области линией Новоелья–Дятлово–Щучин и простирается в северном направлении до границы с Литвой. Подземные воды, содержащие радон, вскрыты в неглубокозалегающих от поверхности породах фундамента и добываются из четырех источников-скважин глубиной 270–311 метров.

Воды холодные (9–11°C), слабоминерализованные (0,4–0,6 г/л), слаборадоновые (185–1480 Бк/л), ионно-солевой состав гидрокарбонатный магниево-кальциевый. Воды напорные, самоизливающиеся (статические уровни на 0,4–0,7 м превышают отметки земной поверхности). Запасы 40,6–304,0 м<sup>3</sup>/сут. Водообильность скважин варьируется в широких пределах (0,6–4,0 л/сут при понижении 7–50 м). Используются они при лечении заболеваний опорно-двигательного аппарата, сердечнососудистых, неврологических, гинекологических и урологических заболеваний.

Данные воды приурочены непосредственно к сводовой части Белорусского кристаллического массива. Водовмещающие отложения – граниты, гранодиориты и гранитогнейсы архейского возраста. Месторождение (здесь впоследствии был построен санаторий «Радон») источника – в пределах зоны активного водообмена, где подземные воды трещинного типа циркулируют в тектонически нарушенных зонах горных пород. Непосредственно на территории санатория «Радон» лечебные воды вскрыты скважинами № 3 и № 4. Кроме того, радоновые гидрокарбонатные магниево-кальциевые воды вскрыты скважиной № 36 в районе города Дятлово Гродненской области, скважиной № 18 в Несвиже Минской области и скважинами № 7 и № 8 у деревни Молчадь Барановичского района Брестской области (месторождения Новоельянинское).

Понятие «радоновая вода» объединяет некоторые подклассы лечебных минеральных вод гидрокарбонатного класса. Например, в деревне Рыбаки Гродненской области вскрыты гидрокарбонатные магниево-кальциевые воды на глубинах около 145–150 метров, их минерализация не более 0,3–0,4 г/л, объемная активность радионуклидов не превышает значений от 200–250 до 1300–1500 Бк/л [5; 8].

Для более полномасштабного понимания распространения радона на территории Беларуси необходимо завершить районирование радоноопасных участков, составить карты радоногидрологического опробования, оптимизировать проведение научных исследований и усилить контроль над содержанием природных радионуклидов в питьевой воде и воздухе. В целом же проблемы повышенного содержания радона волнуют сегодня людей не только в Беларуси, но и во многих других странах мира.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автушко, М.И. Геохимическое поле радона в поровом воздухе почв над погребенной трубкой взрыва / М.И. Автушко, К.Н. Буздалкин // *Литасфера*. – 1995. – № 3. – С. 158–160.

2. Автушко, М.И. Проявление линейных нарушений в концентрациях радона в покровных отложениях Воложинского грабена / М.И. Автушко, А.В. Матвеев, Л.А. Нечипоренко // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 1996. – Т. 40, № 6. – С. 92–94.
3. Богдасаров, А.А. Радон: минусы и плюсы коварной невидимки / А.А. Богдасаров. – Брест : Брестская типография, 2008. – 64 с.
4. Гофман, Дж. Чернобыльская авария: радиационные последствия для настоящего и будущих поколений / Дж. Гофман. – Мн. : Высшая школа, 1994. – 574 с.
5. Кудельский, А.В. Радиоактивное загрязнение и прогноз состояния природных вод Беларуси / А.В. Кудельский // Природные ресурсы. – 1997. – № 4. – С. 41–51.
6. Лобач, Д.Б. Радон в Беларуси / Д.Б. Лобач // Промышленная безопасность. – 2006. – № 12. – С. 13–14.
7. Матвеев, А.В. Линеаменты территории Беларуси / А.В. Матвеев, Л.А. Нечипоренко. – Мн. : ИГН НАН Беларуси. – 2001. – 124 с.
8. Ясовеев, М.Г. Экомониторинг минеральных вод и лечебных грязей / М.Г. Ясовеев. – Мн. : Медэлектроника, 2002. – С. 392–396.

***A.A. Bogdasarov, M.A. Bogdasarov. Radon: Physical and Chemical Characteristics and Geological Aspects of Health Problems***

The article is devoted to inert radioactive gas radon. In this paper we give a characterization of physical and chemical characteristics, the geological conditions of education, the prospects for the use of radon. The article deals with the negative aspects of radon exposure on the human organism, methods of protection against radon hazard, issues of radon therapy and the prospects of its development on the territory of Belarus.

УДК 546.287

***В.В. Коваленко, Н.П. Ерчак*****РОСТРЕГУЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ  
ГИДРООКСАЛАТА ДИМЕТИЛ(2-ТИЕНИЛ)-  
γ-[(N-МЕТИЛ)-N'-ПИПЕРАЗИНОПРОПИЛ]СИЛАНА**

Получен и охарактеризован  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{29}\text{Si}$  ЯМР-спектроскопически гидрооксалат диметил(2-тиенил)-γ-[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана. Изучена рострегулирующая активность названного соединения на культуре редиса в полевых условиях. Определены концентрации водных растворов гидрооксалата, дающих стимулирующий эффект в отношении энергии прорастания семян редиса, всхожести и урожайности корнеплодов. Установлено, что обработка семян редиса 0,00001 М раствором изучаемого соединения достоверно повышает урожайность корнеплодов редиса. Сопоставлена активность соединения в лабораторных и полевых условиях.

**Введение**

Кремнийорганические соединения представляют значительный интерес как регуляторы роста растений [1–4].

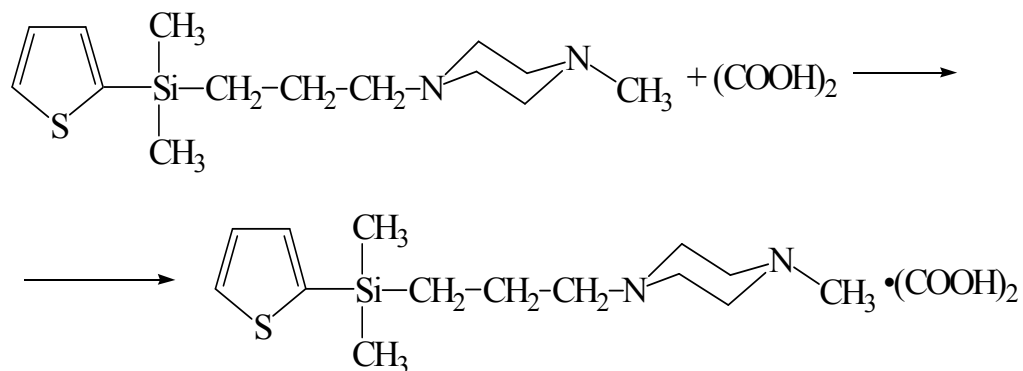
Нами были получены и изучены на предмет регулирующей рост растений активности новые кремнийорганические соединения – гидрооксалаты γ-аминопропилсиланов, содержащие в составе молекулы один и два бензильных заместителя. Были определены концентрации их водных растворов, дающих стимулирующий эффект в отношении энергии прорастания семян, всхожести, общего прироста длины зародышевых корешков и урожайности корнеплодов редиса [5–8].

Нами был также получен гидрооксалат диметил(2-тиенил)-γ-[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана. Данное соединение представляет значительный интерес. Во-первых, до наших исследований изучение рострегулирующей активности гетероароматических производных кремния не проводилось. Во-вторых, благодаря наличию в молекуле гетероциклических систем тиофена и N-метил-N'-пиперазина обладает специфическими электронными эффектами, способными придать ему интересные и полезные свойства. Ранее нами было показано, что в лабораторных условиях обработка семян редиса растворами гидрооксалата диметил(2-тиенил)-γ-[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана повышает энергию прорастания на 10–14%, всхожесть семян – на 17–18%, а также достоверно повышает общий прирост длины зародышевых корешков [9]. Настоящая работа посвящена изучению рострегулирующей активности гидрооксалата диметил(2-тиенил)-γ-[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана на культуре редиса в полевых условиях.

**Синтез и идентификация гидрооксалата диметил(2-тиенил)-γ-[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана**

Гидрооксалат диметил(2-тиенил)-γ-[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана был получен в результате взаимодействия эквимольных количеств N-метил-N'-γ-[[диметил(2-тиенил)силил]пропилпиперазина со щавелевой кислотой в ацетоне при комнатной температуре:





Спектр ЯМР синтезированного соединения зарегистрирован на спектрометре Varian MERCURY-plus. Внутренний стандарт TMC.

Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (DMSO, 25 °C, 400 MHz),  $\delta$  (ppm): 0 (s, 6 H,  $\text{Si}(\text{CH}_3)_2$ ); 0.42 (t, 2 H,  $\text{SiCH}_2$ ); 1.22 (m, 2H,  $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ); 2.25 (s, 3 H,  $\text{NCH}_3$ ); 2.38-2.62 (m, 8 H,  $\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NCH}_3$ ); 2.80 (t,  $^3\text{J}=5.7$  Hz, 2 H,  $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ); 6.94 (t,  $^3\text{J}=4.7$  Hz, 1 H,  $\text{H}_4$ ); 7.03 (d,  $^3\text{J}=3.3$  Hz, 1 H,  $\text{H}_3$ ); 7.55 (d,  $^3\text{J}=4.7$  Hz, 1 H,  $\text{H}_5$ ).

Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (DMSO, 25 °C, 100.6 MHz),  $\delta$  (ppm): -5.0 ( $\text{Si}(\text{CH}_3)_2$ ); 13.7 ( $\text{SiCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ); 19.8 ( $\text{SiCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ); 50.2-52.8 ( $\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NCH}_3$ ); 59.7 ( $\text{SiCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ); 128.9 ( $\text{C}_3$ ); 131.8 ( $\text{C}_4$ ); 135.4 ( $\text{C}_2$ ); 138.0 ( $\text{C}_1$ ); 163.9 (COOH).

Спектр ЯМР  $^{29}\text{Si}$  (DMSO, 25 °C, 79.5 MHz),  $\delta=3.9$  ppm.

### Изучение рострегулирующей активности

Исследования рострегулирующей активности проводились на культуре редиса (сорт «Белый с розовым кончиком»). Изучалось влияние четырех различных концентраций (0,001 М; 0,0001 М; 0,00001 М и 0,000001 М) гидрооксалата. Мелкоделяночные полевые опыты закладывались в условиях защищенного грунта (под пленкой (спанбонд) в четырехкратной повторности, по 50 семян редиса в каждой повторности, с использованием рендомизированного (случайного) метода распределения вариантов [10]. Условием воздействия являлось замачивание семян в растворах изучаемого вещества. Время экспозиции – 1 час. В качестве контроля использовались растения, полученные из семян, которые замачивались в дистиллированной.

Рострегулирующая активность оценивалась по следующим морфобиологическим критериям роста и развития растений: энергия прорастания семян – способность семян быстро и одновременно прорасти (определяется как процент нормально проросших семян за определенное время); всхожесть – способность семян образовывать нормально развитые проростки (определяется как отношение нормально проросших семян к общему числу семян, взятых для проращивания) [11; 12], масса корнеплодов [10].

Влияние растворов исследуемых веществ на эти показатели изучалось путем фенологических наблюдений и биометрических измерений. Статистическая обработка велась по Рокицкому [13]. Вычислялись средние значения результатов определения энергии прорастания, всхожести семян, массы корнеплодов, стандартное отклонение, ошибка среднего арифметического. Точность отличий между данными контроля и опыта определялась на основе критерия Стьюдента.

Данные по влиянию растворов изучаемого соединения на показатель энергии прорастания семян редиса в полевых условиях представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние растворов гидрооксалата диметил(2-тиенил)- $\gamma$ -[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана на показатель энергии прорастания семян редиса

Вариант эксперимента	Энергия прорастания, %	
Контроль	79	–
0,001 М	79	–
0,0001 М	83	+4
0,00001 М	84	+5
0,000001 М	80	+1

Очевидно, что стимулирующее действие гидрооксалата в условиях полевого эксперимента проявляется в меньшей степени, чем в условиях лабораторного опыта. Если обработка семян редиса 0,00001 М раствором соединения повышала энергию прорастания на 13% по сравнению с контролем в лабораторном эксперименте [9], то в полевом – на 5%. Однако, как видим из приведенных в таблице 1 данных, стимулирующее действие малых концентраций гидрооксалата сохраняется.

Данные по влиянию растворов изучаемого соединения на показатель всхожести семян редиса представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние растворов гидрооксалата диметил(2-тиенил)- $\gamma$ -[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана на показатель всхожести семян редиса

Вариант эксперимента	Всхожесть, %	
Контроль	80	–
0,001 М	79	-1
0,0001 М	85	+5
0,00001 М	85	+5
0,000001 М	80	–

Анализируя представленные в таблице 2 результаты, следует отметить стимулирующее действие в отношении показателя всхожести семян 0,0001 М и 0,00001 М растворов гидрооксалата, которые повышали данный показатель на 5% по сравнению с контролем. В условиях лабораторного опыта растворы названных концентраций повышали всхожесть на 17% и 18% соответственно по сравнению с контролем [9].

Данные по влиянию растворов изучаемого соединения на показатель урожайности корнеплодов редиса представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние растворов гидрооксалата диметил(2-тиенил)- $\gamma$ -[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана на массу корнеплодов редиса

Масса корнеплодов, г				
Контроль	0,001 М	0,0001 М	0,00001 М	0,000001 М
16,02 $\pm$ 1,17	16,11 $\pm$ 1,07	18,80** $\pm$ 0,69	19,65* $\pm$ 0,24	17,04 $\pm$ 0,94
* при уровне значимости $p < 0,01$				
** при уровне значимости $p < 0,05$				

Из приведенных в таблице 3 данных можно сделать вывод, что обработка семян редиса 0,0001 М и 0,00001 М растворами гидрооксалата достоверно повышает урожайность корнеплодов.

### Выводы

В условиях полевого опыта гидрооксалат диметил(2-тиенил)- $\gamma$ -[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана проявляет регулируемую рост растений активность. Наибольшим стимулирующим эффектом характеризуется 0,00001 М раствор изучаемого соединения. Обработка семян редиса раствором гидрооксалата данной концентрации повышает энергию прорастания и всхожесть семян на 5% по сравнению с контролем и достоверно повышает урожайность корнеплодов.

Активность гидрооксалата диметил(2-тиенил)- $\gamma$ -[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана в полевом и лабораторном опыте отличается. Так, под влиянием 0,00001 М раствора гидрооксалата энергия прорастания и всхожесть семян редиса в лабораторном опыте повышаются на 13% и 18% соответственно по сравнению с контролем, а в полевом опыте оба показателя повышаются на 5% по сравнению с контролем.

Полученные результаты делают перспективным дальнейшее изучение рострегулирующей активности гидрооксалата диметил(2-тиенил)- $\gamma$ -[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана на других растительных объектах.

*Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор № Х08М–198).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронков, М.Г. Кремний и жизнь. Биохимия, фармакология и токсикология соединений кремния / М.Г. Воронков, Г.И. Зелчан, Э.Я. Лукевиц. – Рига : Зинатне, 1978. – 587 с.
2. Silicon Biochemistry : Ciba Foundation Symposium 121 / Chichester – New York – Sydney – Toronto – Singapore : A-Wiley-Interscience Publication, 1986. – 269 p.
3. Стимулятор роста растений : пат. 7079 Респ. Беларусь, С 1 А 01 N 55/10 / Н.П. Ерчак, И.Д. Лукьянчик, Т.А. Коваль, О.О. Андрияк ; заявл. 23.07.01 ; опубл. 30.03.03 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2005. – № 2. – С. 114–115.
4. Воронков, М.Г. Новый биостимулятор – мивал в сельском хозяйстве / М.Г. Воронков, И.Г. Кузнецов, В.М. Дьяков. – М. : Наука, 1982. – 167 с.
5. Ерчак, Н.П. Гидрооксалат метилбис(фенилметил)- $\gamma$ -пиперидинопропилсилана / Н.П. Ерчак [и др.] // Журнал общей химии. – 2008. – Т. 78. – Вып. 9. – С. 1580–1581.
6. Коваленко, В.В. Гидрооксалаты метилбис(фенилметил)- $\gamma$ -пирролидинопропилсилана и метилбис(фенилметил)- $\gamma$ -пиперидинопропилсилана / В.В. Коваленко, А. Ювко, Э. Лиепиньш // Латвийский химический журнал. – 2008. – № 4. – С. 398–399.
7. Коваленко, В.В. Рострегулирующая активность гидрооксалатов метилбис(фенилметил)- $\gamma$ -аминопропилсиланов / В.В. Коваленко, О.О. Ломакова, Н.П. Ерчак // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2010. – № 1. – С. 52–59.
8. Ерчак, Н.П. Сравнительная активность гидрооксалатов  $\gamma$ -аминопропилсиланов / Н.П. Ерчак [и др.] // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2010. – № 1. – С. 28–40.

9. Каваленка, В.В. Біялагічная актыўнасць крэмнійарганічных злучэнняў 3. Гідрааксалат дыметыл(2-тыяніл)- $\gamma$ -[(N-метыл)-N'-піперазінапрапіл]сілану / В.В. Каваленка, В.А. Ламакова // *Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Сер. прыродазнаўчых навук.* – 2007. – №1. – С. 87–91.

10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд. дополн. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

11. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038–84. – Введ. 01.07.86. – М. : М-во сельского хозяйства СССР : Изд-во стандартов, 1985. – 57 с.

12. Семена сельскохозяйственных культур. Определение посевных качеств семян. Термины и определения : ГОСТ 20290–74. – Введ. 01.07.75. – М. : Всесоюзный ин-т растениеводства : Изд-во стандартов, 1975. – 23 с.

13. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. – Минск : Вышэйшая школа, 1973. – 316 с.

***V.V. Kavalenka, N.P. Erchak.. Growth Regulating Activity of Dimethyl(2-Thienyl)- $\gamma$ -[(N-Methyl)-N'-Piperazinepropyl]Silane***

<sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C, <sup>29</sup>Si NMR-spectroscopy of the dimethyl(2-thienyl)- $\gamma$ -[(N-methyl)-N'-piperazinepropyl]silane was obtained and characterized. The growth regulating activity of this compound was studied on radish in field conditions. The concentrations of aqueous solutions of the hydrooxalate stimulating germination energy, germination capacity of radish seeds and radish productivity were defined. It was found out that the treatment of radish seeds with 0,00001 M solution of the compound truly raises radish productivity. The activity of the compound in the field and a laboratory was contrasted.

УДК : 691.544: 666.941.2

*Н.С. Ступень, М.В. Лукашевич*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ ХЛОРИД-ИОНОВ И РЕАКЦИИ СРЕДЫ НА ТЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ В ЦЕМЕНТНОМ КАМНЕ И СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЕ**

Исследованы строительные смеси аналитическими методами (качественное и количественное определение хлорид ионов, определение pH водных вытяжек из бетона). Установлено взаимное влияние количественного содержания хлорид-ионов и реакции среды на течение процессов коррозии в цементном камне и стальной арматуры железобетонных конструкций. Установлено, что низкие значения pH могут усилить действие агрессивных хлорид-ионов на стальную арматуру.

Бетонные и железобетонные конструкции обычно составляют значительную и важную часть национальной инфраструктуры. Вопрос о долговечности таких конструкций в зданиях и сооружениях является одним из важнейших. Многие здания и сооружения должны эксплуатироваться в течение 100 лет и более. Однако на практике нередко случаи ошибок в выборе материалов, подборе качественного и количественного состава, реализации технологического процесса. В ряде случаев в связи с ухудшением экологической обстановки не учитываются действительные условия эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций. Все это приводит к раннему повреждению и ограничению сроков службы таких конструкций.

В большинстве стран огромные расходы приходятся на ремонтные работы, технический уход и восстановление существующих конструкций. Большая часть этих расходов вызвана проблемами, связанными с недостаточной прочностью и недолговечностью таких сооружений. Недолговечность и преждевременное окончание срока эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций не только создают технические и экономические проблемы, но также оказывают негативное влияние на окружающую среду и безопасность человека [1].

Коррозия стальной арматуры в бетоне является основной проблемой, с которой сегодня сталкиваются специалисты, которые должны поддерживать в работоспособном состоянии бетонные и железобетонные конструкции.

Существует два основных фактора, вызывающих коррозию арматуры в бетоне. Это карбонизация и присутствие хлорид-ионов, которые либо были составляющими бетона с самого начала, либо проникли в бетон из окружающей среды за время срока эксплуатации.

Наиболее технически сложной и серьезной причиной повреждения и преждевременного разрушения железобетонных конструкций является неконтролируемое проникновение хлорид-ионов из окружающей среды [1].

Хлориды являются распространенным компонентом поверхностных и грунтовых вод. Хлорид-ионы сами по себе инертны по отношению к цементному клинкеру, так как не образуют труднорастворимых соединений с кальцием – главным элементом минералов цементного камня. В основном их агрессивность связывают только с коррозией стальной арматуры в железобетонных конструкциях. Однако при исследовании влияния жидких агрессивных сред на процессы изменения фазового состава цементного камня необходимо учитывать совместное влияние всех ионов [4].

Бетон обеспечивает высокий уровень безопасности стальной арматуры от коррозии вследствие высокой щелочности ( $\text{pH} \approx 13$ ) растворов, содержащихся в порах. При высокой щелочности сталь находится в пассивированном состоянии. Кроме того, хорошо консолидированный и правильно выдержанный бетон с низким водоцементным отношением обладает низкой водопроницаемостью, что минимизирует проникновение факторов, вызывающих коррозию стальной арматуры, таких как хлорид-ион, углекислый газ, влага и т.д. Если бетон должным образом спроектирован, применен и обслужен, не должно возникать значительных проблем с коррозией стали во время срока эксплуатации конструкций.

Однако часто на практике не соблюдаются все требования по прочности и долговечности железобетонных конструкций. Высокая концентрация хлоридов в защитном слое бетона вызывает депассивацию стальной арматуры. Хлорид-ионы атакуют пассивный слой, но, в отличие от карбонизации, не происходит общего падения  $\text{pH}$ . Хлориды действуют как катализаторы для инициации коррозии, когда возникает достаточная концентрация их на поверхности арматуры [1; 2].

Риск коррозии арматуры связывается с уровнями содержания хлорид-иона как в некарбонизированном, так и в карбонизированном бетоне. Использование цементов с высоким содержанием  $\text{C}_3\text{A}$  ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) считается способствующим хорошей сопротивляемости коррозии, из-за способности химически связывать хлориды при помощи образования хлороалюмината кальция  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , называемого соль Фриделя.

Важность хлорид-ионов в процессе коррозии арматуры в бетоне привела к концепции порогового значения хлоридов или критической концентрации хлоридов, которая может быть определена как минимальный уровень хлоридов в глубине арматуры, что вызывает активную точечную коррозию арматуры.

В литературе уровень пороговых значений обычно варьируется от 0,17% до 2% к весу цемента. В Великобритании, в Норвегии, например, максимально допустимое значение общего хлорида по весу цемента в нормальном бетоне – 0,4%. В США Американский Институт Бетона рекомендует максимально допустимое значение общего хлорида по весу цемента – 0,2% [1].

В настоящее время для улучшения качества цементных и бетонных композиций применяются различные химические добавки. Самым распространенным видом таких добавок является сульфат натрия с примесями хлорида натрия или калия, которые в значительной степени влияют на сроки схватывания цемента. Но в связи с этим необходимо отметить, что наиболее интенсивные коррозионные повреждения железобетонных конструкций отмечаются при действии на них жидких агрессивных сред, содержащих хлориды. Агрессивные хлорсодержащие среды вызывают коррозию стальной арматуры в железобетонных конструкциях, которая значительно сокращает сроки эксплуатации водозащитных объектов, а также ряда других объектов, подверженных контакту с хлорсодержащими средами. Невысокая прочность, недолговечность и преждевременное окончание срока эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций вызывают экологические проблемы, а также проблемы, связанные с охраной окружающей среды и утилизацией природных ресурсов.

### **Материалы и методика исследований**

Целью данных исследований является изучение совместного влияния количественного содержания хлорид-ионов и  $\text{pH}$ -среды на процессы коррозии в цементном камне и стальной арматуре.

Объектами исследований являются пробы бетона с железобетонных плит, использованных при строительстве средней школы (д. Первомайская Березовского рай-

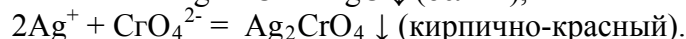
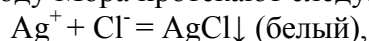
она), и пробы бетона с железобетонных плит жилого дома № 2 по ул. Кобринской в г. Пружаны Брестской области.

Для проведения испытаний пробы бетона раздробили и измельчили. Удалили легко отделяемые куски крупного заполнителя. Оставшуюся часть измельчили в ступках до порошкообразного состояния.

*Количественное определение хлорид-ионов.*

Измельченную пробу бетона массой 16 г заливали 100 мл дистиллированной воды, встряхивали в течение одного часа. Затем отстаивали в течение 24 часов и фильтровали. Испытание фильтрата проводили аргентометрией (методом Мора). В качестве индикатора применяли раствор хромата калия  $K_2CrO_4$ .

При титровании по методу Мора протекают следующие реакции:



Ионы  $CrO_4^{2-}$  реагируют с ионами  $Ag^+$  с образованием осадка кирпично-красного цвета, но окрашенный осадок в определенных условиях начинает выделяться лишь после того, как ионы  $Cl^-$  практически нацело осаждены в виде хлорида серебра  $AgCl$ . Это возможно вследствие того, что растворимость осадка хромата серебра ( $IP(Ag_2CrO_4) = 2 \times 10^{-12}$ ) выше растворимости галогенидов серебра, для которого  $IP(AgCl) = 1,7 \times 10^{-10}$ . Осадок хромата серебра в точке эквивалентности образуется при концентрации индикатора 0,01 н.

Титрование проводили в нейтральной среде, так как в кислой среде резко снижается чувствительность индикатора, а в щелочных растворах выделяется гидроксид серебра.

Установка точной нормальности нитрата серебра проводили титрованием хлоридом натрия, приготовленным из фиксаля (концентрация 0,01 моль-экв/л). Нормальность нитрата серебра вычисляли по формуле:

$$N_{(AgNO_3)} = \frac{N_{(NaCl)} V_{(NaCl)}}{V_{(AgNO_3)}}.$$

Фильтрат вытяжки из пробы образца переместили в колбу на 100 мл и довели до метки дистиллированной водой. Для определения количества хлорид-ионов в образцах 20 мл пробы каждого образца титровали нитратом серебра установленной концентрации в присутствии 0,5 мл 5% раствора хромата калия. Для каждой пробы проводили не менее 3 титрований и по среднему объему нитрата серебра рассчитывали нормальность хлорид-ионов. Титрование заканчивали в момент перехода окраски суспензии из желтой в красно-бурую. Первоначально делали титрование контрольной пробы дистиллированной воды. Исследования проб проводили минимум 3 раза. Массу хлорид-ионов в исследуемой пробе в граммах определяли по следующей формуле:

$$m(Cl^-) = \frac{(V_1 - V_2) C_{\text{экв}}(AgNO_3) M_{\text{экв}}(Cl^-) V_{\text{мерн. колбы}}}{1000 V_{\text{итир. колбы}}}, \text{ г}$$

$V_1$  – объем раствора нитрата серебра, израсходованного на титрование пробы дистиллированной воды в контрольном опыте;

$V_2$  – объем раствора нитрата серебра, израсходованного на титрование пробы исследуемого образца;

$C_{\text{экв}}(AgNO_3)$  – молярная концентрация раствора нитрата серебра;

$M_{\text{экв}}(Cl^-)$  – молярная масса эквивалента иона хлора, равная 35,5 г/моль;

$V_{\text{мерн. колбы}}$  – объем мерной колбы – 100 мл;

$V_{\text{пипетки}}$  – объем исследуемой пробы, взятой для титрования – 20 мл.

Содержание хлорид-ионов в цементе в процентах определяли по формуле:

$$W(\%) = \frac{m(Cl^-) 100\%}{\ddot{O}}$$

Массу цемента ( $\ddot{O}$ ) в пробе цементно-песчаной смеси определяли с учетом фактического состава бетона. Для этого делили массу навески измельченной пробы бетона на 3,5, исходя из расхода цемента и песка в бетоне.

*Определение степени выщелачивания поверхностных слоев бетона.*

Пробы бетона массой от 75 до 100 г высушивали при температуре 105° С до постоянной массы. Исследуемые образцы размельчали с удалением заполнителя и растирали в фарфоровой ступке до размеров 0,2–0,5 мм. Навеску измельченной пробы массой приблизительно 16 г помещали в колбу и приливали 100 мл дистиллированной воды, встряхивали автоматически в течение часа и оставляли на сутки. После отстаивания раствор отфильтровывали и измеряли рН (водородный показатель) фильтрата. Для приблизительного определения рН использовали универсальную индикаторную бумагу, окраску которой наглядно сравнивали с калиброванной шкалой. Точное измерение рН производили рН-метром.

### Результаты исследований

Анализ экспериментальных данных показал, что содержание хлорид-ионов в исследуемых пробах бетона здания средней школы (д. Первомайская Березовского района) очень мало (практически находится за пределами чувствительности). Отсюда следует, что бетон не содержит агрессивных ионов, которые могли бы вызывать коррозию стальной арматуры. Полученные результаты по содержанию хлорид-ионов в анализируемых пробах представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание хлорид-ионов в исследуемых пробах бетона здания средней школы (д. Первомайская Березовского района)

№ пробы	Масса навески, г	Объем вытяжки, мл	Объем пробы для титрования, мл	Нитрат серебра		Масса $Cl^-$ ионов в навеске, г	Содержание $Cl^-$ ионов в навеске, %	Содержание $Cl^-$ ионов в цементе, %
				Нормальность, моль-экв/л	Средний объем на титрование, мл			
1	16	100	20	0,00988	0,267	0,00029	0,0018	0,0063
2	16	100	20	0,00988	0,633	0,0009	0,0056	0,02
3	16	100	20	0,00988	0,2	0,00017	0,001	0,0038
4	16	100	20	0,00988	0,9	0,0017	0,0087	0,031
5	16	100	20	0,00988	0,683	0,001	0,0064	0,022
6	16	100	20	0,00988	0,2167	0,0003	0,0018	0,063

Анализ экспериментальных данных в пробах бетона жилого дома № 2 по ул. Кобринской в г. Пружаны Брестской области показал, что содержание хлорид-ионов в исследуемых пробах № 1, 3, 4, 5 находится за пределами допустимых норм. Полученные результаты по содержанию хлорид-ионов в анализируемых пробах представлены в таблице 2.



Таблица 2 – Содержание хлорид-ионов в исследуемых пробах бетона жилого дома № 2 по ул. Кобринской в г. Пружаны Брестской области

№ пробы	Масса навески, г	Объем вытяжки, мл	Объем пробы для титрования, мл	Нитрат серебра		Масса Cl <sup>-</sup> ионов в навеске, г	Содержание Cl <sup>-</sup> ионов в навеске, %	Содержание Cl <sup>-</sup> ионов в цементе, %
				Нормальность, моль-экв/л	Средний объем на титрование, мл			
1	16	100	20	0,00956	9,98	0,0161	0,10	0,352
2	16	100	20	0,0095	2,9	0,0039	0,024	0,085
3	16	100	20	0,0095	8,22	0,0128	0,08	0,28
4	16	100	20	0,0095	6,95	0,011	0,069	0,241
5	16	100	20	0,0093	8,23	0,0129	0,081	0,283

Для надежной защиты арматуры в бетоне необходимо, чтобы щелочность среды бетона была не ниже  $pH = 11,8$ . При меньших значениях  $pH$  возможна коррозия арматуры в бетоне. Сталь в щелочной среде пассивна. Наступление пассивности характеризуется резким облагораживанием электродного потенциала металла. Так, железо в активном состоянии имеет потенциал  $-0,4$  В, а в пассивном его потенциал поднимается до  $+1$  В. Пассивность обеспечивается покрытием оксидных пленок:  $Fe_2O_3$  или  $Fe_3O_4$ .

В твердеющей бетонной смеси смещение потенциала стали в положительную сторону, происходит не сразу. Значение потенциала стали, зависит от влажности и от проницаемости бетона для кислорода. Начальное значение  $pH$  в бетонной смеси велико. Со временем оно изменяется вследствие химизма процессов твердения. Поэтому важен нижний диапазон значений  $pH$ , при котором коррозия стали не идет:  $11,5-11,8$  (по некоторым источникам эта величина составляет  $12$ ). Опытным путем установили, что диапазон потенциалов стали в бетоне при  $pH = 12-12,5$  и находится в области пассивности. Понижение  $pH$  среды в бетоне наблюдается при уменьшении концентрации  $Ca(OH)_2$  вследствие выщелачивания его проточной водой или в случае использования активных минеральных добавок. Вместе с тем в поверхностных слоях бетона может наблюдаться снижение щелочности вследствие нейтрализации гидроксида кальция кислотными жидкостями и газами (карбонизация). Карбонизация защитного слоя бетона – самое распространенное агрессивное воздействие, которому подвергаются железобетонные конструкции, эксплуатируемые в природной среде. Углекислый газ, находящийся в атмосфере взаимодействует с гидроксидом кальция и едкими щелочами защитного слоя бетона. В результате этого значение  $pH$  жидкой фазы бетона падает с  $13,0$  до  $11,0$  и ниже. Такой бетон утрачивает свою защитную функцию по отношению к стали. Пассивное состояние стали нарушается и начинается процесс коррозии. Активные минеральные добавки в составе портландцемента связывают гидроксид кальция, и концентрация извести в среде может снизиться настолько, что произойдет растворение гидроалюмината кальция. Поэтому при попадании в бетон конструкции агрессивных по отношению к арматуре химических компонентов, если их концентрация превышает критическое значение, коррозия арматурной стали развивается даже при высоких показателях  $pH$  жидкой фазы бетона.

Результаты по содержанию ионов  $H^+$  в образцах бетона представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Значения pH вытяжек из проб образцов бетона здания средней школы (д. Первомайская Березовского района)

№ образца	Масса навески, г	pH фильтрата	
		Приблизительно	Точно
1	16	9	9,90
2	16	10	11,00
3	16	8	8,70
4	16	8	8,35
5	16	11	11,24
6	16	10	9,50

Таблица 4 – Значения pH вытяжек из проб образцов бетона жилого дома № 2 по ул. Кобринской в г. Пружаны Брестской области

№ образца	Масса навески, г	pH фильтрата	
		Приблизительно	Точно
1	16	9	8,40
2	16	10	9,78
3	16	11	10,64
4	16	9	9,00
5	16	9	8,48

Анализ полученных данных образцов бетонных плит здания средней школы (д. Первомайская Березовского района) позволяет сделать вывод, что pH исследуемых проб бетона ниже значения области пассивного состояния стали, что может быть причиной последующей коррозии стальной арматуры. Особенно низкие значения pH наблюдаются в пробах 3 и 4 (таблица 1). Но на данных участках железобетонной плиты коррозии стальной арматуры не наблюдалось.

Значения pH вытяжек из проб образцов бетона жилого дома № 2 по ул. Кобринской в г. Пружаны Брестской области очень малы. Во всех исследованных образцах наблюдалась сильная коррозия стальной арматуры.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что при низком содержании хлорид-ионов (в пределах 0,01–0,001% от массы цемента) низкие значения pH (8,35–9,90) не вызывают деструктивных процессов в цементном камне и в стальной арматуре. Более высокое содержание хлорид-ионов (от 0,02% и выше) при низких значениях pH вызывает язвенную коррозию стальной арматуры и деструкционные процессы в цементном камне. Для предотвращения этих процессов необходимо обеспечить достаточную щелочность цементных смесей (водородный показатель должен лежать в пределах от 12,0 до 13,0).

Таким образом, исследование строительных смесей аналитическими методами (качественное и количественное определение хлорид ионов, определение pH водных вытяжек из бетона) позволяет изучить совместное влияние процессов карбонизации и наличия хлорид-ионов на процессы коррозии стальной арматуры, определить ее причины и способы ее предупреждения и устранения.

### Выводы

На основании проведенных исследований по качественному и количественному определению хлорид-ионов и pH водных вытяжек из бетонных смесей можно сделать следующие общие выводы:

1. Анализ реакции среды водных вытяжек из образцов показал низкие значения pH при низкой концентрации хлорид-ионов в объекте 1 и при высокой концентрации хлорид-ионов в объекте 2.

2. Низкие значения pH могут усилить действие на стальную арматуру агрессивных хлорид-ионов при их концентрациях ниже критических значений, установленных в EN 206-1.

3. При концентрации хлорид-ионов выше 0,02% от массы цемента стальная арматура пассивна при pH бетонных смесей 12,0–13,0.

Исследование строительных смесей аналитическими методами (качественное и количественное определение хлорид ионов, определение pH водных вытяжек из бетона) позволяет дать следующие общие рекомендации по устранению и предупреждению коррозии арматуры железобетонных конструкций:

1. При изготовлении бетонных смесей необходимо достигнуть хорошего перемешивания компонентов. Неравномерность химического состава ухудшает качество бетона и может привести к накоплению агрессивных ионов уже в недопустимых концентрациях в отдельных частях изделия, что вызовет локальную коррозию арматуры.

2. При использовании различных добавок-ускорителей, или пластификаторов, определять их химический состав и регулировать дозировки с учетом содержания агрессивных ионов от массы цемента.

3. Для более детального анализа причин коррозии необходимо учитывать совокупность факторов, влияющих на понижение пассивности стальной арматуры. При пониженном значении pH более малые концентрации агрессивных по отношению к стали ионов могут вызывать ее коррозию.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ferreira, R.M. Probability-based durability analysis of concrete structures in marine environment / Rui Miguel Ferreira. – Guimaraes, Portugal. – 2004.

2. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин [и др.]. – М. : Стройиздат, 1980. – 536 с.

3. Горчаков, Г.И. Строительные материалы : учеб. для вузов / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов. – М. : Стройиздат, 1986. – 688 с.

4. Юхневский, П.И. Строительные материалы и изделия : учеб. пособие / П.И. Юхневский, Г.Т. Широкий. – Минск : УП «Технопринт», 2004. – 476 с.

5. Бетон. Часть 1: Общие технические требования, производство и контроль качества: EN 206-1. – Введ. 12.05.2000. – CEN/TC 104 (секретариат при DIN). – 103 с.

#### ***N.S. Stupen, M.V. Lukashevich. Research of Joint Influence of Chloride Ion and Reactions of Environment on the Flow of Processes of Corrosion in a Cement Stone and Gaggars***

Building mixtures are investigated by analytical methods (high-quality and quantitative determination of chloride ion, determination of pH of introductory extractions from concrete). Mutual influence of chloride ion quantitative content and reactions of environment to the flow of corrosion processes in a cement stone and the steel reinforcement of concrete constructions is determined. It is fixed that low values of pH can strengthen the operation of aggressive chloride ion on a steel reinforcement.

УДК 598.2/9

**С.В. Абрамчук, В.Е. Гайдук**

## СТРУКТУРА И ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ РЫБХОЗА «ЛОКТЫШИ»

Рыбхоз «Локтыши» является вторым по площади рыбхозом Беларуси. Исследования его орнитофауны проводились в 2003, 2008 и 2009 годах. За это время на рыбхозе было отмечено 66336 особей 64 видов водно-болотных птиц, неворобынообразных. Почти половина из них внесена в 3 издание Красной книги Республики Беларусь, 26 видов имеют европейский охранный статус (SPEC). Статус гнездящихся имеют 39 видов, в период весенней миграции отмечено 56, а в период осенней 44 вида. Сообщества водно-болотных птиц на рыбхозе в весенний период характеризуются высокой степенью видовой разнообразия ( $H=2,62$ ) и выравненностью ( $Eh=0,65$ ). В работе приводятся данные по трофической и эколого-морфологической структуре орнитофауны. Оценена плотность гнездования отдельных видов, и изменение их биомассы по сезонам года.

### Материалы и методы

Рыбхоз «Локтыши» был создан в конце семидесятых годов прошлого века в Ганцевичском районе Брестской области. Он расположен у северной границы физико-географического региона Припятское Полесье в верхнем течении реки Лань. С северо-запада к прудам рыбхоза вплотную примыкает водохранилище с одноименным названием. Общая площадь поверхности прудов рыбхоза составляет 2385 га, площадь водохранилища равна 1590 га. Таким образом, пруды рыбхоза и водохранилище представляют собой единый водный комплекс площадью 3975 га, который практически со всех сторон окружен лесом. Ближайшим населенным пунктом, примыкающим к рыбхозу, является деревня Будча. Рыбхоз представляет собой территорию, окруженную обводными каналами, на которой компактно расположен комплекс нагульных и выростных прудов. Всего в рыбхозе насчитывается 13 прудов нагульной системы общей площадью 2089 га. Средняя площадь пруда равна 160 га, максимальная – 232 га. Выростная система представлена 15 прудами с общей площадью 296 га, средняя площадь 19 га. Пруды рыбхоза в различной степени подвержены зарастанию надводными макрофитами. Так, степень зарастания нагульных прудов колеблется от 3% до 80% и в среднем составляет 30%. В то же время зарастание выростных прудов в среднем составляет 60%.

Исследования водно-болотной орнитофауны рыбхоза «Локтыши» проводились в 2003, 2008 и 2009 годах. Всего проведено 9 учетов: во время весенней миграции и гнездовой период 5, в период осенней миграции 4. Оценка численности проводилась согласно методам, разработанным [1; 2].

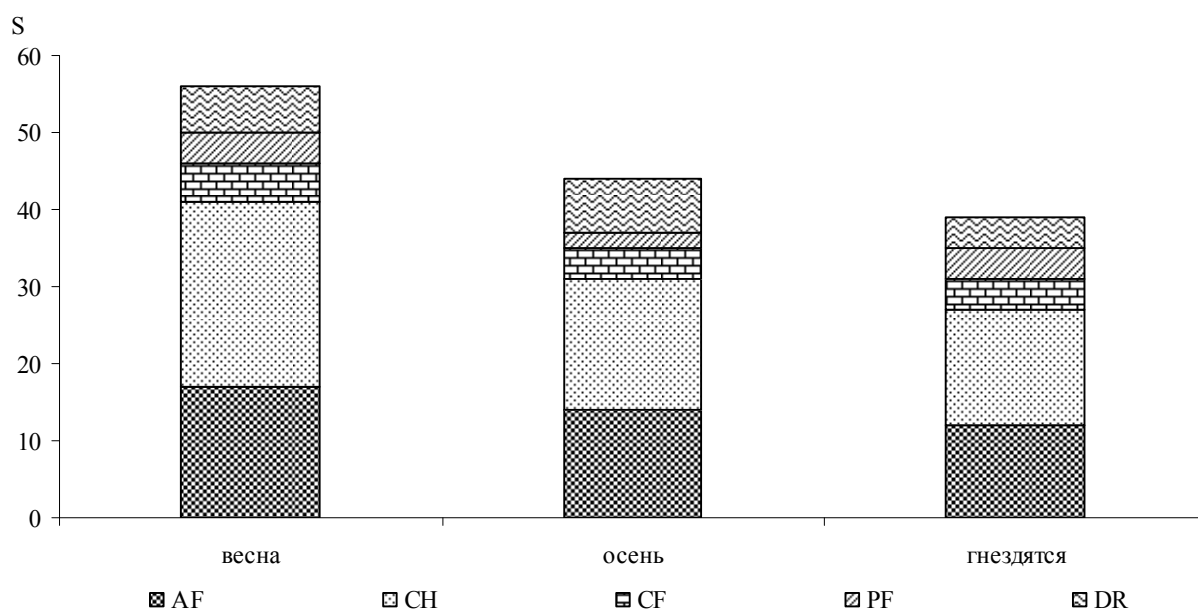
За основу подразделения водно-болотных птиц на эколого-морфологические группы приняты работы [3; 4], в которых выделяются четыре группы: водоплавающие, птицы лугов, птицы охотящиеся с лету и птицы прибрежных зарослей. Однако в отличие от этой классификации нами к группе водоплавающих отнесены представители отряда гусеобразных, рассматривавшиеся польскими исследователями в группе луговых птиц.

При распределении видов по различным трофическим группам нами использовалась работа [5]. В дополнение к данной классификации, основываясь на сведениях по питанию, изложенных в работе [6], мы выделили еще одну трофическую группу – гидроризофаги. В данную группу вошли такие виды, как *Tachybaptus ruficollis*, *Podiceps*

*grisegena*, *Podiceps nigricollis*, *Mergellus albellus*. Биомасса рассчитывалась по данным сводки [6]. Общая плотность рассчитывалась исходя из суммарной площади прудов, на которых проводились учеты. Не учитывались птицы, транзитно пролетающие над территорией рыбхоза. В качестве меры разнообразия выравненности и доминирования были рассчитаны индексы Шеннона, Пиелу и Симпсона. Все расчеты проводились по Мэгаррану [7].

### Результаты исследований

За весь период исследований на рыбхозе «Локтыши» нами было отмечено 66336 особей 64 видов птиц изучаемой группы, относящихся к 9 отрядам и 14 семействам. Наибольшим количеством видов представлены отряды ржанкообразных и гусеобразных (30 и 18 соответственно). Данные отряды доминируют по видовому представительству на протяжении всего года, а их доля в общем количестве видов варьирует от 69% на гнездовании, до 73% во время весенней миграции (рисунок 1). Отряд аистообразных представлен 5 видами, 4 из которых гнездятся. Из 5 обитающих на территории Беларуси видов отряда поганкообразных, на рыбхозе встречается 4 вида, все они гнездятся (рисунок 1, таблица 2). Почти половина видов (29), обнаруженных на рыбхозе «Локтыши», внесены в 3-е издание Красной книги РБ и приложение к ней [8], 26 видов имеют европейский охранный статус (SPEC) [9], 14 из них гнездятся.



AF – гусеобразные; CH – ржанкообразные; CF – аистообразные;  
PF – поганкообразные; DR – другие отряды.

**Рисунок 1 – Количество видов (S) весенних и осенних мигрантов, а также гнездящихся на рыбхозе «Локтыши» и их распределение по отрядам**

Структура населения птиц рыбхоза значительно изменяется по сезонам года. Это связано как с естественными природными процессами (миграция, гнездование), так и с процессами, вызванными хозяйственной деятельностью человека. К последним относятся сезонные колебания уровня воды в результате спуска - напуска прудов, изменения кормовой базы (вылов рыбы и ее подкормка). Те или иные виды птиц по-разному реагируют на изменяющиеся факторы среды, а их реакции зависят от особенностей экологии, морфологии и питания вида. Для удобства анализа и поиска общих закономерностей все водно-болотные птицы были подразделены на

трофические и эколого-морфологические группы. Их численность и видовой состав анализировался по сезонам года.

Во время весенней миграции на рыбхозе «Локтыши» отмечено 56, во время осенней – 44 вида птиц изучаемой группы. Статус гнездящихся на рыбхозе имеют 39 видов (таблица 1, 2). Несмотря на то, что количество видов, отмеченных в период весенней миграции на 20% выше, чем на осенней, среднее суммарное обилие весной (326 ос/км<sup>2</sup>) ниже осеннего (379 ос/км<sup>2</sup>). Средняя суммарная биомасса осенью (394,9 кг/км<sup>2</sup>) на 30% выше весенней (261,8 кг/км<sup>2</sup>) (таблица 1). Основной причиной высокого видового разнообразия ( $H = 2,62$ ) во время весенней миграции является большая доля представителей отряда ржанкообразные (24 вида), что составляет свыше 40%. Представители данного отряда, как правило, имеют небольшие размеры, вследствие чего их участие в общей биомассе незначительно. Самыми многочисленными энтомофагами во время весенней миграции являются турухтан и чибис (таблица 2). На их долю приходится 84% биомассы всей группы.

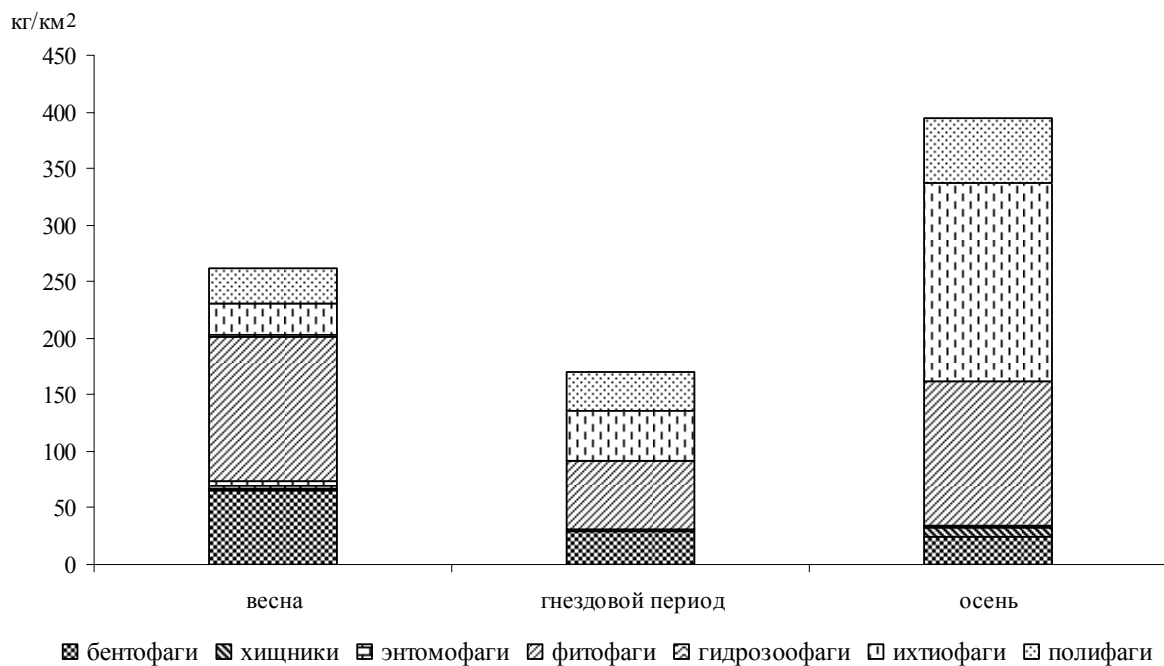
Таблица 1 – Количество видов ( $v$ ), средняя ( $m$ ) и максимальная ( $max$ ) биомасса за один учет (кг/км<sup>2</sup>) трофических и эколого-морфологических групп в период весенней и осенней миграции, а также птиц, гнездящихся на рыбхозе «Локтыши»

Экологические группы	Весна			Осень			Гнездование	
	$v$	$m$	$max$	$v$	$m$	$max$	$v$	$m$
трофические:								
бентофаги	4	65,2	137,9	5	24,6	42,2	4	28,8
хищники	2	1,3	1,8	2	7,4	17,8	2	1,4
энтомофаги	17	7,7	15,3	13	2,0	3,8	11	1,0
фитофаги	13	126,9	283,5	9	128,0	281,0	8	60,1
гидрозоофаги	4	1,6	3,5	2	0,7	2,6	4	0,8
ихтиофаги	12	28,4	59,3	9	174,1	363,7	7	43,1
полифаги	4	30,8	93,0	4	58,3	134,7	3	34,3
эколого-морфологические:	–	–	–	–	–	–	–	–
водоплавающие	23	208,9	459,3	19	249,0	557,6	17	119,5
лугово-болотные	14	7,3	14,6	13	2,0	3,8	8	0,5
охотящиеся с лету	14	33,3	97,2	8	65,7	152,6	10	37,7
прибрежных зарослей	5	12,3	23,1	4	78,2	131,7	4	11,8
Суммарное обилие ос/км <sup>2</sup> , и кол-во видов	56	326	786	44	379	832	39	268
Суммарная биомасса, кг/км <sup>2</sup>		261,8	594,2		394,9	845,7		169,5
Индекс разнообразия, $H$			2,62			2,35		2,28
Индекс выравненности, $Eh$			0,65			0,62		0,62
Индекс доминирования, $1/D$			7,75			6,9		5

У трех трофических групп (бентофаги, энтомофаги, гидрозоофаги) биомасса во время весенней миграции значительно превышает таковую осенью (рисунок 2). Численность остальных трофических групп, несмотря на уменьшение видового состава, осенью значительно выше, чем весной. Одним из представителей гидрозоофагов является серошекая поганка. Это редкий, занесенный в Красную книгу Беларуси вид. Ранее на рыбхозе гнездились до 4 пар серошейкой поганки [10]. В 2008 году мы наблюдали гнездование одной пары, а в 2009 двух пар данного вида.

Средняя биомасса ихтиофагов весной составляет 28,4 кг/км<sup>2</sup>. В этот период они занимают лишь четвертое место в общей численности водно-болотных птиц. Осенью их видовой состав падает, а биомасса, напротив, возрастает и составляет в среднем 174,1 кг/км<sup>2</sup>. Изредка в этот период их биомасса может достигать 363,7 кг/км<sup>2</sup>. Высокая

численность данной трофической группы во время осенней миграции является следствием легкой доступности практически не ограниченной кормовой базы, что возникает в результате спуска и облова основной массы прудов рыбхоза. Самыми многочисленными представителями данной группы являются большой баклан, серая и большая белая цапли. Причем численность большого баклана осенью возрастает в 20 раз, а его биомасса способна достигать 217,1 кг/км<sup>2</sup> (таблица 2). Средняя биомасса большой белой цапли в течение года изменяется от 6,9 кг/км<sup>2</sup> в период весенней миграции до 55,5 кг/км<sup>2</sup> осенью. Максимальной численности на прудах рыбхоза вид достигает в октябре – 01.10.2008 года на рыбхозе было отмечено 1703 особи данного вида. В это время ее биомасса равна 94,8 кг/км<sup>2</sup>. В гнездовой период биомасса вида составляет 3,3 кг/км<sup>2</sup>, а плотность гнездования равна 1,26 пар/км<sup>2</sup>. Самым многочисленным в период гнездования ихтиофагом является чомга. Ее численность составляет 346 гнездящихся пар (P = 14,51 пар/км<sup>2</sup>). Средняя биомасса вида весной равна 10,6 кг/км<sup>2</sup> и лишь незначительно превышает осеннюю.



**Рисунок 2 – Средняя биомасса водно-болотной орнитофауны рыбхоза «Локтыши» в различные периоды года и ее распределение по трофическим группам**

Кряква является самым многочисленным представителем фитофагов. Ее средняя биомасса увеличивается от весенней миграции (42,1 кг/км<sup>2</sup>) к осенней (74,5 кг/км<sup>2</sup>). Максимальной биомассы (171,0 кг/км<sup>2</sup>) вид достигает к концу сентября. На рыбхозе гнездятся 362 пары крякв, гнездовая плотность составляет 15,18 пар/км<sup>2</sup>. Полифаги на рыбхозе «Локтыши» представлены 4 видами, 3 из которых гнездятся. Основная доля биомассы группы приходится на озерную чайку. Средняя биомасса вида колеблется от 21,7 кг/км<sup>2</sup> до 27,1 кг/км<sup>2</sup>, несколько возрастая к осени.

Эколого-морфологическая группа водоплавающих насчитывает 25 видов. Из них 23 вида отмечаются на весенней и 19 на осенней миграции, 17 имеют статус гнездящихся.

Таблица 2 – Максимальная численность (n), средняя (m) и максимальная (max) биомасса (кг/км<sup>2</sup>) водно-болотных птиц на рыбхозе «Локтыши» во время миграции, а также численность (n) и плотность (P) на гнездовании

Вид	Весна			Осень			Гнездование	
	n	m	max	n	m	max	n (пар)	P (пар/км <sup>2</sup> )
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Gavia arctica</i>	–	–	–	2	0,1	0,2	–	–
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	9	+	0,1	5	+	+	5	0,21
<i>Podiceps cristatus</i>	542	10,6	23,5	336	10,0	14,6	346	14,51
<i>Podiceps grisegena</i>	2	+	0,1	–	–	–	2	0,08
<i>Podiceps nigricollis</i>	94	0,6	1,3	–	–	–	10	0,42
<i>Phalacrocorax carbo</i>	110	4,7	10,9	2191	85,7	217,1	–	–
<i>Bataurus stellaris</i>	7	0,3	0,4	2	0,1	0,1	8	0,34
<i>Egretta alba</i>	240	6,9	13,4	1703	55,5	94,8	30	1,26
<i>Ardea cinerea</i>	115	4,2	7,5	503	21,1	32,8	50	2,10
<i>Ardea purpurea</i>	1	+	+	–	–	–	–	–
<i>Ciconia nigra</i>	14	0,8	1,8	32	1,6	4,0	4	0,17
<i>Cygnus olor</i>	169	34,0	74,8	119	26,2	52,7	7	0,29
<i>Cygnus columbianus</i>	13	0,9	3,1	–	–	–	–	–
<i>Cygnus cygnus</i>	28	6,2	10,9	24	6,6	9,4	2	0,08
<i>Anser fabalis</i>	5	0,4	0,7	100	3,3	13,2	–	–
<i>Anser albifrons</i>	291	15,1	30,1	20	0,5	2,1	–	–
<i>Anser anser</i>	35	2,0	4,7	–	–	–	14	0,59
<i>Anas penelope</i>	1175	17,2	37,2	162	2,0	5,1	–	–
<i>Anas strepera</i>	261	4,5	8,5	334	5,6	10,9	111	4,65
<i>Anas crecca</i>	198	1,2	2,7	1211	9,0	16,6	101	4,23
<i>Anas platyrhynchos</i>	2171	42,1	100,7	3687	74,5	171,0	362	15,18
<i>Anas acuta</i>	80	0,5	2,7	–	–	–	–	–
<i>Anas querquedula</i>	59	0,5	0,9	–	–	–	49	2,05
<i>Anas clypeata</i>	247	2,1	6,6	2	+	0,1	71	2,98
<i>Aythya ferina</i>	1514	31,2	59,0	225	5,8	8,8	79	3,31
<i>Aythya fuligula</i>	911	12,4	30,7	50	1,4	1,7	99	4,15
<i>Aythya marila</i>	–	–	–	35	0,4	1,5	–	–
<i>Bucephala clangula</i>	82	1,3	3,2	14	0,2	0,5	19	0,80
<i>Mergus albellus</i>	75	0,9	2,1	93	0,6	2,5	5	0,21
<i>Haliaeetus albicilla</i>	7	1,1	1,5	84	7,3	17,7	2	0,08
<i>Circus aeruginosus</i>	11	0,2	0,3	4	0,1	0,1	11	0,46
<i>Pandion haliaetus</i>	1	0,1	0,1	2	0,1	0,1	–	–
<i>Fulica atra</i>	1332	20,4	44,9	880	16,8	29,7	217	9,10
<i>Charadrius dubius</i>	4	+	+	8	+	+	2	0,08
<i>Charadrius hiaticula</i>	–	–	–	27	+	0,1	–	–
<i>Pluvialis squatarola</i>	–	–	–	12	+	0,1	–	–
<i>Vanellus vanellus</i>	110	0,6	1,1	274	1,5	2,7	13	0,55
<i>Calidris alba</i>	–	–	–	3	+	+	–	–
<i>Calidris minuta</i>	–	–	–	1	+	+	–	–
<i>Calidris ferruginea</i>	–	–	–	64	0,1	0,2	–	–
<i>Calidris alpina</i>	–	–	–	8	+	+	–	–
<i>Philomachus pugnax</i>	1655	5,9	11,9	25	0,1	0,2	–	–
<i>Gallinago gallinago</i>	5	+	+	104	0,2	0,5	4	0,17
<i>Limosa limosa</i>	35	0,3	0,5	–	–	–	1	0,04
<i>Numenius arquata</i>	1	+	+	–	–	–	–	–



Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Tringa erythropus</i>	5	+	+	–	–	–	–	–
<i>Tringa totanus</i>	48	0,1	0,2	–	–	–	12	0,50
<i>Tringa stagnatilis</i>	3	+	+	–	–	–	–	–
<i>Tringa nebularia</i>	38	0,1	0,3	3	+	+	–	–
<i>Tringa ochropus</i>	6	+	+	1	+	+	7	0,29
<i>Tringa glareola</i>	140	0,2	0,4	1	+	+	–	–
<i>Xenus cinereus</i>	2	+	+	–	–	–	1	0,04
<i>Actitis hypoleucos</i>	12	+	+	–	–	–	9	0,38
<i>Larus ridibundus</i>	5510	21,7	69,7	5556	27,1	70,3	1300	54,51
<i>Larus canus</i>	504	2,5	8,3	777	3,8	12,8	20	0,84
<i>Larus fuskus</i>	3	+	0,1	1	+	+	–	–
<i>Larus argentatus/cachinnans</i>	333	6,6	14,9	1155	27,4	51,6	10	0,42
<i>Sterna caspia</i>	1	+	+	–	–	–	–	–
<i>Sterna hirundo</i>	304	0,7	1,7	–	–	–	140	5,87
<i>Sterna albifrons</i>	3	+	+	–	–	–	–	–
<i>Chlidonias hybridus</i>	99	0,2	0,4	–	–	–	25	1,05
<i>Chlidonias niger</i>	50	0,1	0,2	–	–	–	25	1,05
<i>Chlidonias leucopterus</i>	83	0,2	0,2	–	–	–	30	1,26
<i>Alcedo atthis</i>	3	+	+	1	+	+	1	0,04
Суммарное биомасса и кол-во особей	18756	261,8	594,2	19841	394,9	845,7	–	–

Примечание – вид не отмечался (–), биомасса вида менее 0,1 кг/км<sup>2</sup> (+).

Средняя биомасса группы изменяется от 208,9 кг/км<sup>2</sup> весной до 249,0 кг/км<sup>2</sup> осенью. Максимальной биомассы (557,6 кг/км<sup>2</sup>) водоплавающие достигают к концу сентября – началу октября за счет роста численности кряквы и чирка-свистунка. Птицы прибрежных зарослей представлены на рыбхозе 5 видами, 4 из которых гнездятся. Средняя биомасса группы осенью (78,2 кг/км<sup>2</sup>) возрастает по сравнению с весной в 6 раз.

Отметим, что, по данным Абрамовой [11], плотность летнего населения птиц рыбхоза «Локтыши» составляет 212,6 ос/км<sup>2</sup>, суммарная биомасса – 128,2 кг/км<sup>2</sup>. Всего было выявлено 42 вида водно-болотных птиц.

### Заклучение

Рыбхоз «Локтыши» является важным объектом для сохранения популяций водно-болотных видов птиц во время миграций и в гнездовой период. На рыбхозе отмечается ряд редких и охраняемых видов. Численность некоторых из них (серый гусь, большая белая цапля, лебедь-кликун, сизая чайка) достаточно высока и превышает 1% минимальной популяции РБ [8]. Почти половина (44%) гнездящихся на рыбхозе «Локтыши» видов представляют группу водоплавающих, 18% – ихтиофагов. В период весенней миграции доминируют фитофаги, 49% всей биомассы приходится на представителей данной группы. Осенью 44% всей биомассы приходится на ихтиофагов. В весенний период орнитофауна рыбхоза характеризуется наибольшим индексом видового разнообразия ( $H = 2,62$ ), выравненность сообщества равна  $Eh = 0,65$ , индекс доминирования равен 7,75 ( $D/1$ ), что значительно выше, чем во время гнездования и период осенней миграции. Наибольшее количество видов отмечается на рыбхозе во время весенней миграции. Видовой состав практически всех трофических и эколого-морфологических групп осенью сокращается. Биомасса и численность большинства видов выше в осенний период.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ranoszek, E. Weryfikacja metod oceny liczebności ptaków wodnych w warunkach stawów Milickich / E. Ranoszek // *Notatki ornitologiczne*, 1983. – № 24 – S. 177–201.
2. Kauppinen, J. Methods used in the census of breeding ducks in northern Savo (Finland) at the beginning of the breeding season. / J. Kauppinen // *Finnish Game Research*, 1983. – 40. – P. 49–81.
3. Dobrowolski, K.A. Structure of the occurrence of waterfowl types and morpho-ecological forms / K.A. Dobrowolski // *Ekol. Pol. A* 17. 1969. – P. 29–72.
4. Jakubiec, Z. Zróżnicowanie morfologiczno-ekologiczne ptaków wodno-blotnych / Z. Jakubiec // *Wiad. Ekol.* 1978. – № 24 – S. 99–107.
5. Dombrowski, A. Zgrupowania ptaków wodno-blotnych na stawach rybnych niziny Mazowieckiej w okresie polegowych koczowań / A. Dombrowski // *Kulon* 8 2003. 1 – S. 47–62.
6. Cramp, S. The birds of the Western Palearctic / S. Cramp // Oxford. London, New York, Oxford Univ. Press. – 1985. – Vol. 1–7.
7. Мэгарран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэгарран. – М.: Мир, 1992. – 184 с.
8. Красная книга Республики Беларусь. Животные / редкол. Л.И. Хоружик [и др.]. – Мн.: Бел. энциклопедия, 2004. – 320с.
9. BirdLife International (2004) Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status. Cambridge, UK: BirdLife International. (BirdLife Conservation Series №12).
10. Гайдук, В.Е. Экология птиц юго-запада Беларуси. Неворобьинообразные : монография / В.Е. Гайдук, И.В. Абрамова. – Брест : БрГУ, 2009. – С. 28–30.
11. Абрамова, И.В. Структура и динамика населения птиц экосистем юго-запада Беларуси / И.В. Абрамова. – Брест : Изд-во БрГУ, 2007 – 208 с.

***S.V. Abramchuk*, *V.E. Gaiduc*. Structure and Dynamics of Bird Population of «Laktyśy» Fish Farm**

«Laktyśy» is the second largest fish farm in Belarus in area extent. Ornitofauna studies were conducted there in 2003, 2008 and 2009. A total number of 66336 birds of 64 water wader species (non Passeriformes) have been registered at the fish farm during that period. Around a half of them are listed in National Red-data book (3rd edition), 26 have European protection status (SPEC). 39 species are breeding ones, 64 species were registered during spring and 44 – during autumn migration. Water wader communities in spring are of high diversity ( $H=2,62$ ) and are well aligned ( $Eh=0,65$ ). The paper contains the data on ecological and morphological as well as trophic structure of ornitofauna. The density of nesting is estimated for certain species as well as their biomass changing in different seasons of the year.

УДК 504.064.36:574

*А.П. Колбас, С.Н. Волосюк, С.В. Зеркаль, Е.А. Сидорович*

## **СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХВОИ *PICEA ABIES (L.) KARST.* В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

Применение различных подходов показало достоверные различия в химическом составе и морфо-анатомическом строении хвои ели европейской, обитающей в городских и лесных условиях. С увеличением возраста в урбоэкосистемах отмечено значительное повышение содержания некоторых элементов, техногенного происхождения (свинец, никель, хром) и незначительное повышение концентрации большинства биогенных элементов. В фоновых условиях выявлено повышение содержания свинца и снижение концентрации некоторых биогенных элементов (медь, марганец, цинк). В условиях города отмечено сокращение сроков жизни листьев и уменьшение их биометрических параметров, что в целом снижает ассимиляционную поверхность растений. Максимально информативной по большинству исследованных показателей оказалась однолетняя хвоя. Подтверждена возможность использования этого вида растения в качестве индикатора состояния окружающей среды.

### **Введение**

Проблема загрязнения окружающей среды особенно актуальна для городов, в которых проживает большая часть населения нашей страны и где сконцентрированы основные источники техногенных выбросов: автотранспорт, объекты энергетики и промышленные предприятия. В первую очередь повышение концентраций загрязняющих веществ в атмосфере в последние годы связано с увеличением автомобильного парка, дающего до 80% всех поллютантов [1]. Сложившийся в городах жесткий экологический режим приводит также к загрязнению почв, изменению их кислотности и нарушению биологического круговорота химических элементов [2]. Это делает все более актуальным поиск путей оптимизации городской среды и осуществление непрерывного контроля ее состояния. В процессе нейтрализации пагубного действия загрязнителей важнейшая роль принадлежит городским зеленым насаждениям. Именно растения, синтезируя органическое вещество, вовлекают в метаболизм ингредиенты промышленных и автотранспортных отходов и тем самым понижают их концентрацию в окружающей среде. При этом улучшаются микроклимат и санитарно-гигиенические характеристики воздуха и почвы, восстанавливаются ранее загрязненные экосистемы, осуществляется фиторемедиация.

Яркая физиономическая выраженность ответных биологических реакции растений позволяет широко использовать их в биоиндикации состояния урбоэкосистем [3; 4]. Наиболее актуальные подходы в подобных исследованиях на современном этапе используют принципы комплексности и количественной оценки [5]. Это позволяет дать объективную характеристику зеленым насаждениям, выявить видовые особенности устойчивости городских растений к техногенному загрязнению и обосновать мероприятия по оптимизации экологического состояния городской среды.

Для долговременного системного мониторинга чаще всего используются древесные виды растений [3; 4; 6]. Ель европейская (*Picea abies (L.) Karst.*) – лесобразующая порода, которая благодаря своей декоративности широко применяется в озеленении населенных пунктов. Общеизвестно, что в начале XXI века на территории Беларуси сложилась крайне неблагоприятная экологическая обстановка для этого вида. Существует представление о том, что среди множества причин усыхания ельников решающее значение принадлежит техногенному загрязнению [7]. Ухудшение минераль-

ного питания, вызванное увеличением содержания веществ-контаминантов, оказывает негативное влияние на элементный гомеостаз растений через протекание физиологических, биохимических и морфообразующих процессов [8]. Наиболее подвержены этому воздействию ассимиляционные органы, которые играют роль регуляторного звена в функционировании растительных организмов и благодаря активно протекающим ростовым процессам способны накапливать большие количества тяжелых металлов (ТМ), поступающих как с аэральным потоком, так и с корневым поглощением почвенных растворов. На основе анализа химического состава хвои, сохраняющейся на растении в течение нескольких вегетационных периодов и максимально контактирующей с окружающей средой, можно тестировать как дефицит, так и токсичность микроэлементов для растений. Во внешнем и внутреннем строении листа хвойных пород выявлен ряд диагностических признаков [9], чувствительных к изменениям экологических условий [10]. Поэтому изучение состояния этого органа в экстремальных городских условиях приобретает особую значимость в мониторинговых исследованиях.

Цель данной работы – применить различные подходы в исследовании состояния ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) в урбозкосистемах (на примере города Бреста, Беларусь).

В соответствии с поставленной целью программой исследования предусматривалось решение следующих задач:

- 1) определение содержания воды и золы в хвое;
- 2) определение содержания некоторых ТМ в почвах и в хвое различного возраста;
- 3) исследование влияния городских условий на количественную выраженность и уровни варьирования морфологических параметров ассимиляционного аппарата елей;
- 4) изучение изменений анатомического строения хвои в связи с загрязнением окружающей среды.

### **Материал и методика исследования**

Научная новизна данной работы заключается в комплексном подходе для решения поставленных задач. Нами были применены 2 метода: физико-химический и морфолого-анатомический. Образцы листьев были собраны в январе 2009 года с деревьев 60–70-летнего возраста, произрастающих в рекреационной зоне бывшего военного госпиталя в центральной части города Бреста. Для получения фоновых значений были взяты контрольные образцы с одновозрастных деревьев в Национальном парке «Беловежская пушча». На каждом стационаре было отобрано по 5 образцов почв на глубине 20 см.

Для исследования были использованы одно-четырёхлетние летние листья, отобранные со средней части южной стороны кроны (в условиях одинаковой освещенности) с трех модельных деревьев в трехкратной повторности. В итоге каждый признак измерялся не менее 9 раз. Освещенность контролировали люксметром Ю-116. В полуденное время в безоблачный день полная освещенность кроны колебалась от 75000 до 80000 люкс.

Гигроскопическая и общая влажность собранной хвои определяли двуступенчатым методом [ГОСТ 27548–97]. Озольнение образцов проводили в муфельной печи. Содержание девяти элементов (Pb, Cd, Co, Cr, Mn, Zn, Cu, Fe, Ni) в растительном материале и почве исследовали на атомно-абсорбционном спектрометре SOLAAR MkII-M6 Double Beam AAS с пламенным атомизатором [ГОСТ 30178–96] в ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси». Для уменьшения погрешностей измерений параллельно производился анализ холостых проб. Также была измерена кислотность в десяти образцах почв с помощью рН-метра Hanna instruments рН 210 [ГОСТ 26423-85].

Определяли массу 100 хвоинок, их длину, количество на 10 см стебля, затем ма-

териал фиксировали в смеси этилового спирта с глицерином. Изготовление срезов и постоянных препаратов осуществляли по общепринятой в анатомии растений методике. Анализ постоянных препаратов проводили на световых микроскопах «Биолам» Р-15 и Л-212. Анатомические измерения (25 по каждому признаку) проводили с помощью винтового окуляр-микрометра МОВ-1-15.

Математическая обработка включала расчеты средней арифметической ( $M$ ), стандартного отклонения ( $\sigma$ ) и ошибки средней ( $m$ ). Статистическая достоверность полученных данных определялась с применением программы R software version 2.9.2. Были высчитаны критерий Стьюдента ( $t$ -критерий), критерия линейной корреляции Пирсона. Для всех результатов исследований различия считались достоверными при уровне значимости 95% ( $p < 0,05$ ).

### Обсуждение результатов

Городские почвы характеризуются большей концентрацией исследованных элементов по сравнению с фоновыми условиями. Так, содержание кобальта в них больше в 53 раза, цинка в 2 раза, меди в 1,8 раза, никеля в 7,8 раза, хрома в 2 раза, свинца и кадмия – более чем в 1,5 раза. Но во всех случаях содержание элементов не превышало предельно допустимых концентраций (ПДК) (таблица 1). В то же время, в фоновых почвах был зафиксирован небольшой дефицит кобальта – 0,01 мг/кг при критическом пределе минимального содержания в почве этого элемента – 0,02 мг/кг. Остальные почвенные показатели были схожими, например, значения рН почвы на обоих стационарах были в пределах 6,1–6,5 и достоверные различия не были выявлены статистически.

Анализ физико-химических показателей хвои свидетельствует об их большом возрастном варьировании. С возрастом происходит увеличение процентного содержания воды (таблица 2). Причем на втором и четвертом году жизни в хвое возрастает количество связанной воды. Эти пики совпадают с увеличением содержания ТМ, что может служить косвенным подтверждением усиления аккумулялирующей способности листьев в эти периоды. Это можно объяснить необходимостью большего количества воды для образования гидратных оболочек в мицеллах комплексных соединений ТМ, депонированных в растительной клетке, при переходе листа к стадиям зрелости и старения, когда количество расхожей воды в растении снижается. Статистически различия между влажностью листьев, собранных в городских и лесных условиях, не подтвердились, что свидетельствует о малоинформативности данного признака для долговременного мониторинга.

Наряду с повышенным содержанием воды зольность в исследованных органах в условиях загрязнения также была выше контрольной (таблица 2). Установление корреляционных связей между зольностью растительных проб и содержанием в них ТМ дало основание полагать, что этот показатель зависит в первую очередь от наличия таких элементов, как Pb, Fe, Cr, Ni, Cu и Zn (таблица 3). Также необходимо отметить, что прослеживается обратная зависимость зольности и содержания марганца в фоновых условиях, что связано с перераспределением этого жизненно важного элемента между старыми и молодыми листьями (таблица 3). Выявлены статистически достоверные различия содержания золы в зависимости от условий произрастания ( $p = 0,02$ ). Это позволяет использовать его для экспресс-тестов в дальнейших мониторинговых исследованиях без привлечения дорогостоящего аналитического оборудования.

Полученные результаты по содержанию ТМ в хвое разных возрастов у деревьев, обитающих как в антропогенно-трансформированной, так и в условно чистой среде свидетельствуют, что ни в одном из случаев не наблюдалось превышения фитотоксического максимума (таблица 3). Однако у различных авторов значения токсических пределов, как и значения ПДК в объектах окружающей среды, весьма разнятся (таблица 3),

поэтому в настоящее время не существует общепризнанных норм для каждого вида растений.

Распределение точечных концентраций металлов в разновозрастной хвое показало, что связь их с возрастом хвои аппроксимируется уравнениями различных функций, отличных от линейной (чаще экспоненциальными). По полученным экспериментальным данным построены убывающие ряды, иллюстрирующие изменение положения элемента по отношению к другим с возрастом в фоновых и городских условиях:

Фон, 1-летняя хвоя:  $Mn > Zn > Fe > Cu > Cr > Ni > Cd > Pb > Co$ .

Фон, 4-летняя хвоя:  $Mn > Fe > Zn > Cu > Cr > Pb > Ni > Cd > Co$ .

Город, 1-летняя хвоя:  $Zn > Mn > Fe > Cu > Cr > Ni > Pb > Cd > Co$ .

Город, 4-летняя хвоя:  $Fe > Zn > Mn > Cr > Cu > Pb > Ni > Cd > Co$ .

В обоих случаях наблюдается уменьшение роли цинка наряду с возрастанием концентрации железа в стареющих листьях, что подтверждает общепризнанные представления об антагонизме этих двух металлов [11; 12]. Марганец же склонен к накоплению в молодых тканях с интенсивным ростом, затем его роль снижается. Причем в городских условиях содержание этого жизненно важного элемента даже в однолетней хвое значительно ниже, чем в фоновых условиях. Блокирование его поступления происходит вследствие повышения концентраций элементов-антагонистов (Fe, Cr, Pb) [11; 12].

Для выявления физиологической роли различных микроэлементов и особенностей их миграции в системе «почва–растение», нами были рассчитаны коэффициенты биологического накопления (КБН), представляющие собой отношение содержания элемента в органе растения к содержанию его в почве (таблица 4).

Для цинка и меди выявлены противоположные тенденции: в случае городских елей фиксировались низкие значения КБН в однолетней хвое, которые с возрастом увеличивались. В то же время в фоновых условиях поглощение этих элементов было выше в молодых листьях, а с возрастом их поступление постепенно уменьшалось, предположительно за счет перераспределения из стареющей хвои в более молодые ткани. Примечательно, что для четырех жизненно важных элементов (Mn, Zn, Fe, Cu) содержание их в хвое не связано с концентрациями в почве, т.е. растение накапливает и постоянно перераспределяет эти элементы между тканями, даже если наблюдается их недостаток в почве.

В городских деревьях с возрастом значительно увеличивается поглощение некоторых элементов техногенного происхождения (Pb, Cr, Ni). Причем на втором году наблюдается скачкообразное повышение их содержания. Это связано с замедлением формирующих процессов в игольчатом листе и переходе к ассимиляции и депонированию. На четвертом году жизни фиксируются довольно большие значения КБН для свинца и хрома (0,95 и 1,97 соответственно), что может являться следствием аэротехногенного загрязнения, когда элемент в большей степени накапливается в кутикуле хвои [13].

Содержание кадмия, хрома и никеля в фоновых условиях с возрастом практически не изменяется, в то время как концентрация свинца увеличивается более чем в 20 раз. Причиной такого повышения в фоновых условиях также может быть аэральный путь поступления за счет трансграничного переноса, весьма ощутимого в западной части НП «Беловежская пуца» [6; 14]. Однако данное предположение требует дальнейшего изучения.

Городская среда влияет на целый ряд биометрических признаков листа ели европейской (рисунок 1). Прежде всего это приводит к сокращению продолжительности жизни хвои: если в фоновых условиях хвоя сохраняется на дереве в течение 6–7 лет (иногда до 9 лет), то в городе – только 3–4 года. Причем начиная уже со второго года жизни в условиях города наблюдается появление некрозов и хлорозов хвои. Это свидетельствует об

увеличении физиологического возраста растений как одной из стратегий активной адаптации растений к действию неблагоприятных условий окружающей среды.

Анализ размеров хвои показал, что у елей в городских условиях происходит уменьшение ее длины. Причем наиболее сильные различия в этом показателе характерны для хвои первого года (32%), средние – для второго (21%) и третьего года (14%) и меньше всего отличается хвоя четвертого года (6%). Снижение с возрастом различий по данному показателю свидетельствует о большем стрессе у молодых листьев и о постепенной адаптации с возрастом ассимиляционного аппарата к условиям городской среды, а также о более длительном протекании ростовых процессов у листьев в условиях техногенного загрязнения.

Масса 100 хвоинок характеризуется наибольшей точностью наряду с наименьшей ошибкой и варьированием. Этот показатель в городских условиях меньше на 12–53 %, чем в условиях чистой зоны. Такая же тенденция отмечена ранее у листьев ели европейской под действием других стресс-факторов, в частности недостаточного освещения [10].

Уменьшение длины и массы хвои ели европейской в условиях техногенного загрязнения компенсируется большим количеством листьев. Охвоенность побегов первого года в городе на 72% больше. В дальнейшем различия в этом показателе у хвои второго и третьего года менее значительны и составляют соответственно 9% и 5%, а на четвертом году жизни наблюдается уменьшение охвоенности опытных деревьев по сравнению с фоновыми на 40%. Это означает, что начиная с четвертого года в городских условиях наблюдается усиление дефолиации. Похожие тенденции отмечаются и другими авторами [7; 13].

Анализ анатомического строения листа показал, что клетки мезофилла в условиях города имеют меньшие размеры и низкую степень складчатости оболочек (рисунок 2). Наблюдается тенденция к уменьшению размеров смоляных ходов (в 1,5–2 раза), проводящего цилиндра (в 1,2–1,5 раза) и элементов ксилемы и флоэмы (в 1,1–1,3 раза). Такая же закономерность наблюдается у хвои, сформировавшейся в условиях затенения [10]. Постоянное загрязнение воздуха угнетает развитие смоляных ходов. Они могут или вообще не формироваться, или формироваться на третьем-четвертом году. Это подтверждает ранее высказанное мнение о зависимости формирования смолоносной системы от действия стресс-факторов [10]. В целом для городских елей характерна некоторая ксерофизация, выраженная в более сильном развитии покровных и механических структур: кутикулы, гиподермы, склеренхимы (таблица 5).

Таблица 1 – Содержание микроэлементов в почвах (средние значения), мг/кг

Микроэлементы Условия	Pb	Cd	Cu	Mn	Zn	Fe	Ni	Co	Cr
Фон	0,53	0,14	2,67	31,29	22,46	235,60	0,20	0,01	0,73
Город	0,86	0,22	4,88	90,60	48,11	210,34	1,57	0,53	1,53
ПДК*	32	1	33	1000	55	5000	20	20	100

Примечание – \*Кабата-Пендиас, 1989 [11]

Таблица 2 – Влажность и зольность хвои различного возраста (средние значения), %

Условия	Возраст хвои, лет	Влажность гигроскопическая	Влажность общая	Зола сухая	Зола сырая
Фон	1	6,2	52,0	3,0	3,2
	2	7,3	55,8	4,2	4,5
	3	5,5	56,0	4,8	5,1
	4	6,1	56,3	5,5	5,8
Город	1	6,9	52,7	4,4	4,7
	2	8,2	56,8	6,1	6,7
	3	6,1	56,0	7,7	8,2
	4	6,6	57,4	8,4	9,0

Таблица 3 – Содержание микроэлементов в хвое различного возраста (средние значения), мг/кг

Условия	Возраст хвои, лет	Pb	Cd	Cu	Mn	Zn	Fe	Co	Ni	Cr
Фон	1	0,02	0,045	1,33	35,3	11,2	1,7	–	0,14	0,29
	2	0,16	0,043	1,04	24,0	8,7	15,4	–	0,11	0,41
	3	0,25	0,048	0,69	25,3	7,1	14,4	–	0,10	0,41
	4	0,29	0,047	0,55	22,3	6,8	16,2	–	0,11	0,42
Город	1	0,07	0,038	1,06	7,7	16,4	1,2	0,0010	0,33	0,44
	2	0,46	0,036	1,90	7,8	17,8	30,4	0,0009	0,50	2,01
	3	0,63	0,048	1,94	7,3	18,2	37,7	0,0009	0,55	2,41
	4	0,82	0,051	2,14	6,5	20,2	45,1	0,0010	0,62	3,01
Коэффициент корреляции с зольностью		0,98	0,40	0,67	–0,76	0,66	0,95	–0,16	0,83	0,92
Содержание в растениях (min-max)*		0,1–1,25	0,08–0,28	1,2–30	15–500	30	18–1700	–	0,1–3,7	–
Фитотоксический максимум**		1	0,05	10	200	50	150	–	1,5	–

Примечание – \* Кабата-Пендиас, 1989 [11], \*\* Markert, 1992 [15]

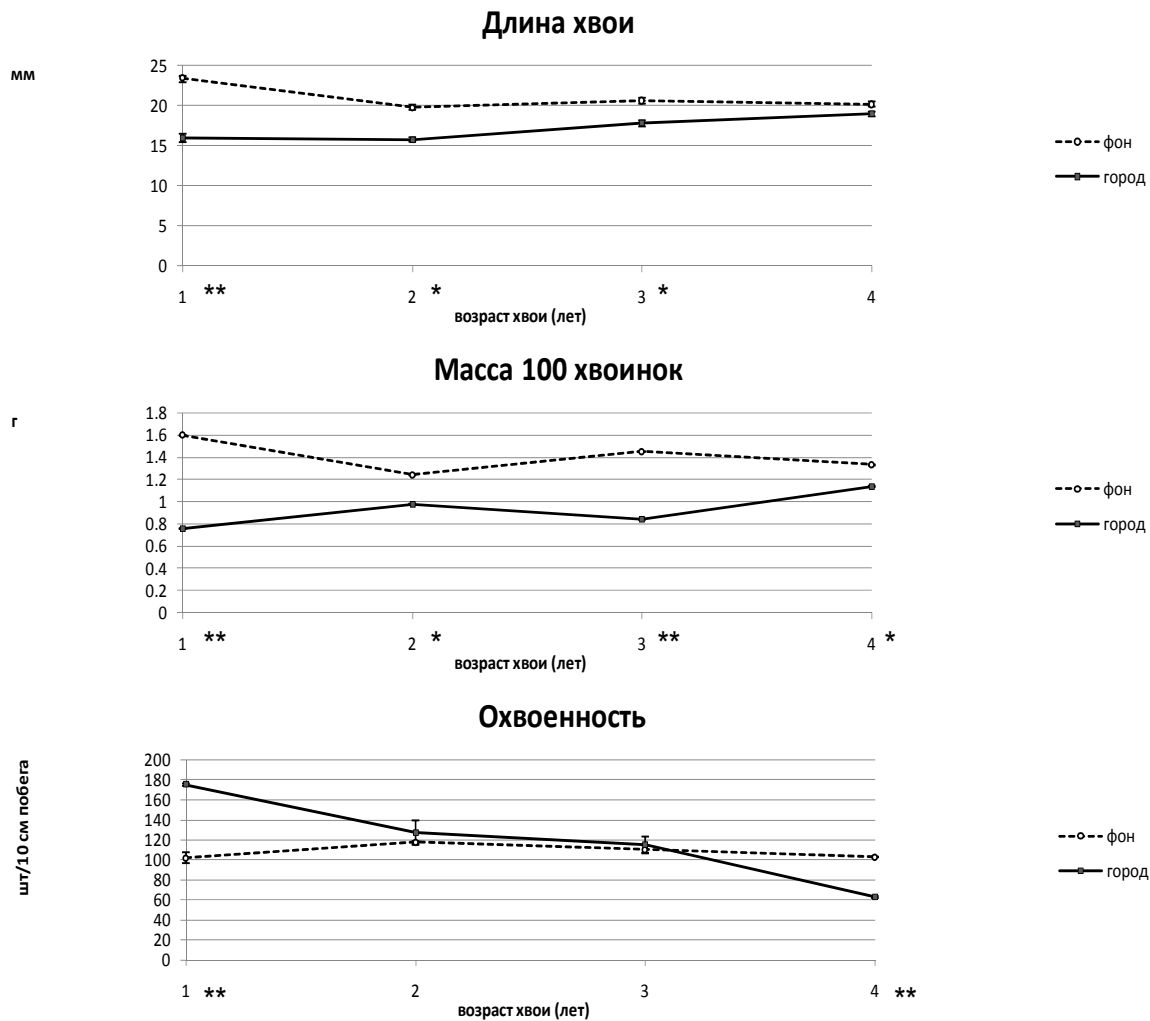


Таблица 4 – Коэффициенты биологического накопления

Стационар	Возраст хвои	Pb	Cd	Cu	Mn	Zn	Fe	Co	Ni	Cr
Беловежская пуща	1	0,04	0,32	0,50	1,13	0,50	0,01	–	0,70	0,40
	2	0,30	0,31	0,39	0,77	0,39	0,07	–	0,55	0,56
	3	0,47	0,34	0,26	0,81	0,32	0,06	–	0,50	0,56
	4	0,55	0,34	0,21	0,71	0,30	0,07	–	0,55	0,58
Брест	1	0,08	0,17	0,22	0,08	0,34	0,01	0,002	0,21	0,29
	2	0,53	0,16	0,39	0,09	0,37	0,14	0,002	0,32	1,31
	3	0,73	0,22	0,40	0,08	0,38	0,18	0,002	0,35	1,58
	4	0,95	0,23	0,44	0,07	0,42	0,21	0,002	0,39	1,97

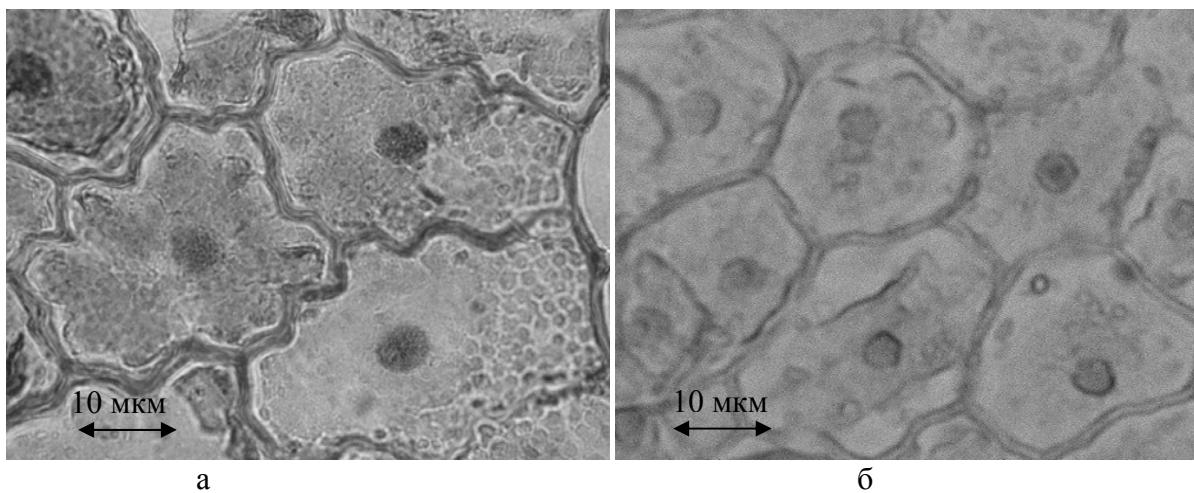
Таблица 5 – Количественные анатомические показатели хвои (средние значения), мкм

Признаки	Признаки										
	Возраст хвои, лет	Толщина кутикулы	Тангентальный размер основных клеток эпидермы	Радиальный размер основных клеток эпидермы	Толщина клеточных оболочек гиподермы	Диаметр смоляных ходов	Диаметр проводящего цилиндра	Радиальный размер трахеид	Радиальный размер ситовидных клеток	Тангентальный размер клеток мезофилла	Радиальный размер клеток мезофилла
Фон	1	5,1±0,1	23,2±0,5	11,6±0,2	2,2±0,1	103,3±0,5	307,6±1,2	9,0±0,2	9,6±0,2	45,3±2,0	100,3±2,3
	2	5,6±0,2	25,0±0,6	12,1±0,1	6,1±0,2	130,5±2,3	310,4±1,3	10,0±0,1	10,3±0,2	59,6±2,0	102±1,3
	3	7,9±0,3	30,3±0,1	14,2±0,2	9,2±0,2	132,6±3,0	327,2±3,1	11,1±0,2	10,2±0,2	63,9±2,3	116±5,0
	4	7,8±0,2	31,2±0,3	14,3±0,2	9,3±0,1	131,8±2,0	326,8±3,1	11,0±0,2	10,3±0,1	63,5±2,1	115±3,1
Город	1	8,2±0,06	21,2±0,4	10,2±0,3	8,8±0,2	85,3±0,8	203,9±3,0	8,0±0,25	7,2±0,2	22,1±1,0	91,2±2,0
	2	9,2±0,15	23,1±0,4	12,0±0,2	9,6±0,2	89,7±1,0	215,4±2,5	8,1±0,1	8,2±0,1	26,5±2,0	95,1±2,3
	3	10,6±0,1	24,2±0,4	12,1±0,2	10,8±0,2	101,2±1,0	285,9±2,5	10,0±0,2	8,4±0,1	29,1±2,2	95,1±2,1
	4	10,5±0,1	23,2±0,2	12,0±0,1	10,9±0,2	103,2±1,1	289,1±2,0	10,0±0,1	8,3±0,1	28,9±1,2	96,3±2,0



\* $p > 0,05$ ; \*\* $p > 0,005$

**Рисунок 1 – Биометрические показатели ели европейской**



(а – фон, б – город)

**Рисунок 2 – Складчатость оболочек клеток мезофилла**

### Заключение

Таким образом, нами установлен нелинейный характер накопления химических элементов в хвое в городских условиях, что приводит к изменению баланса питательных элементов, с одной стороны, и появлению структурных адаптаций, с другой. Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Для получения интегральной оценки состояния экосистем физико-химические методы мониторинга должны сочетаться с биоиндикационными.

2. Одним из достаточно информативных показателей загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами является зольность листьев.

3. Оводненность листьев является малоинформативным признаком и может использоваться только в качестве дополнительного биомаркера загрязнения окружающей среды.

4. Содержание исследованных элементов в почвах и растительных объектах не превышает ПДК.

5. В меньшей степени в городских и в большей степени в лесных почвах прослеживается дефицит некоторых микроэлементов, что может послужить предпосылкой для рекомендации минеральных подкормок.

6. В городских условиях прослеживается тенденция к накоплению хвоей техногенных элементов и недостатку биогенных элементов.

7. Поступление техногенных поллютантов в условиях города оказывает влияние на целый ряд морфометрических признаков листа ели европейской. Продолжительность жизни хвои снижается до 3–4 лет.

8. Выявлен ряд изменений анатомических показателей, которые носят в основном количественный характер; из качественных признаков следует отметить складчатость оболочек клеток мезофилла и наличие смоляных ходов.

Выявленные адаптационные и аккумулирующие способности ели европейской могут послужить предпосылкой для более широкого использования данного вида в мониторинговых исследованиях современного экологического состояния городов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2005 / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Гл. информ.-аналит. центр Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь, ; под ред. С. И. Кузьмина, С. П. Уточкиной. – Минск : РУП «Бел НИЦ Экология», 2006. – 272 с.

2. Huynh, T.T. Effects of phytoextraction on heavy metal concentrations and pH of pore-water of biosolids determined using an in situ sampling technique / T.T. Huynh [et al.] // *Environmental pollution*. – 2008, 156. – P. 842–882.

3. Уфимцева, М.Д. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга / М.Д. Уфимцева, Н.В. Терехина. – СПб. : Наука, 2005. – 339 с.

4. Промышленные загрязнения, оценка состояния и оптимизация природной среды городских экосистем / Е.А. Сидорович [и др.] ; под общ. ред. В.Ф. Логинова. – Минск : Беларус. наука, 2007. – 199 с.

5. Методы изучения лесных сообществ / Е.Н. Андреева [и др.] ; под общ. ред. В.Т. Ярмишко и И.В. Лянгузовой. – СПб. : НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.

6. Романюк, И.Г. Накопление техногенных поллютантов в лесных экосистемах Беловежской пуши / И.Г. Романюк, А.З. Стрелков, В.Н. Толкач // *Сборник науч. трудов*, 2001. – С. 54–56.

7. Киселев, В.Н. Экология ели / В.Н. Киселев, Е.В. Матюшевская. – Минск : БГУ, 2004. – 217 с.
8. Сергейчик, С.А. Экологическая физиология хвойных пород Беларуси в техногенной среде / С.А. Сергейчик, А.А. Сергейчик, Е.А. Сидорович ; под ред. Б.И. Якушева. – Минск : Беларуская навука, 1998. – 199 с.
9. Еремин, В.М. Сравнительная анатомия листа Сосновых / В.М. Еремин, С.В. Зеркаль. – Брест: Изд-во БрГУ, 2002. – 182 с.
10. Волосюк, С.Н. Влияние освещенности на анатомо-морфологическую структуру листа ели обыкновенной (*Picea abies* L. (Karst.)). / С.Н. Волосюк, С.В. Зеркаль // *Вестник Брэсцкага ун-та, серыя прыродазнаўчых навук*, 2006. – №1 (25). – С. 53–62.
11. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас – М. : Мир, 1989. – 48 с.
12. Schleppe, P. Multivariate interpretation of the foliar chemical composition of Norway spruce (*Picea abies*) / P. Schleppe [et al.] // *Plant and Soil*, 219, 2000. – P. 251–262.
13. Klaminder, J. The biogeochemistry of atmospherically derived Pb in the boreal forest of Sweden / J. Klaminder, R. Bindler, I. Renberg // *Conference Information: 6th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry, november 11–16, 2005, Prague, Czech Republic; Applied Geochemistry* 23, 2008. – P. 2922–2931.
14. Израэль, Ю.А. Мониторинг фонового загрязнения природных сред / Ю.А. Израэль. – Л : Гидрометеиздат, 1989. – 284 с.
15. Markert, B. Establishing of reference plant for inorganic characterization of different plant-species by chemical fingerprinting / B. Market // *Water air and soil pollution* 64, 1992. – P. 533–538.

***A.P. Kolbas, S.N. Volosiuk, S.V. Zercal, Y.A.Sidorovich. Trace Element Contents and Structural Changes in Needles of Picea Abies (L.) Karst. in Urban Environmental Conditions***

The application of various approaches showed significant differences in chemical elements and in morpho-anatomic structure of needles between *Picea abies* (L.) Karst. growing in urban and forest conditions. In urban ecosystems, with aging the needles of fir-trees presented a higher concentration of several metals (lead, nickel, and chromium) whereas for other elements the concentrations remained in frequent value ranges. In forest conditions, Pb, Ni, and Cr concentrations in needles slightly increased while the concentrations of some essential elements (Cu, Mn, and Zn) were reduced with needle aging. In urban ecosystems, the life expectancy of needles was reduced and their primary morpho-anatomic parameters decreased, that consequently reduced the assimilation surface of plants. One year-old fir-needles were the best indicator accounting for the tested parameters. *Picea abies* is a potential, sensible candidate for long-term biomonitoring of the environment.

УДК 595.76-15:598.2

*А.Д. Писаненко, Д.С. Лундышев*

## ЖЕСТКОКРЫЛЫЕ СЕМЕЙСТВА STAPHYLINIDAE (COLEOPTERA) – ОБИТАТЕЛИ ГНЕЗД ХИЩНЫХ ПТИЦ БЕЛАРУСИ

Статья содержит сведения по видовому составу жесткокрылых насекомых семейства Staphylinidae, зафиксированных в гнездах хищных птиц Беларуси. Было изучено 72 гнезда 18 видов хищных птиц, в 63 (87,5 %) из которых были отмечены жесткокрылые, принадлежащие данному семейству (702 экземпляра). Всего в гнездах хищных птиц отмечено 27 видов жесткокрылых семейства Staphylinidae, среди которых *Aleochara stichai* и *Atheta nidicola* являются новыми для фауны республики. Наиболее характерным и массовым видом явился *Haploglossa picipennis*, который присутствовал в 34,7% из числа обследованных гнезд и относительное обилие которого составило 74,1%. Наибольшее число видов жуков было отмечено в гнездах большого подорлика (*Aquila clanga*) – 9 – и серой неясыти (*Strix aluco*) – 8 видов.

### Введение

Представители семейства Staphylinidae достаточно хорошо изучены в доступных для исследований биотопах и составляют около 20% от общего количества известных видов колеоптерофауны Беларуси [1]. В то же время многие узколокальные местообитания остаются до сих пор фактически неизвестными в фаунистическом плане. В частности, это относится к убежищам и гнездам позвоночных животных, в консорциях которых стафилиниды доминируют, выполняя важную функцию зоо- и сапрофагов. Как правило, жесткокрылые, занимающие такие микроэкосистемы, обладают рядом специфических особенностей, связанных с биотическими и абиотическими факторами среды их обитания. Своеобразный микроклимат гнезд птиц, обилие органики, наличие паразитов, являющихся одним из непосредственных объектов питания хищных жуков, обуславливают богатство облигатных и факультативных обитателей гнезда. Составляя абсолютное большинство среди всех хищных беспозвоночных, населяющих гнезда птиц и млекопитающих, в ряде случаев нидикольные жуки являются, по-видимому, полезными сожителями своих хозяев, т. к. регулируют численность личинок и имаго блох, пухоедов и других насекомых, а также потребляют отмершую органику.

В настоящее время практически отсутствуют данные о фаунистических комплексах нидиколов гнезд хищных птиц, что связано как с немногочисленностью самих хозяев, так и с труднодоступностью и сложностью обнаружения их гнездовых построек в природной среде. Среди основных публикаций, посвященных жукам, обитающим в гнездах хищных птиц, следует отметить работу Е. Хикса [2, С. 96–145], в которой автор приводит 94 вида семейства Staphylinidae, обнаруженных в гнездах 20 видов птиц отрядов ястребообразных (Accipitriformes), соколообразных (Falconiformes) и совообразных (Strigiformes). На территории Норвегии [3] в гнездах 11 видов хищных птиц было зарегистрировано 67 видов стафилинид. Позднее З. Хагвардом [4] также для территории Норвегии указывалось 15 видов жесткокрылых, принадлежащих данному семейству из гнезд 7 видов хищных птиц. В результате многолетних исследований гнезд мохноногого сыча (*Aegolius funereus*) на территории Словакии [5] было выявлено только 7 видов стафилинид. Отдельные сведения по фауне и экологии коротконадкрылых жуков из гнезд хищных птиц приводятся в наших публикациях [6–9].

На территории Беларуси изучению Staphylinidae, населяющих гнезда хищных птиц, уделялось мало внимания, о чем свидетельствует незначительное количество работ, посвященных этой группе насекомых [10–14]. В данной статье впервые предпри-

нята попытка свести воедино разрозненные сведения по фауне жуков семейства Staphylinidae, обитающих в гнездах хищных птиц Беларуси, с целью дальнейшего изучения их биологических особенностей, количественного соотношения и роли в биогеоценозах лесной зоны.

### **Материалы и методы исследований**

Для выяснения видового состава Staphylinidae, доминирующих среди остальных нидикольных жесткокрылых, на протяжении ряда лет (1985–1990, 1998–2000, 2005–2009 гг.) нами производился сбор материала в гнездах дневных и ночных хищных птиц в 17 административных районах Беларуси. В процессе изучения фауны жуков сбор осуществлялся традиционными методами просеивания гнездового материала на почвенное сито с дальнейшим использованием термозектора. Кроме того, в ряде случаев использовались специальные ловушки собственной конструкции с приманкой, устанавливаемые в выстилку гнезда или дупла с последующим изъятием и регулярным осмотром.

В ходе исследований определялся ряд количественных характеристик, таких как: относительное обилие – отношение числа экземпляров одного вида к общему числу собранных экземпляров, выраженное в процентах; эффективная плотность – отношение числа отмеченных экземпляров жуков к общему числу обитаемых гнезд. Фаунистическое сходство рассчитывалось по формуле Чекановского-Сьеренсена.

### **Результаты и их обсуждение**

Всего было обследовано 72 гнезда 18 видов хищных птиц принадлежащих 3 отрядам (3 семействам):

Отряд **Accipitriformes** – ястребообразные

Семейство Accipitridae – ястребиные

1. *Pernis apivorus* Linnaeus – обыкновенный осоед
2. *Milvus migrans* Boddaert – черный коршун
3. *Circaetus gallicus* Gmelin – змеяд
4. *Circus aeruginosus* Linnaeus – болотный лунь
5. *Accipiter gentilis* Linnaeus – тетеревятник
6. *Accipiter nisus* Linnaeus – перепелятник
7. *Buteo buteo* Linnaeus – обыкновенный канюк
8. *Aquila pomarina* C.L. Brehm – малый подорлик
9. *Aquila clanga* Pallas – большой подорлик
10. *Pandion haliaetus* Linnaeus – скопа

Отряд **Falconiformes** – соколообразные

Семейство **Falconidae** – соколиные

11. *Falco tinnunculus* Linnaeus – обыкновенная пустельга
12. *Falco subbuteo* Linnaeus – чеглок

Отряд **Strigiformes** – совообразные

Семейство Strigidae – совиные

13. *Bubo bubo* Linnaeus – филин
14. *Glaucidium passerinum* Linnaeus – воробьиный сыч
15. *Strix aluco* Linnaeus – серая неясыть
16. *Strix uralensis* Pallas – длиннохвостая неясыть
17. *Strix nebulosa* I.R. Forster – бородатая неясыть
18. *Asio otus* Linnaeus – ушастая сова

В 63 гнездах (87,5%) хищных птиц из числа обследованных были отмечены жесткокрылые.

В гнездах 18 видов хищных птиц было зафиксировано 27 видов жесткокрылых-нидикололов (702 экземпляра) семейства стафилиниды (Staphylinidae).

Два вида жесткокрылых семейства Staphylinidae: *Aleochara stichai* и *Atheta nidicola* указываются впервые для фауны республики.

Ниже приводится аннотированный список жесткокрылых семейства Staphylinidae, отмеченных в гнездах хищных птиц Беларуси. Список составлен с учетом номенклатуры, приведенной в каталоге жесткокрылых Палеарктики [15] и последних систематических работ. Виды семейства стафилинид, отмеченные звездочкой (\*), приводятся впервые для фауны республики. Список основан на собственном материале. Сборы других лиц отмечены специально.

Fam. STAPHYLINIDAE Latreille, 1802

Subfam. Omaliinae MacLeay, 1825

Tribe *Omaliini* MacLeay, 1825

*Phyllodrepa (s.str.) floralis* (Paykull, 1789). Брестская обл., г. Барановичи, ниша технического этажа высотного здания, в гнезде *Falco tinnunculus* L., 25.06.2009, 1 экз.

Subfam. Tachyporinae MacLeay, 1825

Tribe *Tachyporini* MacLeay, 1825

*Tachinus (s.str.) bipustulatus* (Fabricius, 1793). Брестская обл., Ивацевичский р-н, заказник «Выгонощанское», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 18 м), 22.07.2008, 2 экз.

*Tachinus (s.str.) laticollis* Gravenhorst, 1802. Минская обл., Минский р-н, пос. Городище, в гнездовом дупле *Strix aluco* L. на осине, 25.05.1985, leg. Тишечкин А.К., 1 экз.

Subfam. Aleocharinae Fleming, 1821

Tribe *Aleocharini* Fleming, 1821

\**Aleochara (Xenochara) stichai* Likovsky, 1965. Брестская обл., Ивацевичский р-н, заказник «Выгонощанское», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 18 м), 22.07.2008, 1 экз.; Пинский р-н, окр. д. Остров, заказник «Простырь», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на иве (h = 12 м), 25.07.2008, 10 экз.

Tribe *Athetini* Casey, 1910

*Acrotona fungi* (Gravenhorst, 1806). Витебская обл., Лепельский р-н, Березинский заповедник, 2 км ЮЗ д. Крайцы, в гнезде *Pernis apivorus* (L.) с птенцами, 26.07.1989, leg. Тишечкин А.К., 1 экз.

*Atheta (s.str.) harwoodi* Williams, 1930. Минская обл., Минский р-н, окр. д. Вишневка, заболоченный елово-дубовый лес, в гнезде *Buteo buteo* (L.) на дубе, 19.04.1990, 1 экз.

\**Atheta (s.str.) nidicola* (Johansen, 1914). Минская обл., Минский р-н, 4 км В г. Минска, 5 км СВ д. Б. Тростенец, сосняк по окраине военного полигона, в гнезде *Falco subbuteo* L. (старое гнездо ворона) на сосне (h = 14 м), 6.06.2000, 2 экз.

*Atheta (s.str.) vaga* (Heer, 1839) = *nigricornis* (Thomson, 1852). Минская обл., Дзержинский р-н, окр. д. Александрово, затопленный ольс, в гнезде *Strix aluco* L. с птенцами на старом ясене, 22.08.1998, 1 экз.; Пуховичский р-н, окр. пос. Веселовский, 6 км СЗ д. Талька, верховое болото «Мурашево», основание кроны старой осины на высоте 15 – 16 м, в гнезде *Accipiter gentilis* (L.), 31.07.1999, 3 экз.; Минский р-н, 9 км ССЗ г. Минска, 2 км С пос. Боровляны, опушка старого ельника, в выстилке гнезда *Accipiter gentilis* (L.) на ели, 16.07.2000, 1 экз.; Узденский р-н, окр. д. Теляково, затопленный ольшаник, дуплянка на старом ясене, в гнездовой выстилке *Strix aluco* L. 18.10.2000, 1 экз.; Витебская обл., Лепельский р-н, Березинский заповедник, окр. д. Крайцы, в гнезде *Pernis apivorus* (L.) с птенцами, 26.07.1989, leg. Тишечкин А.К., 1 экз.; там же, в гнезде *Strix uralensis* Pall., 25.06.1987, leg. Тишечкин А.К., 1 экз.; там же, д. Савский Бор, ольшаник, выстилка гнезда *Buteo buteo* (L.), 18.07.1987, leg. Тишечкин А.К., 12 экз.; Докшицкий р-н, 21 км СВ г. Докшицы, верховое болото у оз. Межу-жол, в гнезде *Strix uralensis* Pall., на березе, 20.04.2000, 1 экз.; Брестская обл., Барановичский р-н, г. Барановичи, городское кладбище, в гнезде *Asio otus* L. на ели (h = 6 м), 11.06.2008, 5 экз.; ниша технического этажа высотного здания, в гнезде *Falco tinnunculus* L., 25.06.2009, 2 экз.; там же, 25.06.2009, 1 экз.; Барановичский р-н, окр. г. Барановичи, в гнезде болотного луны среди зарослей тростника, 28.06.2007, 1 экз.; окр. д. Верхнее Чернихово, в гнезде *Aquila pomorina* Vrehm на березе (h = 12 м), 3.08.2008, 1 экз.; окр. г. Барановичи, ур. «Гай», в гнезде *Accipiter gentilis* (L.) на березе (h = 12 м), 3.06.2009, 2 экз.; окр. д. Тартаки, в гнезде *Accipiter gentilis* (L.) на ели (h = 17 м), 21.07.2009, 2 экз.; Ивановский р-н, заказник «Споровский», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ели (h = 10 м), 23.07.2008, 2 экз.; Ивацевичский р-н, заказник «Выгонощанское», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 15 м), 22.07.2008, 1 экз.; Лунинецкий р-н, окр. г. Микашевичи, дуплянка на дубе (h = 6 м), в гнезде *Strix aluco* L., 10.06.2009, 1 экз.; Ляховичский р-н, окр. д. Литва, в гнезде *Buteo buteo* (L.) на ели (h = 10 м), 18.06.2009, 1 экз.; Пинский р-н, окр. д. Остров, заказник «Простырь», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 6 м), 25.07.2008, 2 экз.; там же, в гнезде *Aquila clanga* Pall. на иве (h = 12 м), 25.07.2008, 4 экз.; Столинский р-н, заказник «Ольманские болота», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 18 м), 27.07.2008, 2 экз.; там же, в гнезде *Aquila clanga* Pall. гнездо на сосне (h = 17 м), 27.07.2008, 2 экз.

*Atheta (Datomicra) celata* (Erichson, 1837). Брестская обл., Ивацевичский р-н, заказник «Споровский», в гнезде *Bubo bubo* L. на земле, 22.07.2008, 1 экз.; Барановичский р-н, окр. г. Барановичи, в гнезде *Circus aeruginosus* (L.) среди зарослей тростника, 28.06.2007, 2 экз.

*Atheta (Datomicra) nigra* (Kraatz, 1856). Брестская обл., Барановичский р-н, окр. г. Барановичи, в гнезде *Circus aeruginosus* (L.) среди зарослей тростника, 12.06.2007, 1 экз.; там же, 28.06.2007, 1 экз.

*Atheta (Dimetrota) cadaverina* (Brisout de Barneville, 1860). Минская обл., Минский р-н, окр. д. Городище на осине, в гнезде *Strix aluco* L., 25.05.1985, leg. Тишечкин А.К., 1 экз.

*Geostiba curcellaris* (Gravenhorst, 1802). Минская обл., Минский р-н, пос. Городище, в гнезде *Strix aluco* L. на сосне, 25.05.1985, leg. Тишечкин А.К., 1 экз.; Брестская область, Дрогичинский р-н, заказник «Споровский», в гнезде *Bubo bubo* L. на земле, 23.07.2008, 1 экз.

*Nehemitropia lividipennis* Mannerheim, 1830 = *sordida* (Marsh.). Минская обл., Смолевичский р-н, окр. д. Волма, в гнезде *Circus aeruginosus* (L.), 11.08.2007, leg. Винчевский А.Е., 1 экз.



Tribe *Oxyrodini* Thomson, 1859

*Devia prospera* (Erichson, 1839). Брестская обл., Ивацевичский р-н, заказник «Споровский», в гнезде *Bubo bubo* L. на земле, 22.07.2008, 1 экз.

*Metioca exilis* (Knoch, 1806). Брестская обл., Ляховичский р-н, окр. д. Литва, в гнезде *Buteo buteo* (L.) на ели (h = 10 м), 18.06.2009, 1 экз.

*Haploglossa gentilis* (Märkel, 1845). Брестская обл., Брестский р-н, д. Томашевка, в гнездовом дупле *Strix aluco* L. на сосне, 25.06.1985, leg. Тишечкин А.К., 1 экз.; Ляховичский р-н, окр. д. Святица, гнездовое дупло *Strix aluco* L. в осине, 12.04.1999, leg. Миндлин Г.А., 1 экз.

*Haploglossa marginalis* (Gravenhorst, 1806). Витебская обл., Лепельский р-н, Березинский заповедник, окр. д. Савский Бор, сосняк пушицево-сфагновый, в гнезде *Pandion haliaëtus* (L.), 12.07.1988, 12 экз.

*Haploglossa picipennis* (Gyllenhal, 1827). Витебская обл., Лепельский р-н, Березинский заповедник, 2 км 3 д. Крайцы, в старом гнезде *Strix uralensis* Pall., 25.06.1987, leg. Тишечкин А.К., 2 экз.; там же, 12 км ЮВ д. Крайцы, ур. Увязок, Великая Река, в гнезде *Buteo buteo* (L.), 12.07.1987, leg. Тишечкин А.К., 3 экз.; там же, 4 км СЗ д. Савский Бор, в гнезде *Pandion haliaëtus* (L.), 12.07.1988, 93 экз.; Минская обл., Минский р-н, окр. д. Вишневка, заболоченный елово-лиственный лес, в гнезде *Buteo buteo* (L.) на дубе, 19.04.1990, 4 экз.; СВ окраина Минска, окр. д. Лесковка, ельник по краю небольшой вырубке, в гнезде *Accipiter gentilis* (L.), 20.04.1999, 1 экз.; Дзержинский р-н, окр. д. Александрово, в гнезде *Buteo buteo* (L.), 24.04.1998, 1 экз.; там же, в гнезде *Aquila pomarina* Brehm, 22.05.1999, 2 экз.; Пуховичский р-н, 6 км СЗ пос. Талька, верховое болото «Мурашево», в гнезде *Circaetus gallicus* (Gmel.) на сосне (h = 8 м), 31.07.1999, 2 экз.; там же, гнездо *Circaetus gallicus* (Gmel.) на верховом болоте "Мурашево", 24.08.1999, 6 экз.; там же, основание кроны старой осины, в гнезде *Accipiter gentilis* (L.) на высоте 16 м, 24.08.1999, 3 экз.; Вилейский р-н, 10 км ЮВВ г. Вилейка, окр. д. Лесная, смешанный лес, в гнезде *Pernis apivorus* (L.) на ели, 11.06.2000, leg. Миндлин Г.А., 1 экз.; Брестская обл., Барановичский р-н, окр. г. Барановичи, в гнезде *Circus aeruginosus* (L.) среди зарослей тростника, 12.06.2007, 5 экз.; там же, 28.06.2007, 4 экз.; там же, ур. «Гай», в гнезде *Accipiter gentilis* (L.) на березе (h = 12 м), 3.06.2009, 33 экз.; окр. д. Козлякевичи, в гнезде *Accipiter gentilis* (L.) на сосне (h = 12 м), 2.07.2007, 2 экз.; окр. д. Волохва, в гнезде *Buteo buteo* (L.) на ольхе (h = 8 м), 7.06.2009, 99 экз.; Ивацевичский р-н, заказник «Споровский», в гнезде *Bubo bubo* (L.) на земле, 22.07.2008, 1 экз.; заказник «Выгонощанское», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 18 м), 22.07.2008, 70 экз.; Лунинецкий р-н, окр. г. Микашевичи, в гнезде *Milvus migrans* (Bod.) на дубе (h = 11 м), 10.06.2009, 16 экз.; Ляховичский р-н, окр. д. Литва, в гнезде *Buteo buteo* (L.) на ели (h = 10 м), 18.06.2009, 16 экз.; Пинский р-н, окр. д. Остров, заказник «Простырь», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 6 м), 25.07.2008, 10 экз.; там же, в гнезде *Aquila clanga* Pall. на иве (h = 12 м), 25.07.2008, 46 экз.; заказник «Простырь», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на березе (h = 12 м), 25.07.2008, 39 экз.; Столинский р-н, заказник «Ольманские болота», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 18 м), 27.07.2008, 13 экз.; там же, гнездо на сосне (h = 17 м), 27.07.2008, 48 экз.

*Haploglossa villosula* (Stephens, 1832). Минская обл., Минский р-н, д. Городище, на осине в гнезде *Strix aluco* L., 25.05.1985, leg. Тишечкин А.К., 2 экз.; Могилевская обл., Осиповичский р-н, окр. д. Слопище, в гнезде *Accipiter nisus* (L.) на ели (h = 7 м), 13.08.2008, 1 экз.

## Subfam. Oxytelinae Fleming, 1821

Tribe *Oxytelini* Fleming, 1821

*Anotylus tetracarlinatus* (Block, 1799). Брестская обл., Барановичский р-н, окр. г. Барановичи, в гнезде *Circus aeruginosus* (L.) среди зарослей тростника, 12.06.2007, 1 экз.

Subfam. Paederinae Fleming, 1821

*Rugilus (s.str.) rufipes* Germar, 1836. Минская обл., Минский р-н, д. Городище, в гнезде *Strix aluco* L., 25.05.1985, leg. Тишечкин А.К., 1 экз.

*Astenus (s.str.) gracilis* (Paykull, 1789). Брестская область, Дрогичинский р-н, заказник «Споровский», в гнезде *Bubo bubo* (L.) на земле, 23.07.2008, 1 экз.

Subfam. Staphylininae Latreille, 1802

Tribe *Staphylinini* Latreille, 1802

*Bisnius spermophili* (Ganglbauer, 1897). Брестская обл., Ивацевичский р-н, заказник «Выгонощанское», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 18 м), 22.07.2008, 1 экз.

*Bisnius subuliformis* (Gravenhorst, 1802) = *fuscus* (Grav.). Брестская обл., Брестский р-н, д. Томашевка, в гнезде *Strix aluco* L., 25.06.1985, leg. Тишечкин А.К., 3 экз.; Барановичский р-н, окр. г. Барановичи, в гнезде *Buteo buteo* (L.) на сосне (h = 8 м), 4.09.2008, 4 экз.; окр. д. Верхнее Чернихово, в гнезде *Aquila pomarina* Brehm на березе (h = 12 м), 3.08.2008, 4 экз.; окр. д. Тартаки, в гнезде *Accipiter gentilis* (L.) на ели (h = 17 м), 21.07.2009, 1 экз.; Ивановский р-н, заказник «Споровский», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ели (h = 10 м), 23.07.2008, 2 экз.; Ивацевичский р-н, заказник «Выгонощанское», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 18 м), 22.07.2008, 30 экз.; Ляховичский р-н, окр. д. Литва, в гнезде *Buteo buteo* (L.) на ели (h = 10 м), 18.06.2009, 3 экз.; Пинский р-н, окр. д. Остров, заказник «Простырь», там же, в гнезде *Aquila clanga* Pall. на иве (h = 12 м), 25.07.2008, 3 экз.; там же, в гнезде *Aquila clanga* Pall. на березе (h = 12 м), 25.07.2008, 4 экз.; Столинский р-н, заказник «Ольманские болота», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 18 м), 27.07.2008, 4 экз.; там же, в гнезде *Aquila clanga* Pall. на сосне (h = 17 м), 27.07.2008, 3 экз.; Витебская обл., Лепельский р-н, Березинский заповедник, 2 км 3 д. Крайцы, в гнезде *Strix uralensis* Pall., 25.06.1987, leg. Тишечкин А.К., 3 экз.; там же, д. Савский Бор, ольшаник, выстилка гнезд *Buteo buteo* (L.) и *Strix aluco* L., 18.07.1987, leg. Тишечкин А.К., 12 экз.

*Philonthus (s.str.) politus* (Linnaeus, 1758). Брестская обл., Барановичский р-н, окр. г. Барановичи, в гнезде *Circus aeruginosus* (L.) среди зарослей тростника, 28.06.2007, 1 экз.; Барановичский р-н, окр. д. Тартаки, в гнезде *Accipiter gentilis* (L.) на ели (h = 17 м), 21.07.2009, 1 экз.; Ивацевичский р-н, заказник «Выгонощанское», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 18 м), 22.07.2008, 1 экз.

*Quedius (Microsaurus) brevicornis* (Thomson, 1860). Брестская обл., Ивацевичский р-н, заказник «Выгонощанское», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 15 м), 22.07.2008, 1 экз.; Столинский р-н, заказник «Ольманские болота», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 18 м), 27.07.2008, 3 экз.

Tribe *Xantholinini* Erichson, 1839

*Nudobius lentus* (Gravenhorst, 1806). Брестская обл., Пинский р-н, окр. д. Остров, заказник «Простырь», в гнезде *Aquila clanga* Pall. на ольхе (h = 6 м), 25.07.2008, 1 экз.

Наиболее характерным видом нидикольных стафилинид явился *Haploglossa picipennis* (Gyllenhal, 1827) который присутствовал в 34,7% из числа обследованных гнезд. В 31,9% и 18,0% обследованных гнезд отмечались *Atheta vaga* (Heer, 1839) и *Bis-*

*nius subuliformis* (Gravenhorst, 1802), соответственно. Остальные виды регистрировались значительно реже (1,4% – 2,7% гнезд).

Самое высокое относительное обилие было отмечено для *Haploglossa picipennis* (Gyllenhal, 1827) и составило 74,1% от общего числа отмеченных жесткокрылых семейства Staphylinidae в гнездах хищных птиц Беларуси. Меньшим относительным обилием отличаются *Bisnius subuliformis* (Gravenhorst, 1802) и *Atheta vaga* (Heer, 1839) – по 10,8% и 6,9%, соответственно. Относительное обилие остальных видов было невысокое (0,1% – 1,7%).

Наибольшее число видов жуков было отмечено в гнездах большого подорлика (*Aquila clanga* Pall.) – 9 и серой неясыти (*Strix aluco* L.) – 8 видов. В гнездах филина (*Bubo bubo* L.) – 6, а в гнездах обыкновенного канюка (*Buteo buteo* (L.) и болотного луны (*Circus aeruginosus* (L.) зафиксировано по 5 видов жесткокрылых-нидиколов.

Обследованные нами гнезда хищных птиц относились к 3 типам: открытые гнезда, расположенные на земле; открытые гнезда, расположенные над землей или над водой; и гнезда, расположенные над землей в укрытиях (дупла, дуплянки, полудупла). К гнездам первого типа относятся гнезда филина (*Bubo bubo* L.) и болотного луны (*Circus aeruginosus* (L.), располагающие свои гнезда на сухих или увлажненных участках земли. Большая часть обследованных гнезд относилась ко второму типу – открытые гнезда, расположенные над землей или над водой. Это гнезда большинства видов птиц отрядов Accipitriformes, Falconiformes и некоторых видов птиц отряда Strigiformes (например, гнезда тетеревятника (*Accipiter gentilis* (L.), большого подорлика (*Aquila clanga* Pall.) и др.). Отдельные виды птиц отряда Strigiformes (серая неясыть (*Strix aluco* L.), воробьиный сыч (*Glaucidium passerinum* L.) и др.) устраивают гнезда в естественных и искусственных укрытиях (дупла, дуплянки, полудупла).

Коэффициент фаунистического сходства между гнездами открытого типа, расположенными над землей или над водой, и гнездами, расположенными над землей в укрытиях, составил 25%. В то же время коэффициент фаунистического сходства между открытыми гнездами, расположенными на земле, и открытыми гнездами, расположенными над землей или над водой, а также между открытыми гнездами, расположенными на земле, и гнездами, расположенными над землей в укрытиях, составил 8% и 11,8%, соответственно.

Основной причиной низкого коэффициента фаунистического сходства выступает высокая экологическая специфичность гнезд разных типов хищных птиц: их месторасположение и соответственно степень изоляции гнезд от внешней среды. Так, в результате высокой изоляции в гнездах птиц закрытого типа формируется специфическая нидикольная фауна с низким числом случайных видов жуков изучаемого семейства. В гнезда хищных птиц, расположенных на земле, появляется большое число случайных видов, не встречающихся или встречающихся в небольшом количестве в гнездах хищных птиц других типов.

### Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлен видовой состав жуков семейства Staphylinidae, населяющих гнезда хищных птиц, включающий 27 видов, среди которых *Aleochara stichai* и *Atheta nidicola* указываются впервые для фауны республики.

Наиболее обычным и массовым видом явился *Haploglossa picipennis*, который присутствовал в 34,7% из числа обследованных гнезд и относительное обилие которого составило 74,1%. Наибольшее число видов жуков было отмечено в гнездах большого подорлика (*Aquila clanga* Pall.) – 9 и серой неясыти (*Strix aluco* L.) – 8 видов.

Низкий коэффициент фаунистического сходства между тремя типами гнезд хищных птиц связан с их месторасположением и степенью изоляции гнезд от внешней среды.

Всего с учетом литературных данных в гнездах хищных птиц, обитающих на территории Беларуси, на данный момент известно 28 видов сем. Staphylinidae. Дальнейшие исследования по изучению жесткокрылых-нидиколов как семейства стафилиниды, так и других семейств жуков, обитающих в гнездах дневных и ночных хищных птиц Беларуси, позволят расширить приведенный список и установить их экологические особенности.

*Авторы выражают благодарность за помощь в сборе и предоставлении материала доктору А.К. Тишечкину (г. Санта-Барбара, США), кандидату биологических наук А.В. Земоглядчуку и кандидату биологических наук В.Ч. Домбровскому (ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», г. Минск), В.В. Сахвону и Г.А. Миндлину (Зоомузей БГУ, г. Минск), А.Ю. Мочульскому (г. Барановичи), Ю.В. Потоцкой (БарГУ, г. Барановичи).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог жесткокрылых (Coleoptera, Insecta) Беларуси / О.Р. Александрович [и др.]; Фонд фундам. исслед. Респ. Беларусь. – Минск, 1996. – 103 с.
2. Hicks, E.A. Check list and bibliography on the occurrence of insects in bird's nests / E.A. Hicks. – Iowa State Coll. Press, 1959. – P. 1–681.
3. Strand, A. Coleoptera i rovfuglreir / A. Strand // Norsk Entom. Tidsskrift. – 1967. – Vol. 14. – P. 1–12.
4. Hagvar, S. Coleoptera in nests of birds of prey / S. Hagvar // Norw. J. Ent. – 1975. – Vol. 22. – P. 135–142.
5. Kristofik, J. Arthropods (Pseudoscorpionida, Acari, Coleoptera, Siphonaptera) in the nests of the tengmalms's owl *Aegolius funereus* / J. Kristofik, P. Masan, Z. Sustek // Biologia. – Vol. 58. – 2002. – P. 231–240.
6. Киршенблат, Я.Д. Определительные таблицы жуков-стафилинов, живущих в гнездах млекопитающих и птиц / Я.Д. Киршенблат // Вестн. микробиологии эпидемиологии и паразитологии. – 1935. – № 16 (1–2). – С. 227–242.
7. Киршенблат, Я.Д. Staphylinidae – стафилины или коротконадкрылые жуки / Я.Д. Киршенблат // Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. II. Жесткокрылые и веерокрылые / под общ. ред. Г.Я. Бей-Биенка [и др.]. – М.–Л., 1965. – С. 111–156.
8. Freude, H. Die Käfer Mitteleuropas. *Staphylinidae* I. (*Micropeplinae* bis *Tachyporinae*) / H. Freude, K.W. Harde, G.A. Löse. – Bd. 4, 1964. – 364 p.
9. Freude, H. Die Käfer Mitteleuropas. *Staphylinidae* II. (*Hypocyphtinae* und *Aleocharinae*) / H. Freude, K.W. Harde, G.A. Löse. – Bd. 5, 1974. – 381 p.
10. Писаненко, А.Д. Новые данные по фауне стафилинид (Coleoptera, Staphylinidae) Белоруссии / А.Д. Писаненко // Вестн. Белорус. госуд. ун-та. Сер. 2. Химия. Биология. География. – 1989. – № 3. – С. 47–50.
11. Писаненко, А.Д. Стафилины-нидиколы (Coleoptera, Staphylinidae) фауны Белоруссии / А.Д. Писаненко // Успехи энтомологии в СССР. Жесткокрылые: материалы 10 съезда ВЭО, 11–15 сентября 1989 г. – Л., 1990. – С. 111–113.
12. Семёнов, В.Б. Материалы по фауне жуков-стафилинид (Coleoptera: Staphylinidae, Aleocharinae) Белоруссии / В.Б. Семёнов, А.Д. Писаненко // Вестн. Белорус. госуд. ун-та. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 1991. – № 3. – С. 49–52.

13. Писаненко, А.Д. К познанию фауны коротконадкрылых жуков (Coleoptera, Staphylinidae) Белоруссии / А.Д. Писаненко, В.С. Монсявичюс // Фауна и экология жесткокрылых Беларуси / Институт зоологии АН БССР ; под ред. И.К. Лопатина, Э.И. Хотько. – Минск, 1991. – С. 197–203.

14. Лундышев, Д.С. Жесткокрылые семейства Staphylinidae (Coleoptera) в гнездах птиц / Д.С. Лундышев // Актуальные проблемы экологии – 2007 : тез. докл. III междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 21–23 ноября 2007 г. / ГрГУ им. Я. Купалы ; редкол.: Н.П. Канунникова (отв. ред.) [и др.]. – Гродно, 2007. – С. 20–21.

15. Catalogue of Palaearctic Coleoptera (*Hydrophiloidea* – *Hysteroidea* – *Staphylinidea*) / I. Löbl [и др.] – 2004. – Vol. 2. – 942 p.

**A.D. Pisanenko, D.S. Lundyshch. Staphylinidae (Coleoptera) Family Beetles – the Inhabitants of Birds of Prey nests of Belarus**

The article presents information on beetle species structure of Staphylinidae (Coleoptera) family registered in birds of prey nests in Belarus. 72 nests of 18 species were studied, in 63 (87.5 %) out of which beetles belonging to that family were registered. In general 27 species of Staphylinidae family beetles were identified in birds of prey nests; *Aleochara stichai* and *Atheta nidicola* were new species for Belarusian fauna. *Haploglossa picipennis* was the most usual and numerous species, which was registered in 34.7 % out of the investigated nests and its relative abundance constituted 74.1 %. The greatest number of species was registered in *Aquila clanga* nests – 9, and *Strix aluco* nests – 8 species.

УДК 581.93

*А.А. Пряжникова, Г.Ф. Рыковский*

## ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БРИОФЛОРЫ ГРОДНЕНСКОЙ КРЕПОСТИ ВРЕМЕН I МИРОВОЙ ВОЙНЫ

В результате проведенного исследования бриофлоры бетонных фортификаций Гродненской крепости идентифицирован 81 вид *Bryopsida* и 4 вида *Hepaticopsida*. Выявлено 12 редких и очень редких видов для бриофлоры Беларуси, два из которых – *Tortella tortuosa* Hedw., *Bryum klinggraeffii* Schimp. – занесены в Красную книгу Республики Беларусь, а также *Bryum warneum* Roehl., считавшийся, согласно этому источнику, исчезнувшим с территории республики.

Проведен географический анализ распределения видов в составе бриофлоры бетонных фортификаций Гродненской крепости, а также сравнение в этом аспекте ее бриофлоры с бриофлорой бетонных сооружений западной части Беларуси и смежных районов Литвы. Преобладающими для обеих бриофлор являются бореальный, неморальный, бореально-неморальный геоэлементы с характерными видами горного генезиса.

**Введение.** Мохообразные имеют более обширные ареалы, чем сосудистые растения. Ареалы видов бриофитов соответствуют ареалам родов сосудистых растений, а бриофлора обычно древнее, чем флора сосудистых растений того или иного природного региона, т.е. мохообразные в силу специфики своей организации дольше удерживают свои позиции по сравнению с сосудистыми растениями. Среди бриофитов космополитов и гемикосмополитов гораздо больше, чем среди трахеофитов. Мохообразные в такой связи являются важным объектом для изучения генезиса флор различных регионов, однако, несмотря на обширность ареалов, мохообразные подчиняются тем же закономерностям в зональном распределении, что и сосудистые растения. Вместе с тем география есть в сущности проявление в той или иной мере экологической специфики местностей, определенной климатом [1, с. 101].

В последнее время стало актуальным изучение растительности, и прежде всего мохообразных, на таких редких субстратах в Беларуси, как бетонные фортификационные сооружения, особенно начала XX века, которые являются потенциально наиболее богатыми по видовому составу мохообразных-эпилитов. Такие бетонные, а также цементно-каменные сооружения имитируют по своим физико-химическим свойствам карбонатные горные породы. Благодаря этому реализуются возможности сохранения биоразнообразия редких видов мохообразных-кальцефилов.

Первые исследования старинных бетонных и цементно-каменных сооружений западной части Беларуси и смежных районов Литвы (преимущественно 30-х – 40-х гг. прошлого века) содержатся в публикации Г.Ф. Рыковского [2]. В этом аспекте нами исследуются долговременные оборонительные опорные пункты крайнего запада Беларуси, относящиеся к фортификациям Гродненской крепости времен I мировой войны, начало создания которых датируется 1912 г. [3].

**Цель и задачи исследования.** Цель работы – изучение бриофлоры фортификационных сооружений окрестностей г. Гродно в связи с географическими особенностями распространения бриофитов.

Задачи исследования:

- 1) изучение видового состава бриевых мхов и печеночников;
- 2) выявление редких видов мохообразных;

3) географический анализ, включающий определение принадлежности видов мохообразных к определенным географическим элементам и типам ареалов, сравнительная характеристика бриофлоры Гродненской крепости с бриофлорой фортификаций западной части Беларуси и смежной территории Литвы в географическом аспекте.

**Материалы и методы исследований.** Материалом для работы послужили результаты обработки коллекции бриофитов (более 800 образцов), собранных нами на бетонных фортах Гродненской крепости. Полевые флористические исследования проводили маршрутным методом [4] в 2008–2009 гг. на восьми фортах в районах деревень: Наумовичи, Ратичи, Каменка, Стрельчики, Гибуличи, Малая Ольшанка, Погораны и санатория «Неман» (Гродненский район). Определение, географический анализ мохообразных осуществляли по «Флоре Беларуси, I том» [5], «Флоре Беларуси, II том» [6]. Нумерация фортов согласно [7].

Объектом исследования явились географические особенности произрастания мохообразных на оборонительных опорных пунктах Гродненской крепости.

Исследуемые форты – долговременные оборонительные опорные пункты, пояса которых в окрестностях г. Гродно сооружен в начале XX века. Модернизация Гродненской крепости началась после русско-японской войны с 12 октября 1912 г. в связи с повышением стратегического значения г. Гродно. Тогда начали возводить каменно-бетонные сооружения этой крепости.

Город Гродно (53°6' с.д., 23°9' в.ш.) находится на западе Беларуси вблизи прохождения Белорусской гряды. Город расположен на р. Неман, которая занимает среди рек Беларуси пятое место по площади водосбора и водности. Гродненский район включает находящуюся на западе Гродненскую возвышенность (200–250 м над уровнем моря) и Неманскую низменность (50 м над уровнем моря), занимающую большую часть территории района. Гродненская возвышенность имеет камово-маренно-эрозионный ландшафт, где на основной части территории произрастают хвойные леса на дерново-подзолистых почвах. Неманская низменность характеризуется водно-ледниковым, реже озерно-ледниковым ландшафтом с преобладанием смешанных лесов. Лесами занято 31,7% площади района, наиболее крупные массивы – на севере и северо-востоке. Преобладают сосновые, еловые, березовые, ольховые и дубовые леса. Болот мало, в основном они встречаются в Неманской низменности [8; 9].

Присущие району климатические характеристики создают различные экологические и микроклиматические условия на фортификациях; контрастность их экологических режимов зависит от степени затененности и деструкции данных сооружений, а также от уровня влажности.

В ходе проведенных исследований бриофитов фортов нами выявлены и идентифицированы 81 вид *Bryopsida* и 4 вида *Hepaticopsida* из 48 родов, 23 семейств и 11 порядков; отмечены такие редкие для бриофлоры Беларуси виды [4; 5], как *Encalypta streptocarpa* Hedw., *Didymodon rigidulus* Hedw., *Tortula virescens* De Not., *Orthotrichum anomalum* Hedw., *Orthotrichum diaphanum* Brid., *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid., *Orthotrichum cupulatum* Brid., *Bryum schleicheri* DC, *Bryum moravicum* Podp., *Mnium marginatum* (Dicks) P. Beauv., *Stereodon fertilis* (Sendtn.) Lindb.

Отмечены также виды, занесенные в Красную книгу Республики Беларусь [10]: *Tortella tortuosa* Hedw. (CR) – критически угрожаемый, *Bryum klinggraeffii* Schimp. (VU) – уязвимый. Найден *Bryum warneum* Roehl., занесенный в «черный список» (т.е. список видов, считающихся исчезнувшими с территории республики) Красной книги, который предлагается нами для включения в новое издание Красной книги (CR).

Выявленный нами *Orthotrichum patens* Bruch ex Brid. находится в списке видов Красной книги, нуждающихся в профилактической охране.

В связи с реэвакуационно-миграционным происхождением бриофлоры Беларуси важное значение имеет ее ботанико-географический анализ. Это касается и мохообразных, произрастающих на бетонных и цементно-каменных сооружениях, комплекс которых может считаться в известной степени синантропным, или рудеральным, поскольку связан с искусственно созданным субстратом.

В основу географического анализа бриофлоры Гродненской крепости положена схема геоэлементов А.С. Лазаренко [11], но с некоторыми изменениями, дополнениями и уточнениями по Г.Ф. Рыковскому [12]. Предложен элемент промежуточной зональности – бореально-неморальный, отражающий процессы филогенеза в антропогенезе, когда в результате адаптации некоторых представителей неморального геоэлемента (третичного генезиса) они расширили свои ареалы на область с меньшей теплообеспеченностью и приобрели бореально-неморальный характер. Монтанный элемент подразделен Г.Ф. Рыковским на несколько зонально(поясно)-горных элементов. Это бореально-монтанный, неморально-монтанный, бореально-неморально-монтанный, субаркто-бореально-монтанный элементы. Таким образом, учитывается поясность распределения растительности в орогенных образованиях, аналогичная зональности на равнинной территории, а также горные связи тех или иных видов мохообразных, отражающие их филогенез [1].

В составе бриофлоры Гродненской крепости нами выделены следующие географические элементы: субарктический, неморальный, бореальный, бореально-неморальный, бореально-монтанный, неморально-монтанный, аридный, арктоальпийский, субаркто-бореально-монтанный, субаркто-монтанный, средиземноморско-неморальный, субаркто-бореальный, средиземноморско-неморальный и группа космополитов.

При анализе бриофлоры фортов было выявлено преобладание бореального геоэлемента на фортах №13 (8 видов), №8 (12 видов), №9 (9 видов), что связано с расположением этих фортов в лесах с преобладанием хвойных пород деревьев. Неморальный геоэлемент преобладает на форте №6 (6 видов), это связано с расположением сооружения среди смешанных древесных пород. Бореально-неморальный элемент представлен практически в одинаковом количестве на всех фортах, бореально-монтанный преобладает на фортах №№2, 4, 9 – по 6 видов мохообразных. Из всех фортов наиболее полно представлены космополиты на форте №4 (4 видов), также отмечено присутствие только на одном форте вида *Racomitrium canescens* Hedw., относящегося к субаркто-бореальному геоэлементу. Все остальные геоэлементы представлены на фортах лишь по 1–3 видам (рисунок 1).





*Бореальный элемент* образуют виды, распространенные в зоне хвойных лесов Голарктики или имеющие в ней центры массовости.

Бореальные виды нередко встречаются также в смежных растительно-климатических зонах, а в горах – от нижнего до высокогорных поясов, особенно в южных областях. Часть этих видов встречается также в южном полушарии в сходных климатических условиях.

Бореальный элемент Гродненской крепости включает следующие субэлементы:

1. Европейско-среднеазиатско-американский: *Orthotrichum cupulatum* Brid., *Brachythecium mildeanum* Schimp., *Bryum turbinatum* (Hedw.) Turner.

2. Циркумполярный: *Stereodon pallescens* (Hedw.) Mitt., *Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr, *Brachytheciastrum velutinum* Hedw. Ignatov & Huttunen, *Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.) R.S. Chorpa, *Dicranum flagellare* Hedw., *Rhytidiastrium squarrosus* (Hedw.) Ignatov & Ignatova, *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst.

• Биполярные: *Brachythecium salebrosum* (F. Weber & D. Mohr) Bruch et al., *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Bruch et al., *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb., *Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Warnst., *Dicranum scoparium* Hedw., *Dicranella curvipes* (Lindb.) Ignatov, *Plagiomnium ellipticum* (Brid.) T.J. Kop, *Bryum capillare* Hedw., *Bryum creberrimum* Taylor, *Bryum caespiticum* Hedw., *Bryum moravicum*, *Polytrichum juniperinum* Hedw., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al., *Fissidens adianthoides* Hedw.

*Неморальный элемент* включает виды мохообразных, распространенные в зоне широколиственных лесов Голарктики, на севере заходящие в зону хвойных лесов, а на юге нередко в лесостепь. Ряд из них встречается также в Арктике, используя азональные условия. Фрагментарность современной зоны широколиственных лесов обуславливает характерную меридиональную дизъюнкцию ареалов многих неморальных видов.

В составе бриофлоры фортов этот элемент представлен следующими субэлементами:

1. Европейский: *Orthotrichum patens*.

2. Европейско-среднеазиатско-американский: *Orthotrichum diaphanum* Brid., *Orthotrichum pallens*, *Homalothecium siriceum* Hedw., *Syntrichia virescens* (De Not.) Ochyra, *Bryum warneum*.

3. Европейско-среднеазиатско-восточноазиатско-североамериканский: *Orthotrichum pumilum* Sw. Ex anon.

• Циркумполярный: *Pylaisia polyantha* Hedw., *Orthotrichum obtusifolium* Brid., *Plagiomnium elatum* (Bruch et al.) T.J. Kop., *Brachythecium campestre* (Muell. Hal.) Bruch et al., *Oxyrrhynchium hians* Hedw., *Anomodon viticulosus* (Hedw.) Hook & Taylor, *Leskea polycarpa* Hedw., *Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwaegr., *Homalia trichomanoides* (Hedw.) Bruch et al., *Conocephalum conicum* L. Dumort.

• Биполярные: *Polytrichastrum formosum* (Hedw.) G.L. Sm., *Bryum klinggraeffii*, *Weissia controversa* Hedw., *Hygroamblystegium varium* Hedw.

В составе *бореально-неморального элемента* – 1 субэлемент, включающий 9 видов бриевых мхов:

1. Циркумполярный: *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T.J. Kop., *Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T.J. Kop., *Campylidium sommerfeltii* (Myrin) Ochyra, *Dicranella cerviculata* (Hedw.) Schimp., *Pseudoleskeella nervosa* (Brid.), *Plagiomnium affine* (Blandow ex Funck) T.J. Kop.

• Биполярные: *Hypnum cupressiforme* Hedw., *Calliergonella cuspidata* Hedw. Loeske, *Amblystegium serpens* Hedw. Bruch et al.

К неморально-бореальному элементу относится только циркумполярно-биполярный *Stereodon fertilis* (Sendtn.) Lindb.

Субарктический элемент складывается из видов мохообразных, распространенных в северной части бореальной (таежной) зоны с заходом в Арктику, а также произрастающих в лесных (главным образом хвойно-лесных) поясах гор более южных широт. Гипоарктические виды встречаются в качестве гляциальных реликтов в азональных условиях южной части бореальной и неморальной зон.

Субарктический элемент бриофлоры фортификаций представлен одним видом циркумполярно-биполярного субэлемента: *Campylium stellatum* Hedw.

К бореально-монтанному элементу следует отнести такие гемикосмополиты, как *Schistidium crassipilum* H.H. Blom., *Grimmia pulvinata* Hedw., *Schistidium apocarpum* Hedw. (Bruch et al.), *Orthotrichum speciosum* Nees.

Неморально-монтанный элемент составляют три вида мхов, циркумполярно-биполярный – *Didymodon rigidulus* Hedw. и циркумполярные – *Serpoleskea subtilis* Hedw., *Plagiochila porelloides* (Torrey ex Nees) Lindenb.

Субаркто-монтанный элемент фортификационных сооружений включает один циркумполярный субэлемент и представлен такими видами, как *Abietinella abietina* Hedw. и *Thuidium asimile* (Mitt) A. Jaeger.

К субаркто-бореально-монтанному элементу относится биполярный *Sanionia uncinata* Hedw.

Субаркто-бореальный элемент представлен циркумполярным *Niphotrichum canescens* Hedw.

К аридному элементу относятся мохообразные, распространенные преимущественно в степной и пустынных зонах или имеющие в них центры массовости. Изменение климата и других факторов среды исторически обусловило неоднократные миграции аридных видов в пределах Голарктики и вне ее. В результате некоторые из видов продвинулись далеко к северу, в область Арктики.

Аридный элемент фортификаций включает следующие субэлементы:

1. Циркумполярно-биполярный: *Barbula unquiculata* Hedw., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr, *Tortella tortuosa* (Hedw.) Limpr., *Tortula muralis* Hedw.

Средиземноморско-неморальный элемент фортов содержит два субэлемента:

1. Европейско-восточноазиатско-североамериканский: *Homalothecium lutescens* (Hedw.) H. Rob.

2. Циркумполярный: *Chiloscyphus latifolius* (Ness).

Аркто-альпийский: только циркумполярный *Tortula mucronifolia* Schwaegr.

Космополиты – это виды мохообразных, встречающихся по всему земному шару. К космополитам, обитающим на территории Гродненской крепости, относятся *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Bryum argenteum* Hedw., *Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wilson, *Marchantia polymorpha* L. Все они характеризуются широким экологическим диапазоном и обильным спороношением (таблица 1).

Таблица 1 – Географическая структура бриофлоры Гродненской крепости

Геоэлемент	Тип ареала	Печеночники	Бриевые мхи	Всего бриофитов	%
Бореальный	Европейско-среднеазиатско-американский	–	3	3	3.8
	Циркумполярный	–	7	7	8.9
	Биполярный	–	15	15	19
			Всего	25	31.7
Неморальный	Европейский	–	1	1	1.3
	Европейско-среднеазиатско-американский	–	5	5	6.3
	Европейско-среднеазиатско-восточноазиатско-североамериканский	–	1	1	1.3
	Циркумполярный	1	9	10	12.7
	Биполярные	–	5	5	6.3
			Всего	21	27.9
Бореально-неморальный	Циркумполярный	–	6	6	7.6
	Биполярный	–	3	3	3.8
			Всего	10	12.7
Неморально-бореальный	Циркумполярно-биполярный	–	1	1	1.3
Субарктический	Циркумполярно-биполярный	–	1	1	1.3
Бореально-монтанный	Гемикосмополиты	–	4	4	5
Неморально-монтанный	Циркумполярно-биполярный	–	1	1	1.3
	Циркумполярный	1	1	2	2.6
			Всего	3	3.9
Субаркто-монтанный	Циркумполярный	–	2	2	2.6
Субаркто-бореально-монтанный	Биполярный	–	1	1	1.3
Субаркто-бореальный	Циркумполярный	–	1	1	1.3
Аридный	Циркумполярно-биполярный	–	4	4	5
Средиземно-морско-неморальный	Европейско-восточноазиатско-североамериканский	–	1	1	1.3
	Циркумполярный	–	1	1	1.3
			Всего	2	2.6
Аркто-альпийский	Циркумполярный	1	–	1	1.3
	Космополиты	1	3	4	5

В составе бриофлоры долговременных оборонительных опорных пунктов бореальный геоэлемент включает 25 видов бриевых мхов, что составляет  $\frac{1}{3}$  всей бриофлоры фортов, неморальный – 22 вида бриевых мхов ( $\frac{1}{4}$  бриофлоры фортификационных сооружений). Бореально-неморальный геоэлемент представлен 10 видами, бореально-монтанный, аридный включают по 4 вида мохообразных, неморально-монтанный – 3 вида, субаркто-монтанный, средиземноморско-неморальный – по 2, неморально-бореальный, субарктический, субаркто-бореально-монтанный, субаркто-бореальный – каждый по 1 виду бриевых мхов. Группа космополитов по исходному флорогенезу составляет 4 вида, но к космополитам и гемикосмополитам можно отнести всего 24 вида мхов.

Видов с дизъюнктивным долготным распространением – 3, но встречающихся и в Южной Америке – 1, евросибирско-североамериканских – 2, европейско-восточноазиатско-североамериканских – 1. Следует предположить, что эти дизъюнкции носят вторичный характер как результат исчезновения того или иного вида в части первичного ареала под влиянием мощных климатических катаклизмов.

В бриофлоре Гродненской крепости преобладают виды бореального и неморального геоэлементов. Бриофлору фортификаций следует охарактеризовать как бореально-неморальную (72,3%), что отвечает ее расположению в подзоне смешанных и частично широколиственно-сосновых лесов. Меньше представлены виды горного генезиса, аридный элемент и группа космополитов (22,8%).

#### **Сравнение бриофлоры Гродненской крепости с бриофлорой западной окраины Беларуси и смежных районов Литвы**

Поскольку на территории Беларуси отсутствуют горные структуры, сравнение бриофлоры Гродненской крепости было проведено с бриофлорой фортификационных сооружений западной окраины Беларуси и смежных районов Литвы. Для этого мы использовали список флоры мхов Г.Ф. Рыковского [2].

Общий список сравниваемых флор составил 176 видов, из них 46 видов для этих флор являются общими, что составляет 26,1% от общего числа выявленных видов мхов.

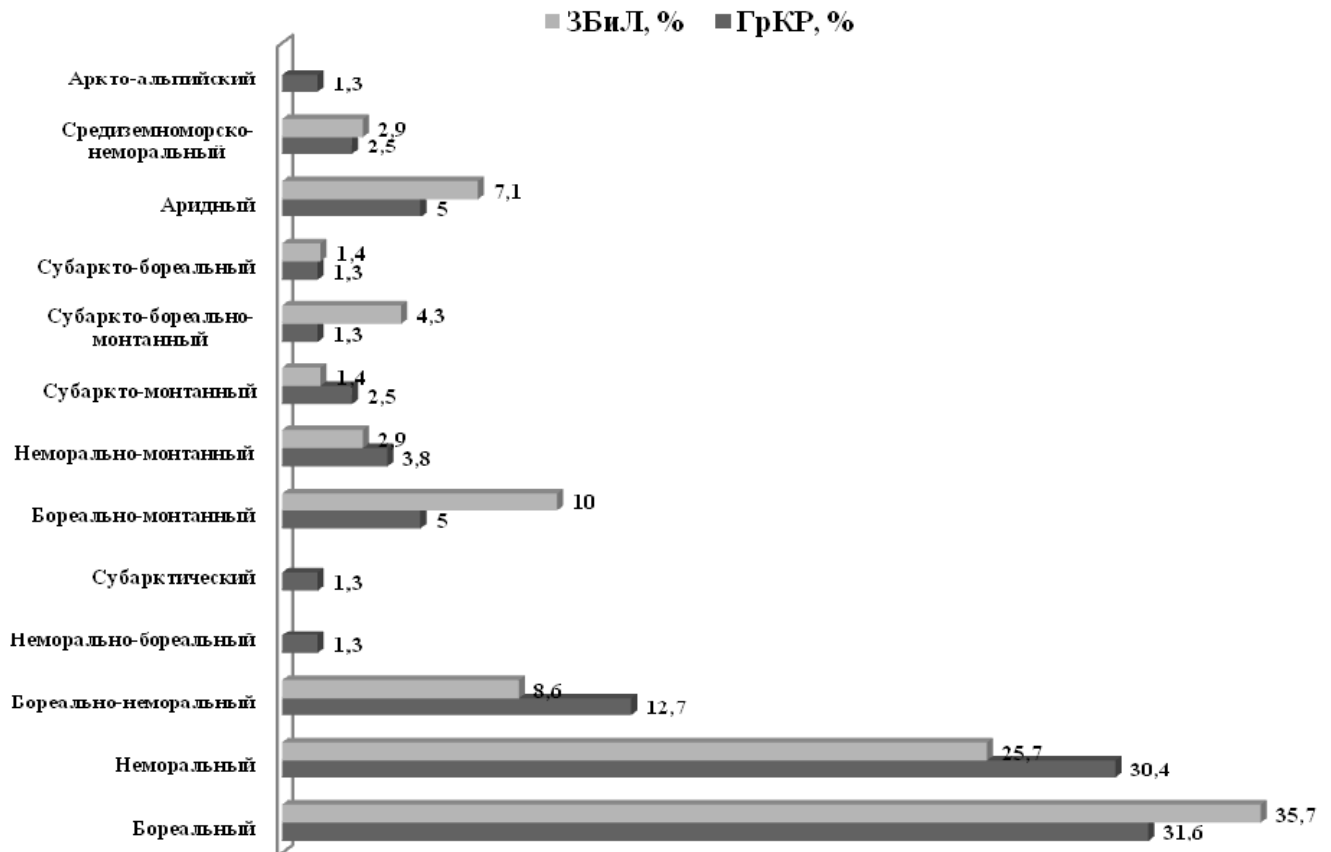
В результате проведенного анализа сравниваемых бриофлор выявлено присутствие незначительного количества печеночников. Общим представителем неморальной бриофлоры печеночников на этих фортификациях является *Conocephalum conicum* L. Бореальный геоэлемент представлен среди бриевых мхов практически одинаковым количеством на сравниваемых территориях; виды неморального геоэлемента преобладают на фортификациях Гродненской крепости (их больше здесь на 5; доминирующим географическим элементом также является бореально-неморальный со значительным преобладанием видов на Гродненской крепости, бореально-монтанный, где доминируют крепости Литвы и частично запада Беларуси, аридный с незначительным преобладанием (на 1) видов на западе Беларуси и Литвы. Выявлено полное отсутствие таких геоэлементов, как неморально-бореальный, субарктический и аркто-альпийский на фортификациях западной части Беларуси и смежной территории Литвы (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительная характеристика географической структуры бриофлоры Гродненской крепости и фортификаций западной окраины Беларуси и смежных районов Литвы

Геоэлемент	Печеночники		Бриевые мхи		Всего бриофитов	
	ГрКр	ЗБиЛ	ГрКр	ЗБиЛ	ГрКр	ЗБиЛ
Бореальный	–	1	25	24	25	25
Неморальный	1	1	23	17	24	18
Бореально-неморальный	–	–	10	6	10	6
Неморально-бореальный	–	–	1	–	1	–
Субарктический	–	–	1	–	1	–
Бореально-монтанный	–	–	4	7	4	7
Неморально-монтанный	1	–	2	2	3	2
Субаркто-монтанный	–	–	2	1	2	1
Субаркто-бореально-монтанный	–	1	1	2	1	3
Субаркто-бореальный	–	–	1	1	1	1
Аридный	–	–	4	5	4	5
Средиземноморско-неморальный	1	–	1	2	2	2
Аркто-альпийский	–	–	1	–	1	–

Примечание – ГрКр – Гродненская крепость, ЗБиЛ – западная Беларусь и Литва

Таким образом, общими преобладающими геоэлементами являются бореальный с незначительным (на 4,1%) преобладанием во флоре западной окраины Беларуси и Литвы. Это, видимо, происходит потому, что большинство обследованных территорий окраины Беларуси и Литвы располагается под покровом леса с доминированием сосны. Неморальный и бореально-неморальный геоэлементы преобладают (на 4,7% и 4,1% соответственно) на Гродненской крепости, так как большинство фортов расположено в зонах с широколиственными древесными породами. Бореально-монтанный и аридный географические элементы преобладают на сооружениях западной окраины Беларуси и Литвы (на 5% и 2,1% соответственно), что объясняется нами нахождением этих крупных сооружений при открытой экспозиции, где прямая инсоляция отрицательно сказывается на влажности воздуха (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Соотношение геоэлементов бриофлоры Гродненской крепости и сооружений западной окраины Беларуси и смежных районов Литвы**

**Заклучение.** В результате проведенного в 2008–2009 гг. исследования бриофлоры бетонных фортификаций Гродненской крепости (1912–1915 гг.) нами сделаны следующие выводы:

1. Данная бриофлора включает 85 видов мохообразных, в том числе 4 вида печеночников и 81 вид мхов, что составляет более ¼ флоры мохообразных Беларуси.
2. Выявлено 15 редких и очень редких видов для территории Республики, из которых 2 подлежат государственной охране и 1 очень редкий вид, находящийся в «черном» списке видов Красной книги Республики Беларусь.
3. Бриофлора Гродненской крепости характеризуется как бореально-неморальная, с участием видов горной экологии, аридных и др.
4. Несмотря на то, что бриофлора бетонных сооружений западной части Беларуси и смежной территории Литвы отражает условия намного большей территории, чем Гродненская крепость, относительное численное распределение видов мохообразных по геоэлементам в составе этих двух бриофлор носит сходный характер.

*Авторы выражают благодарность Саковичу Артему Павловичу за помощь и непосредственное участие в организации поездок и предоставлении транспортного средства для полевых исследований.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Мохообразные национального парка «Припятский» (эволюционный аспект, таксономия, экология, география, жизненные стратегии) / Г.Ф. Рыковский [и др.]; под общ. ред. В.И. Парфенова. – Минск : Белорусский Дом печати, 2010. – 160 с.
2. Рыковский, Г.Ф. Мохообразные, произрастающие на бетонных сооружениях в условиях Западной окраины русской равнины (Белоруссия) / Г.Ф. Рыковский, М.П. Млынарчик, О.М. Масловский // Ботаника (исследования). – Минск, 1988. – Вып. 29. – С. 107–116.
3. Пивоварчик, С.А. Белорусские земли в системе фортификационных строений Российской империи и СССР (1772 – 1941 гг.) / С.А. Пивоварчик. – Гродно : ГрГУ, 2006. – 252 с.
4. Федорук, А.Т. Ботаническая география. Полевая практика / А.Т. Федорук. – Минск : Изд-во БГУ, 1976. – 224 с.
5. Флора Беларуси. Мохообразные. В 2 т. / под ред. В.И. Парфенова – Минск: Тэхналогія, 2004. – Т. 1: *Andreopsida–Bryopsida* / Г.Ф. Рыковский, О.М. Масловский. – 2004. – 437 с.
6. Флора Беларуси. Мохообразные. В 2 т. / под ред. В.И. Парфенова – Минск: Беларуская навука, 2004. – Т. 2: *Hepaticopsida - Sphagnopsida* / Г.Ф. Рыковский, О.М. Масловский. – 2009. – 213 с.
7. Форты Гродненской крепости [Электронный ресурс]. 2006. Режим доступа: <http://www.fortress.grodno.by/fortress.htm>. – Дата доступа : 15.09.2008.
8. Климат Гродно / Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Белорусское республиканское управление по гидрометеорологии и контролю среды. Белорусский территориальный гидрометеорологический центр; под ред. И.А. Савиковского. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1982. – 152 с.
9. Атлас География Беларуси, 10 клас / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь; под ред. Р.А. Жмойдяк. – Минск : Белкартография, 2009. – 64 с.
10. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / редколлегия. Л.И. Хоружик (предс.) и др. – Минск : БелЭн, 2005. – 456 с.
11. Лазаренко, А.С. Структура виду і механізми видоутворення мохів. Вибрані праці / А.С. Лазаренко. – Львів : Ліга-прес, 2001. – 230 с.
12. Рыковский, Г.Ф. Мохообразные Березинского биосферного заповедника / Г.Ф. Рыковский. – Минск : Наука и техника, 1980. – 136 с.

***A.A. Pryazhnikova, G.F. Rykovskij. The Geographical Analysis of Bryophyte Flora Grodno Fortress during World War I***

The article describes the geographical analysis of bryophytes of surveyed old-military construction in Grodno (Belarus). A total of 85 bryophyte species were recorded, including 81 species mosses and 4 hepatics. The comparison is made between the bryophyte flora of concrete construction of Grodno fortress and western outskirts of Belarus and Lithuania. Nemoral-boreal character of bryophytes flora of the old-military construction of Grodno was stated from the geographic analysis, with the participation of species of mountain genesis, arid and others with the connection of variety of ecological conditions on concrete structure.



УДК 598.2/574.21

*А.А. Сербун, В.Е. Гайдук*

## **К МОНИТОРИНГУ ОБЫЧНЫХ ГНЕЗДЯЩИХСЯ ВИДОВ ПТИЦ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ**

В статье даны результаты учетов гнездящихся видов птиц на основе методики Паневропейской программы мониторинга (PЕСВMS).

На основе двухлетнего мониторинга на 5 случайно выбранных квадратах в 5 районах крайнего юго-запада Беларуси показана плотность населения птиц агроландшафта. Дана краткая ландшафтно-биотопическая характеристика каждого из «случайных квадратов» (контрольных участков), где отмечено 78 видов птиц 13 отрядов. Суммарное обилие составило 326,3 особей/км<sup>2</sup>. Выделены 5 основных групп биотопов на квадратах, для каждого из которых даны показатели плотности населения отмеченных видов птиц. Показано влияние на результаты учетов стайных группировок ряда видов, отнесенных к «случайным доминантам».

### **Введение**

Несмотря на то, что агроландшафты занимают значительную часть территории Беларуси (около 43%, по данным НСМОС РБ [1]), изученность орнитофауны этого типа ландшафта остается слабой и по сегодняшний день. При этом птицы, как одни из высших звеньев в пищевых цепях, играют важную индикаторную роль, поскольку негативные изменения среды будут отражаться и на состоянии их популяций. Кроме того, в агроландшафтах обитает ряд редких и охраняемых видов [2; 3;4].

В работе использованы данные, полученные в результате учетов птиц на мониторинговых квадратах в 2008–2009 гг. Территория проведения исследований – крайний юго-запад Беларуси (Брестский, Каменецкий, Малоритский, Жабинковский, Кобринский районы Брестской области), где были заложены контрольные участки.

Методика предполагает случайный выбор квадрата для мониторинга на карте с относительно крупной открытой территорией (не водно-болотные угодья), в большей или меньшей степени подвергшейся антропогенной трансформации и используемой в сельском хозяйстве.

Метод учета на «случайных квадратах» основан на схеме индикации, разработанной Паневропейской программой мониторинга обычных гнездящихся видов птиц *Pan-European Common Bird Monitoring Scheme (PЕСВMS)*. Она предполагает использование данных крупномасштабных схем мониторинга, основанных на работе местных координаторов и учетчиков-волонтеров от каждой из стран-участниц по стандартизированной схеме. Собранные таким образом данные от волонтеров объединяются в общенациональную базу и обрабатываются специально разработанными программными пакетами [5]. На основе полученных данных о численности ряда обычных гнездящихся видов птиц судят об экологической ситуации на исследуемой территории. Данные учетов на квадратах были применены нами для расчетов плотности населения по методу маршрутного учета Хэйна–Равкина, как наиболее универсального и дающего репрезентативные данные [6].

Период проведения учетов – гнездовой сезон. Всего проведено 4 комплексных учета: 2 в 2008 году (24.04–16.05; 18.05–01.06) и 2 в 2009 году (24.04–13.05; 19.05–15.06). Общая длина маршрутов за один комплексный учет составляет 10 км, за весь учетный период – 40 км. Время проведения – утренние часы при ясной безветренной погоде. Бинокль использовался только для определения видовой принадлежности обнаруженной птицы.

### **Характеристика контрольных участков**

1. Малоритский район, окрестности деревни Дубично. Расположен рядом с поймой р. Рыта. Большею частью суходольный, занятый пашней, яровыми культурами, остальная часть – пойменный полунатуральный, частично заболоченный луг. Поперек пересекается мелиоративным каналом, частично поросшим древесно-кустарниковой растительностью, который также с одной стороны тянется вдоль линии трансекты на расстоянии около 100 м. С северо-западной стороны начинается от населенного пункта на расстоянии около 300 м. Граничит с одной стороны с лесным массивом на расстоянии около 800 м.

2. Каменецкий район, окрестности деревни Пелище. Большею частью суходольный, занятый полем, оставленным под пар, и пастбищем с сеяными травами. Остальная часть – затопляемый полунатуральный луг в пойме мелиоративного канала, также используемый под пастбище. Пересекается поперек асфальтированной автомобильной дорогой умеренного использования, которая частично закрыта придорожной средневозрастной лесополосой средней густоты шириной около 10–15 м. С одной стороны вдоль линии трансекты на расстоянии 100–200 м граничит с узкой лесополосой вдоль мелиоративного канала. Дважды частью пересекается с мелиоративным каналом. С южной стороны около 100 м от линии трансекты включает небольшое озерцо 20×40 м с пологим частично затопляемым берегом, поросшим рогозом и кустарником. Расстояние и до ближайшего населенного пункта, и ближайшего лесного массива около 2 км.

3. Кобринский район, окрестности деревни Пески. Большею частью занят суходольными полями с сеяными травами, используемыми под пастбище. Остальная часть – поля со злаковыми культурами, частично – пожня. Посредине вдоль линии трансекты пересекается асфальтированной дорогой умеренного использования, закрытой двусторонней придорожной старовозрастной лесополосой в основном из тополей, одно-двухрядного типа шириной около 10 м. Также поперек дважды пересекается мелиоративным каналом, в одном случае поросшим древесно-кустарниковой растительностью. С обеих сторон вплотную граничит с населенными пунктами. В 2008 году с северо-западной стороны включал песчаный карьер около 200×100 м на расстоянии около 20 м от трансекты, территория которого в данное время находится под застройкой типа агрогородка. Расстояние до ближайшего лесного массива 1,5 км.

4. Жабинковский р-н, окрестности деревни Семеновцы. Большею частью суходольный, занятый пашней, частично засажен кукурузой и озимыми. Остальная часть – заливное поле с сеяными травами и полунатуральный суходольный луг. Половина линии трансекты проходит вплотную вдоль мелиоративного канала. В весенне-летнее время включает загон с постоянным выпасом коров. Расстояние до ближайшего населенного пункта – 200 м, до лесного массива – около 1 км.

5. Брестский район, окрестности деревни Тяхиничи. Наполовину суходольный, занятый озимыми культурами. Другая половина – большею частью пойменный полунатуральный луг, частично закустаренный и поле с озимыми у реки Лесная. Трансекта проходит вдоль населенного пункта на расстоянии около 200 м. Расстояние до ближайшего лесного массива 1 км.

### **Основные результаты**

Основные биотопы, представленные на отдельно описываемых 200-метровых отрезках линии трансекты каждого из исследуемых квадратов, были выделены в следующие группы: посевы зерновых культур (ЗР) – 9,4 учетных километра (23,5%); пойменные луга (ПЛ) – 9,6 км (24%); стерня, земли под паром (СТ) – 7,6 км (19%); пастбищные и сенокосные земли (ПС) – 5,2 км (13%); пахотные земли (ПХ) – 4,8 км (12%), прочие земли – 3,4 км (8,5%).

В результате на пяти основных биотопах, взятых для изучения, было отмечено 78 видов птиц (таблица 1). Еще 3 определено до рода.

Таблица 1 – Плотность населения птиц в основных контрольных биотопах агроугодий (особей/км<sup>2</sup>), их международный охранный статус (IUCN)\*

1	2	3	4	5	6	7	8
Биотоп	ЗР	ПЛ	СТ	ПС	ПХ	Σ	IUCN
Вид / Длина маршрута, км**	9,4	9,6	7,6	5,2	4,8	36,6	
<i>Egretta alba</i>			0,39			0,08	V
<i>Ardea cinerea</i>	0,03	0,58	0,04	1,98		0,45	NT
<i>Ciconia ciconia</i>	0,11	3,36	0,66	0,68		1,14	NT
<i>Anas platyrhynchos</i>	3,24	2,2	0,41		0,01	1,5	NT
<i>Anas quirquedula</i>		0,05				0,01	NT
<i>Anser anser</i>				0,02		0,003	R
<i>Circus aeruginosus</i>		0,74		0,96		0,33	NT
<i>Accipiter nisus</i>	0,03					0,008	NT
<i>Buteo buteo</i>	0,11	0,05		0,38		0,1	NT
<i>Falco tinnunculus</i>	0,08					0,02	R
<i>Coturnix coturnix</i>	2,13	0,1				0,57	NT
<i>Crex crex</i>		0,52			1,04	0,27	NT
<i>Galinago galinago</i>			1,97			0,41	NT
<i>Limosa limosa</i>	16,1	3,91	8,42		3,13	7,31	NT
<i>Tringa totanus</i>	3,25	3,8	1,32		5,21	2,79	NT
<i>Tringa glareola</i>			2,16			0,45	R
<i>Philomachus pugnax</i>	0,53					0,14	NT
<i>Charadrius dubius</i>	1,17				6,25	1,12	NT
<i>Vanellus vanellus</i>	23,5	4,69	11,4	9,71	61,2	19	NT
<i>Pluvialis apricaria</i>	20,1					5,16	R
<i>Larus ridibundus</i>	0,33	1,91				0,59	NT
<i>Columba livia</i>	0,24					0,06	NT
<i>Columba palumbus</i>	2,69	0,16	5,3	1,92	0,24	2,14	NT
<i>Cuculus canorus</i>		0,22				0,06	NT
<i>Apus apus</i>	0,65		0,47			0,27	NT
<i>Alcedo attis</i>		0,05				0,01	R
<i>Dendrocopos major</i>		0,05				0,01	NT
<i>Riparia riparia</i>	0,06			50,3		7,16	NT
<i>Hirundo rustica</i>	0,34	0,43	4,2	0,11	2,85	1,46	NT
<i>Delichon urbica</i>	0,88	0,41	1,42			0,63	NT
<i>Lullula arborea</i>	0,05	0,16			0,1	0,07	NT
<i>Alauda arvensis</i>	110	79,9	59,7	150	65,9	91,6	NT
<i>Garrulus glandarius</i>	1,06	0,14	0,2		0,23	0,38	NT
<i>Pica pica</i>		0,29				0,08	NT
<i>Corvus monedula</i>	2,81	0,04	6,71	23,7		5,49	NT
<i>Corvus frugilegus</i>	0,01		13,2	47,4		9,48	NT
<i>Corvus corone</i>		0,04	0,1	0,96		0,17	NT

## Продолжение таблицы 1

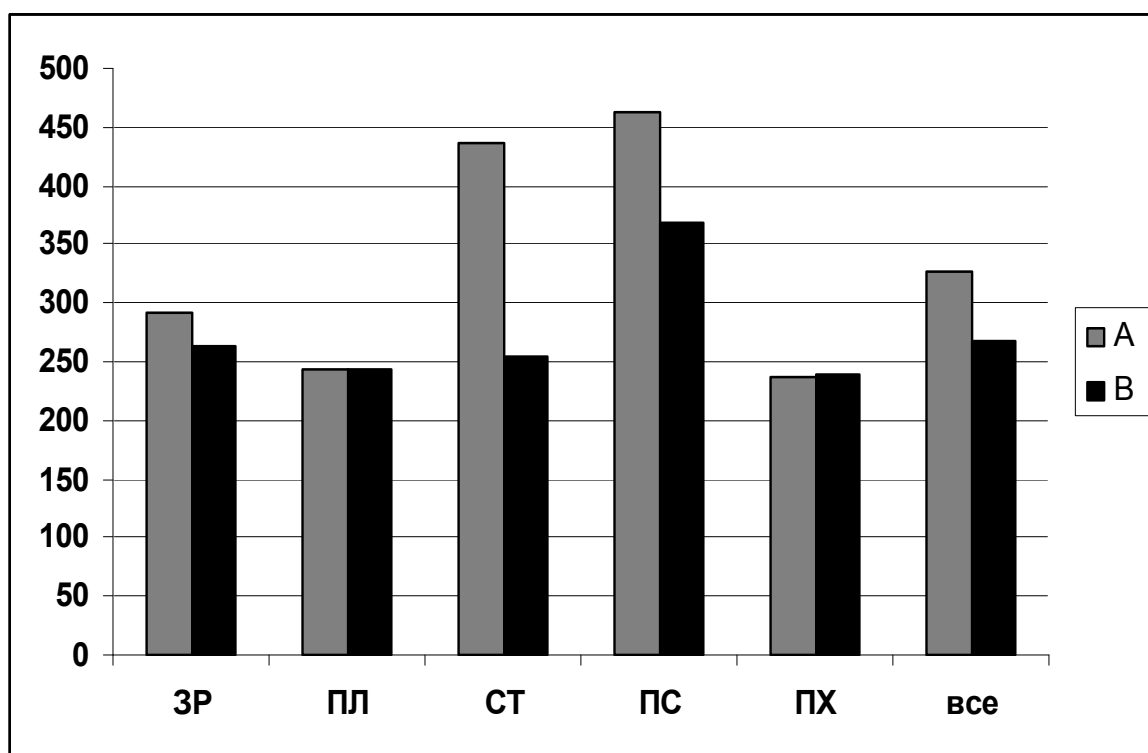
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Corvus corax</i>	0,12	0,11		1,99		0,34	NT
<i>Oriolus oriolus</i>	0,08					0,02	NT
<i>Sturnus vulgaris</i>	25,6	2,72	185	51,6	0,88	53,2	NT
<i>Parus major</i>	0,11		0,07	0,1		0,06	NT
<i>Turdus pilaris</i>	0,18	0,24	5,51	2,86		1,7	NT
<i>Turdus philomelos</i>		4,69				1,23	NT
<i>Turdus viscivorus</i>			0,29			0,06	NT
<i>Turdus sp.</i>		2,08				0,55	
<i>Erithacus rubecula</i>		0,05				0,01	NT
<i>Luscinia luscinia</i>		1,04	0,07			0,29	NT
<i>Phoenicurus ochruros</i>	0,11	0,05		1,06		0,19	NT
<i>Saxicola ruberta</i>	1,12	22	19,1	10,6	5,21	12,2	NT
<i>Oenanthe oenanthe</i>	0,53		6,58	2,88		1,91	NT
<i>Locustella naevia</i>		0,05				0,01	NT
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	1,6	12				3,56	NT
<i>Acrocephalus palustris</i>		0,63				0,17	NT
<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	4,26	4,17				2,19	NT
<i>Acrocephalus sp.</i>	0,53	0,52				0,27	
<i>Hippolais icterina</i>		0,05				0,01	NT
<i>Phylloscopus trochilus</i>		0,05	0,66			0,15	NT
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	0,05					0,01	NT
<i>Phylloscopus collybita</i>	0,11					0,03	NT
<i>Sylvia communis</i>	0,05	3,18	0,72	0,96		1,13	NT
<i>Sylvia curruca</i>	2,18	5,31		0,1		1,97	NT
<i>Sylvia atricapilla</i>			0,66			0,14	NT
<i>Sylvia sp.</i>					4,17	0,55	
<i>Motacilla alba</i>	0,01	0,52	1,46	3,85		0,99	NT
<i>Motacilla flava</i>	45,2	20,4	67,9	31,9	61,7	43,7	NT
<i>Anthus pratensis</i>	1,06	15,3	4,61	6,83		6,21	NT
<i>Lanius collurio</i>	1,6			7,69	4,27	2,06	NT
<i>Lanius excubitor</i>			0,07			0,02	R
<i>Fringilla coelebs</i>	0,05	1,67	3,42	2,31		1,49	NT
<i>Carduelis chloris</i>		0,28		0,1		0,09	NT
<i>Carduelis carduelis</i>	2,25	1,06	1,53	0,63	2,08	1,54	NT
<i>Carduelis spinus</i>					8,33	1,09	NT
<i>Serinus serinus</i>	0,05	0,12		3,1		0,49	NT
<i>Carduelis cannabina</i>	2,66	8,39	0,22	17,3	0,47	5,45	NT
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	0,01		0,04		0,06	0,02	NT
<i>Emberiza citrinella</i>	9,26	5,36	11,3		4,17	6,68	NT
<i>Emberiza hortulana</i>	0,05					0,01	R
<i>Emberiza schoeniclus</i>	0,64	27,1	5,26			8,37	NT
<i>Miliaria calandra</i>	0,16	1,04		3,94		0,88	R
<i>Passer domesticus</i>	1,06		0,13			0,3	NT
<i>Passer montanus</i>	1,06	0,06	2,7	25		4,40	NT
Всего	291,3	244	435,4	462,9	237,5	326,3	
Всего видов	52	56	41	33	20	78	

Примечания – \* V – уязвимые виды; R – редкие; NT – обычные \*\* – плотность населения рассчитана относительно длины каждого из отдельных маршрутов

Доминирующими видами в учетах (более 10% суммарного обилия) являются полевой жаворонок, скворец и желтая трясогузка. Из них скворца можно отнести к группе «случайных» доминантов, так как довольно высокая его численность во время ряда учетов обусловлена встречами крупных стай этого вида вблизи линии трансекты.

Зачастую стайные виды, в том числе образующие большие скопления в определенном микробиотопе, не привязаны к этому конкретному участку, а являются временными посетителями, либо мигрантами. При этом они могут существенно влиять на результаты конкретного учета, завышая реальную плотность.

Для исключения влияния на результаты учетов «случайных доминантов» мы предприняли следующее: их стаи из 10 и более особей, отмеченные во время учетов на земле, отнесли к группе «летающие». В большинстве случаев реальная связь таких стай с конкретным микробиотопом будет относительной, и поэтому отнесение их к группе «летающих» можно считать правомерным. В результате итоговых подсчетов плотности получаются две относительно разные картины населения (рисунок 1).



А – простой подсчет; В – с исключением «случайных доминантов»

**Рисунок 1 – Суммарная плотность населения по биотопам, особей/км<sup>2</sup>**

В отношении биотопов наибольшая плотность населения отмечена для пастбищных и сенокосных земель, наименьшая – для пахотных (рисунок 1).

Международный охранный статус в категории «уязвимые» имеет 1 вид (большая белая цапля), в категории «редкие» – 8 видов (серый гусь, обыкновенная пустельга, фифи, золотистая ржанка, зимородок, серый сорокопуд, садовая овсянка, просянка).

Всего за учетный период на контрольных участках сделано 988 встреч, учтено 2910 особей птиц, представляющих 13 отрядов. Наиболее многочисленными оказались представители отрядов воробьинообразных, ржанкообразных и аистообразных, а малочисленными – дятлообразных и ракшеобразных (таблица 2).

Таблица 2 – Представительство отрядов птиц за учетный период

Отряд	К-во видов		К-во встреч		К-во особей		Всего		
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	видов	встреч	особей
<i>Anseriformes</i>	2	3	6	5	10	12	3	11	22
<i>Ciconiiformes</i>	2	2	9	19	21	20	3	28	41
<i>Accipitriformes</i>	2	3	6	8	7	9	3	14	16
<i>Falconiformes</i>	1	1	1	1	1	1	1	2	2
<i>Galiiformes</i>	1	1	1	2	1	2	1	3	3
<i>Gruiformes</i>	1	2	1	2	1	2	1	3	3
<i>Charadriiformes</i>	9	7	70	51	178	489	9	121	667
<i>Columbiformes</i>	1	2	10	12	14	18	2	22	32
<i>Cuculiformes</i>	–	1	–	3	–	3	1	3	3
<i>Piciformes</i>	–	1	–	1	–	1	1	1	1
<i>Coraciiformes</i>	1	–	1	–	1	–	1	1	1
<i>Apodiformes</i>	–	1	–	6	–	20	1	6	20
<i>Passeriformes</i>	37	45	289	484	852	1247	51	773	2099
Итого	57	69	394	594	1086	1824	78	988	2910

В хронологическом аспекте авифауна имела следующее представительство [7]:

- 1) субкосмополиты – 1 вид (1,3%);
- 2) палеарктико-палеогейские – 9 (11,5%);
- 3) арктогейские голарктические – 7 (9,0%);
- 4) транспалеаркты – 23 (29,5%);
- 5) западнопалеарктические – 37 (48,4%);
- 6) срединнопалеарктические – 1 (1,3%).

### Заключение

Из результатов проведенных учетов видно, что видовой состав и численность птиц в агроландшафтах юго-запада Беларуси в гнездовой период относительно высоки, притом что агроценозы имеют низкие защитные характеристики биотопов и для них характерны резкие нарушения среды обитания при проведении сельскохозяйственных работ. В сравнении с ранее проведенными исследованиями в регионе (суммарное обилие для птиц полей – 384 ос./км<sup>2</sup>; для птиц пойменных лугов – 537,2 ос./км<sup>2</sup>; для птиц выгонов – 472,0 ос./км<sup>2</sup>) наблюдаются некоторые различия [8]. Это можно объяснить прежде всего разнообразием условий, определяющих биотопические характеристики выбранных «случайных квадратов», заключающиеся как в чередовании способов использования земель, так и в наличии отдельных элементов неоднородности ландшафта. Также большое значение имеют соседствующие биотопы (селитебные территории, лес, водоемы и др.), прямо или опосредованно оказывающие влияние на численность и видовой состав птиц на квадратах.

Высокая степень влияния стайных видов («случайных доминантов») на результаты учетов говорит о неэффективности простого подсчета в оценке их численности при относительно небольшом количестве выбранных для исследования квадратов. Другими исследователями выявлено, что в агроценозах группа птиц, размножающихся в данных биотопах, по своему составу и обилию уступает группе временных обитателей [9]. Для этих видов необходимо введение специальных поправок расчетов суммарного обилия, поскольку распределение таких групп особей на исследуемой территории

имеет не случайный, а агрегированный характер и определяется с помощью индекса Морионты [6].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мониторинг земель / Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2007 г.; редкол.: С.П. Уточкина [и др.]. – Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология», 2008. – С. 7–18.
2. Сербун, А.А. Редкие и охраняемые виды птиц в агроландшафтах юго-запада Беларуси / А.А. Сербун // Современное состояние растительного и животного мира стран еврорегиона «Днепр», их охрана и рациональное использование : материалы междунар. науч. конфер., Гомель, 14–16 нояб. 2007 г. / ГГУ им. Ф. Скорины; редкол.: А.Н. Кусенков [и др.]. – Гомель, 2007. – С. 303–307.
3. Сербун, А.А. Встречи редких видов птиц в Брестской области в 2002 году / А.А. Сербун [и др.] // Авіфауна України. – 2002. – №2. – С. 48–52.
4. Сербун, А.А. Результаты изучения редких и охраняемых птиц в Брестском Полесье / А.А. Сербун [и др.] // Учеты птиц: подходы, методики, результаты : материалы II междунар. науч.-практ. конф., Житомир, 26–30 апреля 2004 г. / Житомир. гос. агрокол. ун-т; редкол.: А.С. Малиновский [и др.]. – Житомир, 2004. – С. 166–169.
5. Pan-European Common Bird Monitoring Scheme [Электронный ресурс] / European Bird Census Council. – 2004. – Режим доступа: <http://www.ebcc.info/index.php?ID=28>. – Дата доступа : 10.05.2010.
6. Вергелес, Ю.И. Количественные учеты населения птиц: обзор современных методов / Ю.И. Вергелес // Беркут. Т. 3. – 1994. – № 1. – С. 43–48.
7. Жуков, В.С. Хорологическая характеристика авифауны Северной Евразии / В.С. Жуков // Учеты птиц: подходы, методики, результаты: материалы II междунар. науч.-практ. конф., Житомир, 26 – 30 апреля 2004 г. / Житомир. гос. агрокол. ун-т; редкол.: А.С. Малиновский [и др.]. – Житомир, 2004. – С. 4–8.
8. Абрамова, И.В. Структура и динамика населения птиц экосистем юго-запада Беларуси / И.В. Абрамова. – Брест : Изд-во БрГУ, 2007. – С. 58–72.
9. Бутьев, В.Т. Пространственно-временные связи птиц сельскохозяйственных угодий на европейском севере СССР / В.Т. Бутьев, С.А. Ежова // Влияние антроп. трансф. ландшафта на население позв. Животных : тез. Всес. сов.; редкол.: О.В. Бурский [и др.]. – Москва : ВТО РАН СССР, 1987. – Ч. 2. – 162–163.

#### ***A. Serbun, V. Gaiduk. On Monitoring of Common Breeding Birds' Species in Agricultural Landscapes of South-West of Belarus***

The article presents the results of censuses of breeding birds on the basis of methodology of Pan-European monitoring program (PECBMS).

The population density of birds of agricultural landscape on a two-year monitoring in 5 areas of extreme south-west of Belarus is shown. A brief landscape-biotopic description of each of the «random squares» (control plots), where the 78 species of birds were taken into census, is given. The total abundance was 326,3 ind./km<sup>2</sup>. 5 major groups of biotopes on the squares were singled out, for each the densities of birds' populations are given. The influence of aggregating groups of species on the results of accounts, which are classified as «accidental dominants», is shown.

УДК 581.844

***Н.В. Шкуратова*****СРАВНИТЕЛЬНО-АНАТОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
СТРОЕНИЯ КОРЫ ОДНОЛЕТНИХ СТЕБЛЕЙ  
SALIX BABYLONICA L. И SALIX MATSUDANA KOIDZ.**

В статье изложены результаты сравнительно-анатомического изучения строения коры однолетних стеблей *Salix babylonica* L. и ее формы, отличающейся оригинальной формой ветвей, – *Salix matsudana* Koidz. Образцы коры собраны на территории Брестского района. Методика обработки материала – общепринятая в анатомии растений. Выявлены черты строения коры *Salix matsudana*, связанные с особенностями морфологии ее побегов: уменьшение количества механических волокон и увеличение доли паренхимы в составе кольца первичных механических элементов и во вторичной флоэме; формирование толстостенной феллемы в более раннем возрасте; увеличение содержания кристаллов оксалата кальция в клетках тканей коры.

**Введение**

Во флоре Беларуси ивовые насчитывают 19 видов [1], но благодаря интродукции численность видов на территории республики значительно увеличивается. В том числе в составе насаждений встречается широко культивируемый вид *Salix babylonica* L. и его форма, отличающаяся оригинальной ажурной кроной, формируемой вьющимися однолетними побегами, – *Salix matsudana* Koidz. [2]. Этот морфологический признак должен иметь какое-либо отражение в анатомической структуре однолетних стеблей *Salix matsudana*, в частности в строении коры, на диагностическую ценность которой указывали многие исследователи.

Анализ анатомической литературы позволил обнаружить подобного рода информацию, относящуюся к лианам, имеющим вьющийся стебель. Так, в обеспечении гибкости стебля лиан, позволяющей им обвивать опоры, придается большое значение вертикальной и горизонтальной паренхиме. Усилению этого качества способствуют широкие лучи, характерные, например, для рода *Vitis*. Наряду с указанными чертами исследователи называют также некоторые особенности древесины – сосуды малого диаметра, спиральную структуру стенок сосудов [3; 4]. Изучение группы дальневосточных лиан, имеющих вьющийся стебель, позволило В.М. Еремину и О.Ж. Цырендоржиевой прийти к заключению о том, что основным фактором гибкости стебля являются не широкие лучи, а слабая степень лигнификации механических элементов [5].

Следует также отметить, что некоторые современные систематики рассматривают *Salix babylonica* L. и *Salix matsudana* Koidz. как самостоятельные виды [6].

Учитывая выше сказанное, мы провели сравнительное изучение структуры коры однолетних стеблей *Salix babylonica* L. и ее формы с целью выявления признаков коры, имеющих диагностическое значение, и анатомических особенностей коры *Salix matsudana* Koidz., связанных с особенностями морфологии стеблей.

**Материал и методика**

*Salix babylonica* L. – дерево до 12–15 м в высоту и 60 см в диаметре ствола, с длинными и тонкими, свисающими до земли ветвями и образующими плакучую крону. Листья, отстоящие от побегов, узкие, продолговато-ланцетные, сверху темно-зеленые, снизу сизо-зеленые. Родиной этого вида является Центральный и Северный Китай. Широко культивируется во многих странах мира. Рекомендуется для одиночных посадок и создания небольших групп по берегам водоемов. В Беларуси введена в культуру, дичает [2; 7].



*Salix matsudana* Koidz. (*Salix babylonica* 'Tortuosa') – невысокое дерево с ажурной кроной круглой формы. Ствол и ветки змеевидно изогнуты. Листья темно-зеленые. Получена в результате старинной китайской селекции. Из массовых насаждений выпадает ввиду низкой зимостойкости, что приводит к обмерзанию побегов. Хорошие экземпляры в возрасте 15 лет имеют обычно высоту 8,5 м, диаметр ствола – 18 см. Среди ив самая недолговечная. Успешно размножается зимними черенками и уже на следующий год проявляет декоративный эффект. Благодаря оригинальной форме ветвей используется в качестве солитеров для партеров, цветников в защищенных экспозициях [7].

Для исследования использовали кору однолетних стеблей как обладающих наибольшим набором диагностических признаков. Отбирали образцы коры с одновозрастных особей, произрастающих в сходных условиях обитания с западной стороны кроны. Сбор материала проводили после окончания вегетации, когда камбий закончил свою деятельность, годичные слои ксилемы и флоэмы сформировались полностью, т.е. в период покоя (октябрь – март). Материал собирали на территории Брестского района.

Образцы коры помещали в 96%-й этиловый спирт, затем после 10–15 дней выдержки добавляли 1/2 по объему глицерина. Из зафиксированных образцов коры с помощью микротомы с замораживающим столиком изготавливали серии поперечных, тангентальных, радиальных срезов толщиной 10–25 мкм. Из полученных срезов готовили постоянные препараты. Срезы окрашивали регрессивным способом, поместив в спиртовые растворы сафранина (1%-й спиртовой раствор) и нильского синего (насыщенный раствор), подвергали дегидратации в спиртах разной концентрации. На следующем этапе срезы обрабатывали карбол-ксилолом и ксилолом, после чего помещали в канадский бальзам. Таким образом, методика приготовления постоянных препаратов была общепринятой в анатомии растений [7].

Анатомический анализ коры осуществляли на световых микроскопах Биолам Р-15, Микмед-5.

### Результаты исследования

В состав коры однолетних стеблей *Salix babylonica* и *Salix matsudana* входят эпидерма, перидерма, колленхима, паренхима первичной коры, кольцо первичных механических элементов, первичная и вторичная флоэма.

*Эпидерма* однослойная, сложена клетками с живым содержимым и куполообразными полостями на поперечном срезе, с утолщенными наружной периклиальной и антиклиальными стенками. Поверхность блестящая, покрыта слоем кутикулы до 9 мкм толщиной. Трихомы отсутствуют. Эпидерма полностью отмирает на второй год развития стебля.

*Перидерма* формируется в первый вегетационный сезон, занимает субэпидермальное положение. Происхождение эпидермальное. Включает феллему и феллоген. Клетки пробки куполообразные, их радиальный размер меньше или равен тангентальному. У *Salix babylonica* в год заложения перидермы образуется один слой тонкостенной пробки, и только на второй год феллема становится двухслойной, приобретая гетерогенную структуру. В феллеме *Salix matsudana* уже в однолетнем стебле чередуются слои тонко- и толстостенных клеток.

*Колленхима* подстилает перидерму и насчитывает 3–5 слоев клеток у *Salix babylonica* и два слоя у *Salix matsudana*. Клетки этой ткани вытянуты по окружности стебля, их тангентальный размер вдвое превышает радиальный. Полости клеток на поперечном срезе овальные, утолщение оболочек выражено слабо и носит пластинчато-уголковый характер.

*Паренхима первичной коры* гетерогенная, так как среди типичных овально-округлых ассимиляционных клеток присутствуют идиобласты, размеры которых вдвое

превышают размеры первых. Распределение танидоносных идиобластов более или менее диффузное. В паренхиме первичной коры *Salix babylonica* идиобласты овальные и встречаются достаточно часто, у *Salix matsudana* идиобласты обильные, линзовидной формы, вытянуты тангентально. Кристаллы представлены в виде друз оксалата кальция.

*Кольцо первичных механических элементов* прерывистое, гомогенное. Группы волокон у *Salix matsudana* овальные и дуговидные, в коре *Salix babylonica* присутствуют только дуговидные группы волокон, вытянутые в тангентальном направлении и достигающие до 400 мкм по окружности стебля. Кристаллоносная обкладка около групп волокон прерывистая, содержит ромбоидные и призматические монокристаллы оксалата кальция.

*Первичная флоэма* в конце вегетационного сезона не функционирует, сильно видоизменена. Ситовидные элементы облитерированы, ее паренхима дилатировала, клетки содержат друзы.

*Вторичная флоэма* *Salix babylonica* включает в свой состав ситовидные элементы, аксиальную и горизонтальную паренхиму, флоэмные волокна. В коре однолетнего стебля *Salix matsudana* в этой ткани обнаруживаются проводящие элементы и паренхима, механические элементы не выражены.

У исследованных представителей ситовидные трубки округлые и прямоугольные в поперечном сечении. Флоэмные лучи узкие, однорядные, гетерогенные (краевые клетки стоячие, центральные – лежачие), насчитывают от 3 до 15 слоев клеток. Во вторичной флоэме *Salix babylonica* ситовидные трубки и клетки аксиальной паренхимы распределены диффузно, преобладает паренхима. У *Salix matsudana* распределение названных выше элементов неодинаково по всей окружности стебля: на одних участках ситовидные трубки и аксиальная паренхима образуют радиальные ряды и их количество одинаково, на других – распределение элементов диффузное, т.е. повторяет структуру, характерную для *Salix babylonica*.

Флоэмные волокна *Salix babylonica* образуют небольшие, по 3–7 штук, тангентально ориентированные группы, располагающиеся в непосредственной близости к камбию. Группы флоэмных волокон сопровождаются кристаллоносной обкладкой, содержащей монокристаллы оксалата кальция в виде ромбоидов и кубов.

### **Обсуждение результатов**

Сравнительный анализ анатомии коры однолетних стеблей *Salix babylonica* и *Salix matsudana* показал следующее (таблица):

1. Состав тканей коры, их топография у изученных представителей одинаковы. Кора включает эпидерму, перидерму, колленхиму, паренхиму первичной коры, кольцо первичных механических элементов, первичную и вторичную флоэму.

2. Структура большей части тканей коры *Salix matsudana* (эпидерма, колленхима, паренхима первичной коры, кольцо первичных механических элементов, первичная флоэма) полностью повторяет таковую *Salix babylonica*.

3. К особенностям тканей коры *Salix matsudana*, характеризующихся сходным составом с *Salix babylonica*, относятся: уменьшение количества волокон в составе групп кольца первичных механических элементов (группы малочисленны, насчитывают до 60 волокон); развитие мощной сети линзовидных идиобластов в паренхиме первичной коры; увеличение содержания кристаллов оксалата кальция в клетках тканей коры.

4. Специфическими особенностями строения коры однолетнего стебля *Salix matsudana* являются: формирование уже в однолетнем стебле слоя толстостенной пробки (у *Salix babylonica* толстостенная пробка формируется только на второй год развития стебля); отсутствие флоэмных волокон; чередование зон с радиальным и диффузным распределением элементов во вторичной флоэме.

Таблица – Характеристика тканей коры однолетнего стебля двух ив\*

Ткань	Признак	Salix baby-lonica L.	Salix ma-tsudana Ko-idz.
Эпидерма	1) клетки с утолщенными внешней и радиальными стенками	+	+
	2) форма полости клеток куполообразная	+	+
	3) отмирает в первый год	–	–
	4) трихомы	–	–
Феллема	1) клетки тонкостенные	+	+
	2) клетки толстостенные	–	+
	3) радиальный размер клеток меньше тангентального	+	+
	4) один слой клеток	+	–
	5) два слоя клеток	–	+
	6) формируется в первый год	+	+
Колленхима	1) выражена	+	+
	2) количество слоев клеток	3–5	2
	3) толщина оболочек не отличается от толщины оболочек клеток паренхимы первичной коры	+	+
Паренхима первичной коры	1) гетерогенная	+	+
	2) диаметр идиобластов больше диаметра ассимиляционных клеток	+	+
	3) идиобласты расположены более или менее диффузно	+	+
	4) кристаллы в виде друз	+	+
Кольцо первичных механических элементов	1) гомогенное прерывистое	+	+
	2) очертания групп волокон овальные	–	+
	3) очертания групп волокон дуговидные	+	+
	4) группы волокон имеют кристаллоносную обкладку	+	+
Вторичная флоэма	1) флоэмные волокна формируются в однолетнем стебле	+	–
	2) группы флоэмных волокон имеют кристаллоносную обкладку	+	–
	3) в клетках аксиальной паренхимы присутствуют друзы и монокристаллы	+	+
	4) лучи гетерогенные	+	+
	5) ситовидные элементы и клетки аксиальной паренхимы расположены радиальными рядами	–	+
	6) распределение ситовидных элементов и аксиальной паренхимы диффузное	+	+

\*Примечание – в таблице наличие признака обозначено знаком "+", отсутствие знаком "-".

### **Заклучение**

Таким образом, сравнительное изучение анатомического строения коры однолетних стеблей *Salix babylonica* и *Salix matsudana* показало, что кора указанных представителей характеризуется сходным составом и топографией тканей, поэтому комплекс анатомических признаков коры не позволяет идентифицировать указанных представителей в качестве самостоятельных видов. Чертами строения коры *Salix matsudana*, связанными с особенностями морфологии ее побегов, можно считать: уменьшение количества механических волокон и увеличение доли паренхимы в составе кольца первичных механических элементов и во вторичной флоэме; формирование толстостенной феллемы в более раннем возрасте; увеличение содержания кристаллов оксалата кальция в клетках тканей коры.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В.И. Парфенова. – Минск : Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
2. Скворцов, А.К. Ивы СССР. Систематический и географический обзор / А.К. Скворцов. – М. : Наука, 1968. – 260 с.
3. Carlquist, S. Observations on functional wood histology of vines and Hans : vessel dimorphism, traheids, vasicentric traheids, narrow vessels and parenchyma / S. Carlquist. // *Aliso*. – 1985. – Vol. 11., № 2 – P. 139–157.
4. Sieber, M. On the stem anatomy of *Clematis vitalba* L. / M. Sieber, L.J. Kucera. // *IAWA Bull.* – 1980. – № 1. – P. 49–54.
5. Еремин, В.М. Сравнительная анатомия стебля лиан Сахалина и Курил: моногр. / В.М. Еремин, О.Ж. Цырендоржиева. – Южно-Сахалинск, 2007. – 172 с.
6. Смалюскас, Д. Ивы (*Salix* L.) Литвы: таксономия, биология, фитоценология, биохимические особенности и ресурсы. Сводка габилитационной работы естественных наук (по монографии) / Д. Смалюскас, Вильнюс. пед. ин-т. – Вильнюс, 1996. – 64 с.
7. Федорук, А.Т. Древесные растения садов и парков Белоруссии / А.Т. Федорук. – Минск : Наука и техника, 1980. – 208 с.
8. Прозина, М.Н. Ботаническая микротехника / М.Н. Прозина. – М. : Высшая школа, 1960. – 206 с.

#### ***N.V. Shkuratova. Comparative Anatomy of Bark of one-year Stems of *Salix babylonica* L. and *Salix matsudana* Koidz***

The data of comparative-anatomical study of structure of one-year steam bark of *Salix babylonica* L. and its form – *Salix matsudana* Koidz. are represented in this article. *Salix matsudana* have original top making from climbing branches. The material is assembled on the territory of Brest region. The technique of data treatment is traditional in anatomy of plants. The distinction features of the structure of bark of *Salix matsudana* Koidz. in relation of stem morphology are revealed.

УДК 630\*233:630\*144.462

***В.Н. Босак***

## **СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ МЕТОДОМ НАНЕСЕНИЯ ПОКРОВНОГО ГРУНТА**

Деградации осушенных торфяных почв на Полесье – одна из главных экологических проблем региона. В результате изучения влияния покрова минерального грунта разной мощности, наносимого на поверхность торфяной почвы, выяснилось, что покрытие ее 20-сантиметровым слоем супеси достаточно эффективно защищает торф от непроизводительных потерь органического вещества и создает благоприятные условия для роста сельскохозяйственных культур.

### **Введение**

Мировой опыт наглядно и убедительно демонстрирует, что состояние почв и земельных ресурсов во многом характеризует экономическое благополучие общества. Деградация почв и земель часто сопровождалась разрушением государств. В этой связи проблемы сохранения почвенного покрова Белорусского Полесья, повышение производительной способности почв этого региона постоянно являются актуальными. По современным оценкам в Белорусском Полесье происходит масштабная трансформация почв, суть которой заключается в существенном и необратимом уменьшении содержания и запасов органического вещества и гумуса. Полесский регион отличается большой пестротой и сложностью почвенного покрова, что затрудняет эффективное ведение сельскохозяйственного производства на этих землях [1].

Одной из центральных проблем на Полесье являются процессы деградации осушенных торфяных почв. Как показали итоги полной инвентаризации мелиоративных систем, выполненной Белгипроводхозом, в результате вышеупомянутых процессов к настоящему времени в республике деградировало около 223 тыс. га торфяных почв, в том числе 86,2 тыс. га в Брестской и 66,0 тыс. га в Гомельской областях. По прогнозам Института проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси, к 2020 году следует ожидать увеличения площадей деградированных торфяных почв примерно на 12% [2].

### **Состояние вопроса**

В свое время вопросам сохранности органического вещества торфяных почв было посвящено много исследований как в Беларуси, так и за рубежом. Опыт показывает, что ежегодные потери органического вещества мелиорированных торфяников составляют в среднем от 2 до 6% в верхнем (пахотном) слое в зависимости от способа хозяйственного использования этих земель. В настоящее время для минимизации потерь органического вещества торфяных почв широко применяют способ залужения, который примерно в 2–3 раза замедляет процесс сработки торфа по сравнению с другими интенсивными сельскохозяйственными технологиями использования почв [3]. Тем не менее, и при таком «щадящем» методе баланс органического вещества отрицательный.

Наиболее радикальным способом сохранения органического вещества торфа считается нанесение слоя минерального грунта на поверхность торфяных почв, которое может быть осуществлено путем извлечения его из-под торфяной залежи при глубокой вспашке или доставкой из суходольных участков. Однако вспашка не позволяет избе-

жать перемешивания, а доставка из суходолов связана с большими материальными затратами и становится нерентабельной [4].

В Полесском аграрно-экологическом институте НАН Беларуси на основании ряда исследований коллективом авторов был разработан новый, уникальный способ сохранения органического вещества торфа с учетом имеющихся недостатков предыдущих методов, на который в 2007 году в Национальном центре интеллектуальной собственности было получено 2 патента на изобретения [5; 6]. В настоящей работе рассмотрены некоторые вопросы, связанные с сутью данных изобретений.

### Результаты и обсуждение

Естественно, если ставится задача только консервации торфа, то желательно наносить более мощный слой грунта, который будет надежнее предохранять торф от минерализации. Однако вопрос следует рассматривать в плане получения максимальной отдачи от почвы при минимальной минерализации органического вещества. В связи с этим необходимо определить оптимальную мощность слоя минерального грунта, отвечающую обоим этим требованиям.

Для изучения влияния мощности минерального грунта, наносимого на торфяную залежь, на топяном месторождении «Хабы» в Брестском районе были заложены три площадки размером 5×6 м. На площадках, обозначаемых далее 2.1, 2.2 и 2.3, с помощью погрузчика Д-451 выполнены траншеи глубиной 10, 20 и 30 см и заполнены минеральным грунтом. Грунт по механическому составу, определенному в полевых условиях по методу раскатывания шнура, относится к супеси. Зольность составляет 93%, влажность 10%.

Результаты определения эмиссии CO<sub>2</sub> на опытных площадках в 2004 и 2005 годах приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Эмиссия CO<sub>2</sub> на опытных площадках, в полевых условиях

Дата проведения опыта	Количество выделившегося CO <sub>2</sub> на площадках за 1 час, мг			
	1	2.1	2.2	2.3
15.07.2004	22,713	–	15,339	–
30.07.2004	20,869	19,667	16,429	–
17.08.2004	30,452	27,423	13,783	–
08.09.2004	26,238	17,155	13,529	–
22.09.2004	13,473	11,144	6,678	–
31.05.2005	21,421	19,316	22,253	12,324
30.06.2005	25,931	22,084	15,067	20,746
02.08.2005	27,775	29,543	25,482	–
08.09.2005	22,573	24,738	20,936	–

Из таблицы видна более выраженная разница в количестве выделившегося CO<sub>2</sub> на площадках в 2004 году, когда опыты проводились во второй половине сезона и площадки не были покрыты растительностью. Минеральный грунт после укладки не был перемешан.

В сезоне 2005 года опыты проводились в первой половине вегетационного периода. Площадки 2.1 и 2.2 были заняты посевами озимой пшеницы. Минеральный грунт, особенно на площадке 2.1, был частично перемешан с торфом за счет передвижения по площадкам при проведении работ по отбору проб, измерению температуры, закладке испарителей и льняной ткани. По-видимому, по этим причинам разница в выделении CO<sub>2</sub> на опытных площадках была менее заметной. Но в основном на опытных площадках количество выделившегося CO<sub>2</sub> было ниже, чем на контрольной.

Определение эмиссии  $\text{CO}_2$  02.08.05 и 08.09.05 проводилось после уборки пшеницы. Поверхность площадок несколько взрыхлилась. По-видимому, поэтому количество  $\text{CO}_2$  на площадках отличалось незначительно. Но на площадке с большим слоем минерального грунта оно было меньше, чем на контроле.

Следует отметить, что в пшенице на опытных площадках 2.1 и 2.2 практически не было сорняков. Здесь проявлялось защитное действие минерального грунта в борьбе с сорняками.

Как известно, температурный режим верхних слоев почв определяется теплообменом приземных слоев воздуха с поверхностью почв. Для исследования параметров этого обмена были разработаны методика и приборы [7].

Полученные данные показали, что суточная амплитуда колебаний температуры на поверхности торфяной почвы ( $h = 0$ ) составляет около  $45^\circ\text{C}$ . В то же время такая же амплитуда для приземного слоя воздуха на высоте 2 м ( $h = 200$ ) составила не более  $25^\circ\text{C}$ . Это объясняется прежде всего тем, что торфяные почвы имеют малую величину альбедо и относительно низкий коэффициент теплопроводности и что при ясной погоде основной вклад в теплообмен на поверхности почв вносит радиационный обмен. Амплитуды колебаний температуры уменьшаются с увеличением глубины погружения в почву и уже на глубине 10 см они составляют приблизительно  $5^\circ\text{C}$ , а на глубине 20 см – менее  $1^\circ\text{C}$ .

Анализ полученных результатов показал, что температурный минимум на поверхности наблюдается непосредственно перед восходом солнца. Уже на глубине 0,2 м температура практически не изменялась. Таким образом, температурный режим верхнего слоя торфяных почв определяется в основном его свойством на глубине 0–0,2 м.

По мнению исследователей [7], одной из причин, вызывающих явление температурного минимума вблизи поверхности почв на высоте 0,02–0,05 м, является стекание выхолаженного воздуха в места понижения с прилегающих окрестностей.

Резкое снижение теплопроводности торфяных почв при понижении их влагосодержания способствует перегреву этих почв до  $45^\circ\text{C}$  в дневное время и к переохлаждению ночью. За счет этих факторов минимальная температура торфяных почв может быть на 3–4  $^\circ\text{C}$  ниже соответствующей температуры минеральных почв.

Увеличение массовой доли песчаного компонента от 0 до 0,3 сопровождается повышением минимальной температуры поверхности почвы на 1,3–1,5 $^\circ\text{C}$  и снижением максимальной температуры почвы на 3 $^\circ\text{C}$ , что уменьшает иссушение верхнего слоя почвы в дневное время.

Как отмечает В.И. Бохонко [8], наиболее всего подвержены поздним весенним и ранним осенним заморозкам осушенные торфяные почвы – в 2,5 раза чаще, чем минеральные.

Растения в зависимости от фазы развития по-разному реагируют на кратковременные заморозки. Заморозки до  $-7^\circ\text{C}$  для озимых зерновых проходят бесследно. Большинство растений кукурузы погибает при заморозках  $-3^\circ\text{C}$ . Характер мер по снижению ущерба (пересев или стимуляция жизнеспособности сохранившихся растений) зависит от состояния посевов, погодных условий, обеспеченности почвы влагой, возможностями хозяйства.

Данные по температуре на опытных площадках приведены в таблице 2.

Из приведенных данных видно, что заметные изменения температуры на всех площадках имеют место до глубины 20 см. Эти результаты согласуются с данными [7], по которым песчаное покрытие в 13 см является достаточным для выравнивания температурных условий торфяных почв с минеральными. Другими словами, нанесение на торфяную почву минерального грунта слоем 15–20 см снижает вероятность появления на ней заморозков.

Из таблицы также видно, что более заметное изменение температуры наблюдается при более высоких температурах воздуха. Незначительное изменение температуры имело место при наличии на площадках растительности (пшеницы) в период с 28.06.05 по 02.08.05.

Как отмечает В.И. Белковский [9], проведенные исследования режима влажности в почвах, созданных глубокой вспашкой, свидетельствуют о более высоких запасах доступной растениям влаги по сравнению с исходным торфяником.

В почвах, созданных глубокой вспашкой, выпадающие осадки быстро отводятся через песчаные слои, часть их аккумулируется и долго удерживается торфяным слоем. Благодаря наличию песчаного экрана (пахотный слой) над аккумулирующими торфяными слоями значительно сокращается расход влаги на испарение. В условиях повышенных температур и недостаточного выпадения осадков с поверхности на контроле испарилось 84,9 мм влаги, а с трансформированной почвы – 48,7 мм.

Таблица 2 – Изменение температуры по глубине на опытных площадках, °С

№ площадки	Глубина, см	Дата						
		17.08.04	08.09.04	22.09.04	31.05.05	28.06.05	13.07.05	02.08.05
1	5	–	17,5	13	23	18,9	22	23
	10	20,5	16,7	13,5	23	18,9	22,6	21,5
	20	20,6	18	15,2	21,5	18,5	21,6	21,5
	30	19,1	18,2	15,7	18	17,5	19,5	21
	40	18,6	18	15,8	16	16,3	18,4	20,3
2.1	5	–	20,3	12,5	23,7	22,8	21	24
	10	22	17	13	24	20,5	19,5	22,5
	20	20,5	18	14,1	21	19,8	19,1	21,5
	30	22,3	17,9	15	18,5	18,8	18,4	20,6
	40	18,5	17,5	15,1	16	17,6	17,2	19,7
2.2	5	–	16,5	12,5	22,6	22,5	21,5	24
	10	19,2	15,5	12,5	23	20,5	21,9	22,5
	20	19,5	17,5	13,4	21,5	20	21,5	22
	30	19	17,5	14,7	18	19	20,9	21
	40	18,5	17	15,4	16	17,7	19,1	20,2
2.3	5	–	–	–	24	22,3	27,5	–
	10	–	–	–	25	21	24,5	–
	20	–	–	–	24	20,4	24,4	–
	30	–	–	–	23,5	20,5	24,2	–
	40	–	–	–	22	19,6	23,6	–
Температура воздуха, °С		26,5	20,5	14	20,5	25	32	27,5

Преобразование почвенного профиля приводит к своеобразному перераспределению в нем влагозапасов. В новом (песчаном пахотном слое) по сравнению с торфяным содержание влаги несколько уменьшается, в подпахотном, наоборот, увеличивается, а суммарные запасы доступной для растений влаги в почвенном профиле значительно возрастают.

Наши данные по изменению влажности и зольности на опытных площадках приведены в таблице 3.



Опыты по изучению влияния минерального грунта на торфяных почвах на биологическую активность и минерализацию органического вещества показали, что скорость минерализации органического вещества при слое песка в 10 см замедляется по сравнению с контролем примерно в 2 раза. Перемешивание торфа с песком приводит к ускорению процесса минерализации.

Таблица 3 – Изменение влажности (W) и зольности (A) на опытных площадках по глубине

Дата	Глубина отбора, см	Площадка							
		1		2.1		2.2		2.3	
		W	A	W	A	W	A	W	A
22.09.04	5	46,50	47,19	31,01	78,59	11,44	96,02	–	–
	10	49,74	43,36	47,73	58,16	38,82	79,55	–	–
	20	61,80	32,13	67,22	30,75	72,41	25,15	–	–
	30	72,23	28,96	77,55	19,67	79,12	16,33	–	–
	40	–	–	–	–	–	–	–	–
31.05.05	5	50,08	35,03	1,25	96,58	4,34	96,23	0,76	99,06
	10	57,47	30,53	51,18	40,45	5,68	94,63	3,44	99,16
	20	61,52	31,50	62,15	40,21	52,48	47,49	2,96	99,52
	30	70,22	31,31	78,25	27,38	74,24	30,10	61,32	48,05
	40	81,08	17,54	81,09	14,77	78,86	24,27	65,90	45,41
28.06.05	5	33,75	62,02	9,65	91,65	7,19	95,80	2,30	98,85
	10	47,61	40,32	38,92	52,25	7,29	95,90	2,05	99,39
	20	57,24	32,41	51,94	39,73	70,19	19,72	2,11	99,44
	30	71,89	19,66	75,55	26,86	81,24	26,48	4,86	97,19
	40	80,71	25,66	76,33	17,17	83,44	12,14	65,42	43,44

Из приведенных данных видно, что на площадках 2.1 и 2.2 за счет внесения минерального грунта влажность в верхних слоях уменьшилась, а зольность увеличилась. Это изменение заметно до глубины 20–30 см. Важно отметить, что на глубине 30 см на опытных площадках влажность выше, чем на контрольной. Это значит, что в торфяных слоях под минеральным грунтом влага аккумулируется и используется растениями. Следует добавить, что верхние слои контрольной площадки были в значительной степени переосушены.

Для изучения испарения влаги на опытных площадках были установлены испарители. Данные по изменению веса испарителей на опытных площадках приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Изменение веса испарителей на опытных площадках

Площадка	Вес испарителя с грунтом, кг			
	8.09.2004	22.09.2004	31.05.05	13.07.05
1	3,950	3,600 (–0,350)	4,150 (+0,550)	4,100 (–0,050)
2.1	4,600	4,450 (–0,150)	4,700 (+0,250)	4,900 (+0,200)
2.2	8,820	5,100 (+0,280)	5,150 (+0,050)	5,200 (+0,050)

Из приведенных данных видно, что на контрольной площадке (без минерального грунта) и со слоем минерального грунта 10 см вес испарителей в зависимости от погодных условий то уменьшался, то увеличивался, на площадке со слоем минерального

грунта 20 см вес испарителя хотя и незначительно, но все время увеличивался. Этим подтверждается вывод о том, что минеральный грунт, нанесенный на поверхность торфяной залежи, уменьшает испарение с подпахотного горизонта. Это согласуется и с данными по влажности на глубине 20–30 см, где она на площадках с минеральным грунтом выше, чем на контрольной.

Таким образом, на основании проведенных исследований следует, что покрытие торфяной почвы 20-сантиметровым слоем минерального грунта достаточно эффективно защищает торф от непроизводительных потерь органического вещества. С другой стороны, такая мощность супесчаного слоя не является препятствием для корневых систем подавляющего большинства сельскохозяйственных культур в достижении ими более плодородного и увлажненного торфяного слоя.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лихацевич, А.П. Состояние и перспективы сельскохозяйственного использования торфяных почв / А.П. Лихацевич, А.С. Мееровский, В.И. Белковский // Природные ресурсы. – 1997. – №2. – С. 31–40.
2. Бамбалов, Н.Н. Проблемы сохранения органического вещества мелиорированных торфяных почв Полесья / Н.Н. Бамбалов // Проблемы Полесья. – Минск : Наука и техника, 1982. – Вып. 8. – С. 196–203.
3. Лихацевич, А.П. Мелиорация земель в Беларуси / А.П.Лихацевич, А.С.Мееровский, Н.К.Вахонин. – Минск : БелНИИМиЛ, 2001. – С. 138–142.
4. Бамбалов, Н.Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения / Н.Н. Бамбалов. – Минск : Нит. – 1984. – С. 118–125.
5. Способ сохранения органического вещества торфа: Пат. 9668 ВУ, С1 2007.08.30 / Н.П. Ерчак, А.А. Волчек, Д.П. Ерчак, В.Н. Босак ; заявители и патентообладатели Н.П. Ерчак, А.А. Волчек, Д.П. Ерчак, В.Н. Босак, ГНУ «Полесский аграрно-экол. ин-т НАН Беларуси». – № а20040070 ; заявл. 09.02.04 ; опубл. 04.05.07 // Бюл. № 4. – 3 с.: ил.
6. Способ снижения потерь органического вещества осушенных торфяников: Пат. 9669 ВУ, С1 2007.08.30 / Н.П. Ерчак, А.А. Волчек, В.Н. Босак, Н.А. Кот ; заявители и патентообладатели Н.П. Ерчак, А.А. Волчек, В.Н. Босак, Н.А. Кот, ГНУ «Полесский аграрно-экол. ин-т НАН Беларуси». – № а20040071 ; заявл. 09.02.04 ; опубл. 04.05.07 // Бюл. № 4. – 3 с.: ил.
7. Бровка, Г.П. Исследование и прогнозирование заморозков на мелиорированных торфяных почвах / Г.П. Бровка, И.В. Дерюля, В.А. Свечевский // Природные ресурсы. – 2000. – № 1. – С. 13–14.
8. Бохонко, В.И. Влияние заморозков на мелиорированных землях Полесья / В.И. Бохонко // Природнае асяроддзе Полесья : Матэрыялы міжнароднай навук. канф., Брест, 16–18 чэрвеня 2004. – Ч. 2. – Брест, 2004.
9. Белковский, В.И. Пути трансформации маломощных торфяников в почвы с минеральным пахотным слоем методом глубокой вспашки / В.И. Белковский. – Минск, 1983. – 44 с.

#### ***V. Bosak. Loss Reduction of Peat Organic Substance by Means of Top-Soil Covering***

The degradation of ameliorated peat soil in Polesye is one of the main environmental problems. As a result of studying of the effect of mineral ground cover of different capacity applied to the surface of the peat soil it was investigated that its covering with a 20-cm layer of sandy loam protects peat from unproductive losses of organic substance effectively enough and creates favourable conditions for the growth of agricultural crops.

УДК 550.461+551.311(476)

*Н.А. Махнач, В.П. Зерницкая*

## **КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ–ГОЛОЦЕНЕ БЕЛАРУСИ (ПО ДАННЫМ ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ АУТИГЕННОГО ОЗЕРНОГО КАЛЬЦИТА)**

На основании материалов изотопно-геохимического (а также литологического и палинологического) изучения карбонатных озерных осадков выделен и датирован ряд климатических фаз. Наиболее яркие среди них: среднедриасовое похолодание (~14200–13900 кал. л.н.); аллередское потепление (13900–12800/12700 кал. л.н.); позднедриасовое похолодание (12800/12700–11600/11500 кал. л.н.); холодная и/или влажная фаза 9000–8600 кал. л.н.; теплая и сухая фаза 8600–8300 кал. л.н.; наиболее холодный эпизод голоцена 8300–8100 кал. л.н.; преимущественно аридный этап максимальных температур 8100–4700 кал. л., включающий относительно холодную и влажную фазу 6400–5350 кал. л.н.; длительный тренд похолодания и увлажнения 5200–2100 кал. л.н.; теплый и/или сухой эпизод 2100–1400 кал. л.н.; тренд похолодания и увлажнения с 1700 кал. л.н. по настоящее время. Установлено, что динамика климата Беларуси и более западных частей Европы характеризовалась значительной когерентностью. Это следует из корреляции пиков, сдвигов и трендов белорусских кривых  $\delta^{18}\text{O}$  кальцита с изотопно-кислородными событиями, распознаваемыми в кривой, полученной по воде гренландского ледника (скважина GISP 2). Надрегionalный ранг некоторых климатических фаз подтверждается также сопоставлением с данными реконструкций, проведенных в Англии, Германии, Польше и Эстонии.

### **Введение**

Исследование сущности, хронологии и причин региональных изменений климата в позднеледниковье–голоцене направлено на решение нескольких научных проблем. Среди них: усовершенствование стратиграфических схем отложений верхней части осадочного чехла; выявление природного фона исторических событий финального палеолита, мезолита, неолита и более поздних этапов; разработка методов и осуществление прогноза динамики природных обстановок в будущем. Реконструкции регионального уровня служат вкладом в создание синтетической картины временной и пространственной изменчивости климатических условий в континентальном и глобальном масштабах.

Первые количественные оценки климатических изменений в позднеледниковье–голоцене Беларуси были выполнены на базе пыльцевых данных путем применения информационно-статистического метода В.А. Климанова в 1980-х годах [1]. Основываясь на названном подходе и учитывая многочисленные собственные палинологические материалы, Я.К. Еловичева [2] предложила обобщенную схему вариации температуры воздуха и количества атмосферных осадков. Временные рубежи схемы были даны в годах условной некалиброванной радиоуглеродной шкалы. Если хронологические границы этапов сопоставить с калибровочной кривой и представить в календарной шкале (количество лет до 1950 г. н.э.), то основные изменения среднегодовой температуры воздуха ( $T_r$ ) можно свести к следующему. В беллинге (15000–14160 кал. л.н.) она была примерно на  $1^\circ\text{C}$ , в среднем дриасе (14160–13680 кал. л.н.) – на  $3,5\text{--}4^\circ\text{C}$ , в аллереде (13680–12830 кал. л.н.) на  $1\text{--}2^\circ\text{C}$ , в позднем дриасе (12830–12080 кал. л.н.) на  $3\text{--}5^\circ\text{C}$ , в пребореале-1 (12080–11480 кал. л.н.) на  $1\text{--}1,5^\circ\text{C}$ , в пребореале-2 (11480–10340 кал. л.н.) и в бореале-1 (10340–9830 кал. л.н.) на  $1,5\text{--}2^\circ\text{C}$  ниже современных. В первой половине бореала-2, датируемого возрастом 9830–8890 кал. л.н., температурные условия были аналогичны современным, а в конце этапа имела место кратковременная фаза сущест-

венного (на 1,5–2°C) похолодания. Максимальная  $T_r$  (на 1,5–2°C более высокая, чем сегодня) реконструирована для атлантики-1 (8890–7500 кал. л.н.) и атлантики-3 (6840–5700 кал. л.н.). В пределах атлантического температурного максимума выделена несколько более холодная фаза атлантики-2 (7500–6840 кал. л.н.). В суббореале-1 (5700–4470 кал. л.н.)  $T_r$  была на 0,5–1,5°C ниже, а в суббореале-2 (4470–2600 кал. л.н.) на 0,5–1°C выше современной. Похолодание ( $T_r$  на 0,5–1,5°C меньше, чем ныне) реконструируется для первой половины субатлантики-1 примерно на уровне 2600–2000 кал. л.н., потепление (на 0,3–0,8°C выше) – для второй половины этапа (2000–1480 кал. л.н.), похолодание (на 1–1,5°C ниже) в первой половине субатлантики-2 (1480–1000 кал. л.н.) и потепление максимум на 1°C по сравнению с современным значением во второй половине субатлантики-2 (1000–600 кал. л.н.), после чего отмечается тренд похолодания. Изменения среднегодовой, январской и июльской температур положительно коррелировали с колебаниями количества атмосферных осадков, что предполагает слабые флуктуации эффективной влажности климата (разницы между количеством выпадающих и испаряющихся осадков), поскольку испарение увеличивается в теплые фазы и ослабевает в холодные. Таким образом, в обсуждаемой реконструкции имеются признаки неожиданно «простого» поведения климатической системы.

Сопоставляя хронологическую шкалу реконструкции Я.К. Еловичевой [2] с временными моделями ряда надежно датированных зарубежных разрезов, нельзя не заметить, что некоторые климатические события, синхронность которых в пределах Европы доказана работами последних лет, происходили в Беларуси со значительным опережением. Так, оказывается, что позднелиасовый стадиал закончился в Беларуси на 500 лет раньше, чем в Западной Европе и Польше [3] и продолжался на 400 лет меньше. Позднебореальный (предатлантический) кратковременный импульс холода имел место в Беларуси примерно на 800–900 лет раньше широко известного холодного события 8200 кал. л.н. [4], предшествующего термическому максимуму голоцена. Сходные хронологические неувязки остаются и в более поздних вариантах стратиграфической схемы позднеледниковья–голоцена Беларуси [5].

Одним из способов получения новых сведений о палеоклиматических изменениях является анализ соотношений  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  в аутигенном озерном и источниковом кальците, так как вариации величины  $\delta^{18}\text{O}$  в нем определяются температурой приземного слоя воздуха, интенсивностью испарения и температурой воды. Метод стабильных изотопов кислорода пригоден и для уточнения хронологии, поскольку заметные сдвиги в изотопно-кислородных соотношениях в разрезах карбонатных осадков могут рассматриваться как маркеры синхронных событий надрегionalного ранга [6]. Кривые  $\delta^{18}\text{O}$  озерного кальцита также содержат информацию о причинах и механизмах климатических изменений. В этом аспекте важен вопрос о том, имеется ли когерентность между климатическими событиями в северной Атлантике (и шире, в Западной Европе) и в Беларуси. Для ответа на этот вопрос применимо сравнение белорусских изотопных кривых с кривыми  $\delta^{18}\text{O}$  воды гренландского ледника, которые отражают температурные тренды, во многом обусловленные динамикой структуры течений и особенностями термохалинной циркуляции в Атлантическом океане.

В настоящей статье мы предлагаем обобщение данных многолетнего изучения озерных и источниковых карбонатных осадков Беларуси. Главный акцент делается на анализе вариации величины  $\delta^{18}\text{O}$  в кальците в вертикальных разрезах. Попутно привлекаются сведения об изотопном составе углерода, палиноспектрах и литогеохимических характеристиках осадков.

Целью работы явилось построение изотопно-кислородной модели климатических изменений в позднеледниковье–голоцене Беларуси.

### Фактический материал и методика исследования

В статье анализируются те фрагменты построенных нами ранее [7–11] кислородных кривых, которые несут наиболее точный палеоклиматический сигнал. Из рассмотрения исключены данные по слоям, сильно контаминированным обломочными карбонатами, по стратиграфическим горизонтам, включающим перерывы осадконакопления и имеющим аномально малую мощность, а также по верхним частям некоторых залежей, в которых тренд возрастания величины  $\delta^{18}\text{O}$  в направлении кровли обусловлен обмелением озера из-за заполнения котловины осадками. Наиболее информативные отрезки кривых получены в результате исследования восьми частей шести залежей. Это: 1). Толща озерного мела мощностью 330 см, накопившаяся с начала атлантического периода до наших дней в малом плесе озера Нарочь (Мядельский район; GPS-координаты точки бурения – 54°53,174' с.ш., 26°41,303' в.д., глубина воды 7,2 м). 2). Две части пятиметровой толщи из озера Сергеевского Пуховичский район (53°31' с.ш., 27°46' в.д., 166,2 м над уровнем моря), вскрытой под слоем воды в 1,2 м: а) озерный мергель и мел, накопившиеся от конца беллинга до первых десятилетий пребореала и локализованные в разрезе на глубине 330–480 см; б) карбонатный сапропель, осадившийся в течение бореала и атлантики (глубина в разрезе 95–290 см). 3). Часть погребенной под делювием толщи источникового мела Птичь (Минский район; 53°48' с.ш., 27°25' в.д., ~200 м над уровнем моря), накопившаяся с начала пребореала приблизительно до конца атлантики-1 и залегающая на глубине 85–305 см. 4). Часть погребенной под полуметровым торфяным слоем озерной меловой залежи Мощное (Дзержинский район; 53°43' с.ш., 27°12' в.д., 187,6 м над уровнем моря), сформировавшаяся в бореале, ранней и средней атлантике и локализованная на глубине 180–400 см. 5). Часть толщи карбонатного сапропеля из озера Теклиц (Лепельский район; 54°56' с.ш., 28°30' в.д., 166,3 м над уровнем моря; глубина воды в точке бурения 2,2 м), сформировавшаяся в бореале и начале атлантики и залегающая в разрезе на глубине 165–260 см. 6). Две части залежи из озера Оконо (Лепельский район; 54°50' с.ш., 28°32' в.д., 154,3 м над уровнем моря), вскрытой под толщей воды в 2,2 м: а) мергельные отложения позднего дриаса с подстилающими осадками аллереда и перекрывающими осадками пребореала (глубина 210–350 см); б) бореальный озерный мел, локализованный на глубине 105–180 см.

В изотопных кривых сделаны некоторые изменения по сравнению с ранее опубликованными вариантами. Так, для отложений глубинных интервалов 210–260 см (осадки конца бореала – начала атлантики) и 330–415 см (осадки позднего дриаса и соседних частей аллереда и пребореала) в разрезе Сергеевское даны результаты изотопных измерений по каждому сантиметровому (а не пятисантиметровому, как ранее) слою. Калибрование всех дат выполнено при помощи программы OxCal 3.10 [12]. Поэтому они могут несколько отличаться от приведенных в предшествующих публикациях и калиброванных с помощью иных программ (Cal 20, IntCal 98 и др.).

Один из приемов, использованных при проведении палеоклиматической реконструкции, состоял в корреляции пиков, сдвигов и трендов, видимых на белорусских кривых  $\delta^{18}\text{O}$  кальцита, с событиями, распознаваемыми в надежно датированной (путем подсчета годовых пар ледяных слоев) изотопно-кислородной кривой воды гренландского ледника (скважина GISP 2) [13]. Методика корреляции основана на нескольких наших ранних находках и некоторых теоретических допущениях.

1. В изотопных кривых низов ряда белорусских разрезов отчетливо выделяется широкий резко ограниченный зубец низких значений  $\delta^{18}\text{O}$ . Пыльцевые спектры из отложений, соответствующих этому зубцу, имеют явно холодный «облик».

2. В позднебореальных фрагментах пяти изотопных кривых из Беларуси отмечается сильный узкий пик низких значений  $\delta^{18}\text{O}$  (иногда самых низких для голоценовых

частей индивидуальных разрезов). Несколько выше уровня пика в палинологических диаграммах отмечается резкий подъем рациональных кривых *Ulmus*, *Corylus*, *Tilia*, *Alnus* (т.е. переход к оптимальным пыльцевым спектрам).

3. Два названных отрезка изотопных кривых сопоставляются с позднедриасовым стадийным похолоданием и холодным событием 8200 кал. л.н. соответственно. Поскольку каждое из этих событий вызвано единой причиной и синхронно во многих местах Европы [3; 4], то изотопные границы «аллеред – поздний дриас», «поздний дриас – пребореал», а также позднебореальный отрицательный пик  $\delta^{18}\text{O}$  должны быть датированы в белорусских разрезах тем же возрастом, что и в гренландских скважинах.

4. Если взять за основу синхронность таких реперных событий, то при слегка неравномерном вертикальном сжатии или растяжении крупных фрагментов белорусских кривых  $\delta^{18}\text{O}$  можно добиться близкого сходства их конфигураций с очертаниями кривой GISP 2.

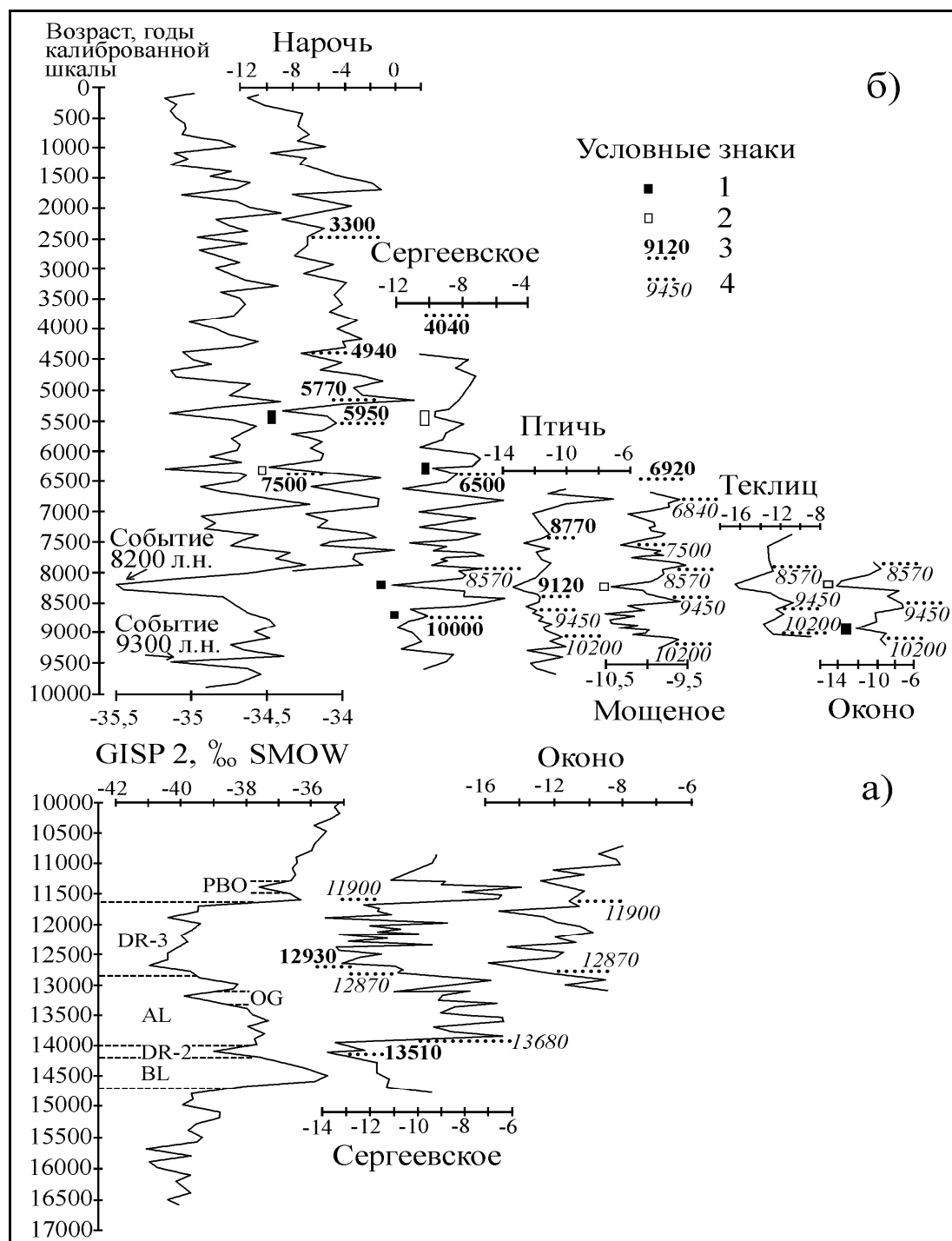
5. Максимальное подобие кривых разрезов Нарочь [11] и GISP 2 достигается при допущении того, что исследованная нарочанская залежь накапливалась, начиная с 8000 кал. л.н. (что подтверждается палинологическими данными) до настоящего времени.

6. Изначальные хронологические модели белорусских разрезов, основанные на определениях концентрации  $^{14}\text{C}$  в органическом веществе и карбонатах валовых образцов озерного осадка, должны быть неизбежно удревнены вследствие эффекта жесткой воды.

### **Описание и интерпретация результатов**

Приступая к описанию корреляции изотопных событий (рисунок), необходимо определить, какая же палеоклиматическая информация отражена на белорусских кривых  $\delta^{18}\text{O}$ .

**Факторы варьирования величины  $\delta^{18}\text{O}$ .** Теоретически при температуре воды в  $15,7^\circ\text{C}$  (которая близка к температуре летней воды в белорусских озерах) и при температуре воздуха в  $5,4^\circ\text{C}$  (многолетняя среднегодовая для Минска) в осадках проточных бассейнов (при пренебрежительно малом испарении воды) должны накапливаться аутигенные кальциты с величиной  $\delta^{18}\text{O}$ , равной  $\sim -11,8\text{‰}$  (изотопное равновесие с  $\delta^{18}\text{O}$  атмосферных осадков и подземных вод), а при повышении температуры воздуха на  $1^\circ\text{C}$  значение  $\delta^{18}\text{O}$  воды и кальцита возрастает на  $0,66\text{‰}$  [7; 9]. В непроточных и слабопроточных озерах вследствие испарения изотопный состав кислорода воды и выпадающего из нее кальцита может существенно утяжелиться. При этом эффект утяжеления усиливается на этапах сравнительно малой проточности (низкого уровня озер) и ослабевает во времена повышенного уровня и проточности. Таким образом, информация о температуре воздуха в кальците застойных водоемов искажается зависимостью от гидрологических изменений (и, следовательно, от вариаций эффективной влажности климата). То, что изменение температуры воздуха не является единственным фактором, определяющим вариации  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  в белорусских разрезах, вытекает из абсолютных величин (иногда сильно отклоняющихся от  $-11,8\text{‰}$ ) и из различного в индивидуальных кривых (и часто весьма широкого) диапазона вариации величины (до  $12,7\text{‰}$  в отложениях Нарочи). Разница в размахе варьирования и средних значениях объясняется тем, что исследуемые кальциты формировались в озерах различной проточности и глубины. О степени палеопроточности можно косвенно судить по величинам  $\delta^{13}\text{C}$ . Близость к величине, равновесной с  $\delta^{13}\text{C}$  атмосферного углерода ( $+4 - +5\text{‰}$ ) [14], указывает на застойный бассейн, а близость к равновесию с  $\delta^{13}\text{C}$  органического углерода ( $\sim -12\text{‰}$ ) [15] – на проточный водоем.



Изотопные данные по гренландской скважине [13] осреднены по 100-летним интервалам. **Аббревиатуры:** BL – беллинг; DR-2 – средний дриас; AL – аллеред; OG – осцилляция Герцензее; DR-3 – поздний дриас; РВО – пребореальная осцилляция. **Условные знаки:** 1 – слои осадка, сильно обогащенные органическим веществом; 2 – слои осадка, незначительно обогащенные органическим веществом; 3 – медианы радиоуглеродных дат (кал. л.н.); 4 – хронологические оценки (кал. л.н.), основанные на пыльцевом зонировании (рубежам палинозон, т.е. этапам позднеледниковья–голоцена, приписаны даты, используемые в традиционной стратиграфической схеме [5])

**Рисунок – Корреляция между кривыми  $\delta^{18}\text{O}$  скважины GISP 2 (вода гренландского ледника, ‰ SMOW) и белорусских разрезов карбонатных озерных отложений (кальцит, ‰ PDB): а) позднеледниковые отрезки; б) голоценовые отрезки**

Величина  $\delta^{13}\text{C}$  в изученных объектах варьирует следующим образом: в отложениях Нарочи от  $-1,5$  до  $+3,9\text{‰}$ ; в голоценовых осадках Сергеевского от  $-1,0$  до  $+5,0$ ; в источниковых карбонатах Птичи – от  $-11,4$  до  $-8,0$ ; в залежи Мощное – от  $-9,4$  до  $-3,4$ ; в накоплениях из Теклиц – от  $-16,7$  до  $-6,1$ ; в голоценовой части залежи из Оконо – от  $-2,3$  до  $0$ ; в позднеледниковых осадках Сергеевского – от  $+0,4$  до  $+5,5$ ; в позднедриасовых осадках Оконо – от  $-3,4$  до  $+0,5\text{‰}$  [7–11]. Приведенные цифры говорят о том, что мы оказались в значительной степени привязанными к исследованию кальцитов из слабопроточных озер (Сергеевское, Оконо, Нарочь).

Поэтому вариации  $\delta^{18}\text{O}$  в белорусских изотопно-кислородных кривых являются результатом комбинированного воздействия изменений температуры воздуха и эффективной влажности климата и могут интерпретироваться в терминах «похолодание и/или увлажнение (повышение эффективной влажности)» и «потепление и/или аридизация (уменьшение эффективной влажности)». Такой тип информативности присущ целому ряду литологических и биологических индикаторов палеоклимата, например, индексам влажности верховых торфяников, мощностям варв ламинированных озерных осадков [16]. Это связано с тем, что повышению температуры часто сопутствует относительная аридизация климата, обусловленная интенсификацией испарения. По-видимому, именно такой причиной и объясняется корреляция белорусских изотопно-кислородных кривых с гренландской (палеотемпературной). При этом в карбонатах застойных озер температурные пики, соответствующие эпизодам усиленного испарения воды, могут в изотопной записи выступать даже в подчеркнутом виде.

**Особенности хронологической шкалы.** В дальнейшем мы исходим из того, что реальная хронология изотопных (климатических) событий Беларуси отражена на возрастной оси кривой GISP 2. В таком случае, как и ожидалось, почти все даты, полученные по отдельным интервалам индивидуальных белорусских разрезов, оказываются удревненными.

**Характеристика основных палеоклиматических этапов и событий.** Перейдем к описанию изотопно-кислородной модели и изложению нашего видения динамики палеоклимата Беларуси. Для подтверждения надрегионального ранга некоторых событий, видимых в белорусских кривых, мы будем ссылаться на результаты палеоклиматических реконструкций, выполненных в результате изучения детально датированных европейских осадочных архивов. Это реконструкция влажности поверхностного слоя верховых торфяников Болтон Фелл Мосс и Уолтон Фелл Мосс (графство Камбрия, Англия); реконструкция влажности климата, основанная на анализе мощности годовых слоев ламинированных осадков озера Хольцмаар (Западно-Эйфельское вулканическое поле, Германия) и озера Гостенж (центральная Польша); реконструкция зимних палеотемператур, основанная на пыльцевых данных по отложениям польского озера Ледница ( $52^{\circ}56'$  с.ш.,  $17^{\circ}39'$  в.д.) [16]. Также будут привлекаться материалы реконструкции среднегодовых температур, проведенные на основании палинологического изучения осадков трех эстонских озер: Райгаствере ( $58^{\circ}35'$  с.ш.,  $26^{\circ}32'$  в.д.), Виитна ( $59^{\circ}27'$  с.ш.,  $26^{\circ}05'$  в.д.), Руила ( $59^{\circ}10'$  с.ш.,  $24^{\circ}26'$  в.д.) [17].

**Среднедриасовое стадияльное похолодание.** Наиболее древнее изотопно-кислородное событие регистрируется в виде узкого отрицательного пика  $\delta^{18}\text{O}$  (до  $-14\text{‰}$ ) в разрезе Сергеевское на уровне  $\sim 14200$ – $13900$  кал. л.н. по хронологии GISP 2 (рисунок, а). В палинологической диаграмме этому пику соответствует максимум *Pinus*. Другие пыльцевые данные («провалы» в содержаниях пыльцы трав и фоссилий водоросли *Pediastrum*), а также сильный пик органического вещества указывают на значительный кратковременный приток воды в бассейн [10] (возможно, в связи с аградацией вечной мерзлоты и ухудшением подземного дренажа в окрестностях озера). Вместе с тем не исключено, что сильная изотопная выразительность события связана с поступ-



лением реликтовых талых изотопно-легких вод вечной мерзлоты, деградирующей в начале аллередского потепления. Этим, вероятно, вызвана некоторая омоложенность радиоуглеродной даты с медианой 13510 кал. л.н., что, впрочем, может объясняться аналитической ошибкой и несовершенством инструментов калибрования дат, более древних, чем 12,5 тыс. кал. л.

*Аллередское интерстадиальное потепление.* Интервалу 13900–12800 кал. л.н. в разрезе Сергеевское соответствует участок высоких значений  $\delta^{18}\text{O}$  (рисунок, а), сопоставляемый с аллередским интерстадиалом. В его конце (13300–13050 кал. л.н.) так же, как и в скважине GISP 2, прослеживается кратковременный холодный импульс (т.н. осцилляция Герцензее). Аллередское потепление выражено в белорусском разрезе (в отличие от кривой GISP 2) как фаза более теплая, чем беллинг. В пыльцевой диаграмме разреза Сергеевское [10] на характеризуемом интервале отмечается доминирование *Pinus* над *Betula*, значительное количество трав, в конце – появление (впервые после раннего дриаса) единичных пыльцевых зерен *Picea*. Высокие значения  $\delta^{18}\text{O}$  (до – 6,3‰) и широкий положительный пик  $\delta^{13}\text{C}$  [10] указывают на низкую эффективную влажность климата в аллереде либо на разрушение вечномерзлого водоупорного слоя на окружающей территории, что обусловило падение уровня озера.

*Позднедриасовое стадиальное похолодание.* В разрезах Сергеевское и Оконо над аллередским участком прослеживается широкий четко ограниченный фрагмент низких значений  $\delta^{18}\text{O}$  (рисунок, а), сопоставляемый с поздним дриасом (12800–11600 кал. л.н. по хронологии GISP 2 или ~ 12700–11500 кал. л.н. по хронологии более ранней гренландской скважины GRIP [13]). Конфигурация изотопных кривых названных белорусских профилей подобна очертаниям кривых по гренландскому леднику и европейским толщам карбонатных озерных отложений: Аммерзее, Лейсин, Хоус Уотерс, Гостенж [3; 9]. Во всех этих разрезах регистрируется тренд слабого повышения  $\delta^{18}\text{O}$  в направлении верха залежей (потепления), а также два пика относительно пониженных величин (похолоданий), разделенных положительным зубцом  $\delta^{18}\text{O}$ , индицирующим более теплые климатические условия и особенно сильно выраженным в белорусских кривых.

Для белорусских позднедриасовых пыльцевых спектров характерно присутствие *Betula nana*, *Alnaster*, сильный четко ограниченный зубец *Picea*, существенное преобладание *Pinus* над *Betula*, обилие трав [7; 10]. В разрезе Сергеевское именно в позднедриасовых отложениях отмечен сильный пик водорослей *Pediastrum integrum* (показатель холодной воды и олиготрофного статуса озера) [10]. Главными палинологическими критериями отделения позднего дриаса как от аллереда, так и от пребореала являются границы зубцов *Picea* и *Betula nana*. Рубеж «поздний дриас - пребореал» (и, следовательно, хронологический репер 11600 – 11500 кал. л.н.) четко выделяется также по внезапному падению содержания пыльцы *Artemisia* и *Chenopodiaceae*, резкому увеличению роли *Betula* и *Polypodiaceae*.

*Отрезок времени 11600–9000 кал. л.н.* На части характеризуемого интервала (~ до 9900 кал. л.н.) в северо-атлантическом регионе, как можно судить по изотопно-кислородным кривым гренландского ледника, имел место длительный плавный (хотя и осложненный одной заметной флуктуацией) переход от относительно холодного послепозднедриасового к типично голоценовому тепловому режиму [13]. В белорусских изотопных кривых переход к голоценовым соотношениям  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  после позднего дриаса происходит резко. Более того, в разрезах Сергеевское и Оконо времени ~11500–11400 кал. л.н. соответствуют узкие положительные пики  $\delta^{18}\text{O}$  (рисунок, а). Их происхождение мы связываем с устранением вечномерзлого барьера на водосборах и резким падением уровней озер. Этой же причиной, по-видимому, обусловлены и квазисинхронные сдвиги  $\delta^{13}\text{C}$  в сторону более высоких значений, отмеченные на этом же хронологическом уровне и несколько позднее в разрезах Птичь, Оконо, Теклиц, Сергеевское,

Лозовики [7; 10]. Заметим, что, согласно пыльцевым и литологическим данным по 25 разрезам, приблизительно на границе позднего дриаса и пребореала произошло одно из двух наиболее значительных регионально выдержанных падений уровней белорусских озер [18].

На хронологическом уровне 11400–11000 кал. л.н. в изотопных профилях Сергеевское и Оконо отмечаются небольшие отрицательные пики  $\delta^{18}\text{O}$  (рисунок, а), которые можно гипотетически сопоставить с пребореальной осцилляцией (11400–11300 кал. л.н. в GISP 2).

Отрезки белорусских кривых, соответствующих времени ~11000–9500 кал. л.н., настолько различны, что их совмещение оказывается проблематичным. Поэтому в нашей корреляционной модели оставлена лагуна длительностью в полторы тысячи лет. Разнообразие изотопно-кислородных характеристик кальцитов этого возраста, возможно, связано с перестройкой гидросферы после деградации вечной мерзлоты.

Колебания величины  $\delta^{18}\text{O}$  на уровне ~9500–9100 кал. л.н. в разрезе Птичь (рисунок, б) синхронны т.н. «событию 9300 кал. л.н.» в GISP 2 (эпизод флуктуирующих значений  $\delta^{18}\text{O}$ , включающих узкий отрицательный пик). В таком случае верхняя граница пребореального периода, выделяемая в белорусских пыльцевых диаграммах по концу отчетливого максимума *Betula* и традиционно датируемая возрастом 10200 кал. л.н. [5], оказывается в профилях Птичь, Мощное, Оконо и Теклиц непосредственно над событием 9300 кал. л.н. на уровне примерно 9000 кал. л.н.

*Холодная и/или влажная фаза 9000–8600 кал. л.н.* Осадкам этого времени в разрезах Мощное, Теклиц и Оконо соответствует широкий отрицательный зубец  $\delta^{18}\text{O}$ , в профиле Сергеевское – относительно низкие величины, в кальцитах из наиболее проточной системы Птичи и в GISP 2 – тренд понижения величины (рисунок, б). К нижнему рубежу фазы приурочено начало или резкий подъем рациональной кривой *corylus*, а также увеличение содержания пыльцы широколиственных деревьев (переход к бореальному периоду по палинологическим критериям) [7–10]. В залежах озер Сергеевское и Оконо на уровне пика отрицательного зубца фиксируются литологические признаки высокого уровня воды (повышенная доля органического вещества). Обсуждаемый временной интервал соответствует второй половине одного из четырех голоценовых эпизодов высокого уровня воды в польском озере Гостенж (9450–8450 кал. л.н.) [16].

*Теплая и сухая фаза 8600–8300 кал. л.н.* На этом отрезке временной шкалы в пяти белорусских изотопных кривых выделяется положительный зубец  $\delta^{18}\text{O}$  с пиком примерно 8400 кал. л.н. (рисунок, б). Поскольку эта фаза хуже всего выражена в кальцитах проточной системы Птичи и не видна в GISP 2, можно предположить, что утяжеленный изотопный состав кислорода сформировался частично за счет пониженного количества атмосферных осадков. Эта фаза соответствует второму из двух наиболее значительных региональных эпизодов аридизации в голоцене (середина бореального периода), реконструированных по пыльцевым и литологическим [18], а также изотопно-углеродным [7] показателям. Палинологические материалы свидетельствуют о еще более значительной экспансии широколиственных пород с начала фазы. На характеризуемый отрезок времени (с центром около 8500 кал. л.н.) выпадает пик повышенных зимних температур в Леднице [16].

*Холодное событие 8200 кал. л.н. (8300–8100 кал. л.н.).* Признаки сильного кратковременного похолодания отчетливо регистрируются в белорусских изотопно-кислородных кривых в виде узких отрицательных пиков минимальных или почти минимальных для индивидуальных разрезов значений  $\delta^{18}\text{O}$  (рисунок, б). По-видимому, именно это примечательное событие отмечается Я.К. Еловичевой [2] в конце бореального периода (несколько ранее 8000 условных радиоуглеродных или 8890 календарных л.н.). В исследованных нами разрезах на уровне обсуждаемого отрицательного

изотопно-кислородного пика фиксируются «провалы» в содержании *Ulmus*, *Alnus*, *Corylus*, незначительные пики *Betula* и трав, иногда *Picea* [7–10]. Эти особенности части позднебореальных пыльцевых спектров можно рассматривать как индикаторы холодного события и, следовательно, хронологического репера 8200 кал. л. н. В разрезах Сергеевское, Мощное и Око на уровне изотопного события отмечены повышенные содержания органического вещества, что предполагает сравнительно большую эффективную влажность (не обязательно на фоне увеличенного количества атмосферных осадков). В разрезе Хольцмаар (Германия) в диапазоне времени 8250–7900 кал. л.н. встречены варвы повышенной мощности, что также интерпретируется как свидетельство сравнительно гумидного климата [16].

*Период максимальных температур 8100–4700 кал. л.н.* После завершения холодного события 8200 кал. л.н. происходит быстрый переход к климатическому оптимуму или атлантическому периоду, который в Беларуси был временем особенно благоприятных условий для произрастания *Q. mixtum* (вяза, липы, дуба) и ольхи и продолжался вплоть до заметной экспансии ели и резкого уменьшения роли вяза и липы в растительности [2; 5]. По традиционному мнению, это время сочетания наиболее высоких температур и максимального количества атмосферных осадков [2]. Проследим, подтверждают ли такую климатическую характеристику изотопные данные.

Доказательства существенно более высоких температур в атлантическом периоде по сравнению с предшествующими этапами голоцена имеются в кривой разреза Сергеевское, построенной с пятисантиметровым разрешением [10]: средняя величина  $\delta^{18}\text{O}$  кальцитов пребореального и бореального возраста составляет  $-10,2\text{‰}$  ( $n = 29$ ), а атлантического  $-8,3\text{‰}$  ( $n = 27$ ). Переход к постоптимальному похолоданию регистрируется в разрезе Нарочь, причем самый сильный контраст в содержании тяжелого изотопа между осадками термического максимума ( $\delta^{18}\text{O} = -4,6\text{‰}$  при  $n = 38$ ) и более поздней части голоцена ( $\delta^{18}\text{O} = -6,4\text{‰}$  при  $n = 35$ ) наблюдается в случае проведения рубежа на уровне 4700 кал. л.н. (рисунок, б).

Очертания кривых по разрезам Нарочь и GISP 2 имеют очевидное подобие (коэффициент корреляции  $r = +0,64$  при  $n = 80$ ). Однако в изотопно-кислородной кривой GISP 2 среднеголоценовый температурный максимум прослеживается нечетко. В то же время в кривой по ледяному керну гренландской скважины NorthGRIP он укладывается либо в диапазон от 8000 до 5000 кал. л.н., либо продолжается до 4000 кал. л.н. [19].

В пределах периода максимальных температур по материалам белорусских разрезов выделяется несколько более мелких климатических фаз.

*Теплая и сухая фаза 8100–6400 кал. л.н.* Внутри нее по данным нескольких кривых диагностируются температурные пики около 7900–7700 и 6900–6700 кал. л.н.

*Относительно холодная и влажная фаза 6400–5350 кал. л.н.* В разрезе Нарочь максимумы содержания пыльцы *Ulmus*, *Tilia* и *Corylus* регистрируются преимущественно в осадках именно этой фазы (~6100–5200 кал. л.н.) [11]. В ее составе выделяются два выразительных холодных и влажных события (отрицательные пики  $\delta^{18}\text{O}$ , отмеченные в осадках с обильным органическим веществом и содержащие пыльцевые свидетельства обводнения берегов). Первое событие датируется возрастом 6400–6200 кал. л.н. Возможно, это аналог холодного и влажного эпизода в разрезе Хольцмаар (6400–6000 кал. л.н.), стадии высокого уровня воды в озере Гостенж (6350–6300 кал. л.н.) и интервала повышенной влажности торфяника Болтон Фелл Мосс (около 6200 кал. л.н.) [16]. Второе событие (5550–5300 кал. л.н.) может быть сопоставлено с холодными и/или влажными эпизодами 5420 и 5250 кал. л.н. в Болтон Фелл Мосс [16].

*Теплая и сухая фаза 5300–4700 кал. л.н.* Около 5200 кал. л.н. в разрезе Нарочь регистрируется первое из двух заметных в пыльцевой диаграмме падений содержания пыльцы *Ulmus* и *Tilia*, что можно рассматривать как признак окончания «палинологич-

ческого» оптимума [11]. С этого уровня отмечается длительный, вплоть до кровли залежи (хотя и прерываемый некоторыми отклонениями) тренд понижения величины  $\delta^{18}\text{O}$  (рисунок, б). Приблизительно в это же время, около 5000 кал. л.н. фиксируется заметное похолодание в изотопном профиле по керну гренландского льда из скважины NorthGRIP [19], падение зимних температур в окрестностях польского озера Леднице [16] и понижение среднегодовой температуры в Эстонии [17]. Несмотря на начало тренда понижения  $\delta^{18}\text{O}$  в разрезе Нарочь с уровня 5200 кал. л.н. температуры еще в течение 500 лет оставались высокими.

Изотопные данные по кальциту возраста 8000 – ~4700 кал. л.н. Залежи Нарочи указывают на то, что термический максимум нельзя рассматривать как непрерывный этап обильных атмосферных осадков. Аномально высокие величины  $\delta^{18}\text{O}$  говорят о значительном испарении воды в озере Нарочь во временных интервалах 8000–6400 и 5300–4700 кал. л.н. Возможно, что повышенная влажность (традиционно считающаяся характерным атрибутом климатического оптимума в Беларуси) была присуща только его первым векам и в особенности относительно холодному эпизоду надрегионального ранга (6400–5350 кал. л.н.), наиболее благоприятному для распространения вяза, липы, орешника.

В ряде мест Европы также реконструируются сухие условия в период максимальных температур. Так, в Англии выявлен период повышенной сухости торфяников Болтон Фелл Мосс и Уолтон Фелл Мосс (с отдельными влажными эпизодами) с 7800 до 4400 кал. л.н. [16]. Есть сведения о том, что в Финляндии, Южной Швеции, странах Балтии в период максимальных температур (~8000–4000 кал. л.н.). Эффективная влажность климата и уровни озер были низкими [20].

*Кратковременный холодный влажный эпизод 4700–4250 кал. л.н.* На фоне тренда похолодания и увлажнения отрицательный пик  $\delta^{18}\text{O}$ , отмеченный в разрезе Нарочь на этом временном уровне (рисунок, б), может отражать те же климатические изменения, которые обусловили эпизод высокого стояния воды в озере Гостенж 4825–4775 кал. л.н. [16]. Приблизительно на хронологическом уровне середины фазы зафиксирован конец длительного периода сухих и теплых условий (с влажными эпизодами) в Болтон Фелл Мосс и Уолтон Мосс (4400 кал. л.н.), заметное падение зимних температур в Леднице (~4400 кал. л.н.) [16], завершение термического максимума в Эстонии (4500 кал. л.н.) [17].

*Длительный тренд похолодания и увлажнения 4250–2100 кал. л.н.* На уровне 4300–4200 кал. л.н. в разрезе Нарочь отмечено второе, а в разрезе сергеевское главное резкое падение содержания пыльцы вяза и липы [10; 11]. Таким образом, и этот рубеж можно рассматривать как конец «палинологического» оптимума голоцена. Допустимо, что в отдельных разрезах Беларуси палеоботанические признаки завершения климатического оптимума могут фиксироваться в диапазоне 5200–4300 кал. л.н.

В осадках Нарочи минимальные (в пределах описываемого тренда) значения  $\delta^{18}\text{O}$  (свидетельства холодных и/или влажных условий) отмечаются в его конце ~ 3200–2000 кал. л.н. (рисунок, б). Аналогичные климатические явления наблюдаются в разных частях Европы: эпизод высокой воды в озере Гостенж (3230–1950 кал. л.н.); холодные и/или влажные условия в Хольцмаар (2800–2500 кал. л.н.); суровые зимы в Леднице (~ 2600–2200 кал. л.н.) [16].

*Теплый и/или сухой эпизод 2100 – 1400 кал. л.н.* На этом интервале в разрезе Нарочь (так же, как и в GISP 2) локализован зубец повышенных значений  $\delta^{18}\text{O}$  (рисунок, б). Для этого же времени реконструируются относительно теплые зимы в окрестностях Леднице (2100–1400 кал. л.н.) [16] и повышенная среднегодовая температура в Эстонии

(2000–1800 кал. л.н. как особенно теплая часть относительно теплого интервала 2800–1200 кал. л.н.) [17].

*Кратковременный холодный и/или влажный интервал 1400–1000 кал. л.н. на фоне тренда похолодания.* Эпизод отражается в виде отрицательного пика  $\delta^{18}\text{O}$  в пределах тренда облегчения изотопного состава кислорода в кальцитах Нарочи (с 1700 кал. л.н.) и имеет аналог в кривой GISP 2 (рисунок, б). Когерентные климатические события регистрируются и в иных местностях Европы. В торфянике Болтон Фелл Мосс найдены свидетельства влажных эпизодов 1550–1450 и 1180–1100 кал. л.н., а признаки относительно холодных зим (1400–1000 кал. л.н.) установлены в Леднице [16].

*Продолжение тренда похолодания и увлажнения (1100 кал. л.н. – настоящее время).* После слабого повышения величины  $\delta^{18}\text{O}$  в кальцитах тысячелетнего возраста в разрезе Нарочь виден тренд облегчения изотопного состава, т.е. похолодания и/или увлажнения, которое особенно ускоряется, начиная с 500–400 кал. л.н. (рисунок, б). Сходные события отмечаются и за пределами Беларуси: начало тренда понижения среднегодовых температур в Эстонии со времени 1200–1100 кал. л.н. [17]; влажный эпизод в Болтон Фелл Мосс (480–400 кал. л.н.) [16].

*Опыт количественной оценки палеотемператур воздуха.* Наиболее реалистические абсолютные значения среднегодовых температур могут быть выведены на основании изотопно-кислородной характеристики кальцитов, осадившихся из воды, претерпевшей минимальное испарение. Косвенными индикаторами таких условий являются «разумный» диапазон варьирования и близость средних значений  $\delta^{18}\text{O}$  голоценовых кальцитов к величине  $-11,8\text{‰}$ , а также величина  $\delta^{13}\text{C}$ , отражающая равновесие с изотопным составом органического углерода (около  $-12\text{‰}$ ). Этим критериям лучше всего соответствуют кальциты из проточной системы Птичи. Используя предложенный нами ранее градиент  $0,66\text{‰}/^{\circ}\text{C}$  [7] и учитывая теоретически ожидаемое значение  $\delta^{18}\text{O}$  современного кальцита ( $-11,8\text{‰}$ ), можно заключить, что среднегодовая температура на пике холодного события 8200 кал. л.н. ( $\delta^{18}\text{O} = -13,5\text{‰}$ ) составляла  $\sim +2,6^{\circ}\text{C}$ , т.е. была на  $1,8^{\circ}\text{C}$  ниже современной.

Также допустимо, что в холодных условиях позднеледниковых стадиялов испарение воды было незначительным даже в малопроточных системах. Тогда в позднем дриасе, согласно данным по разрезу Оконо ( $\delta^{18}\text{O} = -15,7\text{‰}$ ),  $T_{\text{г}}$  опускалась до  $-0,5^{\circ}\text{C}$ , а по материалам исследования толщи из Сергеевского озера ( $\delta^{18}\text{O} = -14,0\text{‰}$ ), – до  $+2,1^{\circ}\text{C}$ .

Определенную количественную информацию можно получить и сравнивая средние значения  $\delta^{18}\text{O}$  для отдельных стратиграфических единиц из залежей слабопроточных озер. На основании такого подхода получается, что вблизи озера Нарочь в период температурного максимума  $T_{\text{г}}$  была на  $2,9^{\circ}\text{C}$  выше, чем в постоптимальное время, а в окрестностях озера Сергеевского в позднем дриасе  $T_{\text{г}}$  была на  $2,4^{\circ}\text{C}$  ниже, чем в раннем голоцене, и на  $5,3^{\circ}\text{C}$  ниже, чем в атлантическом периоде.

## Выводы

1. Вариации  $\delta^{18}\text{O}$  в кальците белорусских озерных отложений являются результатом комбинированного воздействия изменений температуры воздуха и эффективной влажности климата. Потепление и/или аридизация вызывают утяжеление, а похолодание и/или усиление гумидности – облегчение изотопного состава кислорода кальцита.

2. Белорусские кривые  $\delta^{18}\text{O}$  кальцита и точно датированная изотопно-кислородная (палеотемпературная) кривая, полученная по воде гренландского ледника (скважина GISP 2), имеют качественно подобные очертания и могут быть синхронизированы при допущении систематической удревненности изначальных (радиоуглеродных) хронологических моделей белорусских разрезов. Из этого следует, что, во-

первых, в Беларуси относительно теплым климатическим этапам позднеледниковья – голоцена была, как правило, свойственна пониженная эффективная влажность, а относительно холодным – повышенная; во-вторых, динамика климата Беларуси и более западных частей Европы характеризовалась существенной когерентностью и во многом была обусловлена изменчивостью структуры течений и особенностями термохалинной циркуляции в северной Атлантике.

3. Выделен и датирован ряд палеоклиматических событий, среди которых наиболее ярко выражены: среднедриасовое похолодание (~14200–13900 кал. л.н.); аллередское потепление (13900–12800/12700 кал. л.н.); позднедриасовое похолодание (12800/12700–11600/11500 кал. л.н.); холодная и/или влажная фаза 9000–8600 кал. л.н.; теплая и сухая фаза 8600–8300 кал. л.н.; наиболее холодный эпизод голоцена 8300–8100 кал. л.н.; преимущественно аридный период максимальных температур 8100–4700 кал. л.н., включающий относительно холодную и влажную фазу 6400–5350 кал. л.н.; длительный тренд похолодания и увлажнения 5200–2100 кал. л.н.; теплый и/или сухой эпизод 2100–1400 кал. л.н.; тренд похолодания и увлажнения с 1700 кал. л.н. по настоящее время.

4. Согласно приблизительным расчетам, в позднедриасовое время среднегодовые температуры опускались до  $-0,5 - +2,1^{\circ}\text{C}$ , на пике холодного события 8200 кал. л.н. – до  $+2,6^{\circ}\text{C}$ , а в оптимуме были на  $2,9^{\circ}\text{C}$  выше, чем в раннем голоцене и в постоптимальное время, и на  $5,3^{\circ}\text{C}$  выше, чем в позднем дриасе.

5. Позднедриасовые осадки (12800/12700–11600/11500 кал. л.н.) могут диагностироваться и датироваться в пыльцевых диаграммах по отчетливому зубцу *Picea*, *Betula nana* и, вероятно, водорослей *Pediastrum integrum*. Палинологическими признаками начала голоцена (11600–11500 кал. л.н.) помимо внезапного сокращения доли *Picea* являются резкое падение содержания пыльцы *Artemisia* и *Chenopodiaceae*, сильное увеличение роли *Betula* и *Polypodiaceae*. Пик холодного события 8200 кал. л.н. распознается по «провалам» *Ulmus*, *Corylus*, *Tilia*, малым «всплескам» трав, иногда *Picea*.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, проект X10MC-001.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Velichko, V.A. Climate and vegetation dynamics in the tundra and forest zone during the Late Glacial and Holocene / V.A. Velichko, A.A. Andreev, V.A. Klimanov // Quaternary International. – 1997. – V. 41/42. – P. 71–96.
2. Еловичева, Я.К. Палинология позднеледниковья и голоцена Белоруссии / Я.К. Еловичева. – Минск : Наука и техника, 1993. – 90 с.
3. Marshall, J.D. A high resolution Late-Glacial isotopic record from Hawes Water, Northwest England. Climatic oscillations: calibration and comparison of palaeotemperature proxies / J.D. Marshall [et al.] // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2002. – V.185. – P. 25 – 40.
4. Wiersma, A.P. Model–data comparison for the 8.2 ka BP event: confirmation of a forcing mechanism by catastrophic drainage of Laurentide Lakes / A.P. Wiersma, H. Renssen // Quaternary Science Reviews. – 2006. – V. 25. – Issue 1–2. – P. 63–88.
5. Зерницкая, В.П. Стратиграфическая схема позднеледниковых и голоценовых отложений Беларуси / В.П. Зерницкая [и др.] // Літасфера. – 2005. – Т. 22. – № 1. – С. 157–165.
6. Lowe, J.J. Inter-regional correlation of palaeoclimatic records for the Last Glacial-Interglacial Transition: a protocol for improved precision recommended by INTIMATE pro-

ject group / J.J. Lowe, W.Z. Hoek, INTIMATE group // *Quaternary Science Reviews*. – 2001. – V. 20. – P. 1175–1187.

7. Makhnach, N. Stable oxygen and carbon isotopes in Late Glacial-Holocene freshwater carbonates from Belarus and their palaeoclimatic implications / N. Makhnach [et al.] // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2004. – V. 209. – P. 73–101.

8. Makhnach, N. Holocene carbonates from palaeolake Moshchenoe (Minsk Upland, Belarus), palaeoenvironmental implications of stable oxygen and carbon isotope records / N. Makhnach [et al.] // XII Konferencja «Stratygrafia Plejstocenu Polski», Zwierzyniec, 31 sierp. – 3 wrzes. 2005. – Warszawa, 2005. – S. 56–58.

9. Махнач, Н.А. Аутигенные карбонатные минералы в четвертичных отложениях Беларуси / Н.А. Махнач. – Минск : Белорусская Наука, 2007. – 215 с.

10. Махнач, Н.А. Стабильные изотопы углерода и кислорода и спорово-пыльцевые спектры в позднеледниково-голоценовых карбонатных осадках озера Сергеевского, Беларусь / Н.А. Махнач, В.П. Зерницкая, И.Л. Колосов // *Літасфера*. – 2009. – Т. 30. – № 1. – С. 103–114.

11. Зерницкая, В.П. Стабильные изотопы углерода и кислорода и пыльцевые спектры в средне-верхнеголоценовых карбонатных осадках озера Нарочь / В.П. Зерницкая, Н.А. Махнач, И.Л. Колосов // *Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. Хімія. Біялогія*. – 2010. – Т. 2.

12. Bronk Ramsey, C. Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: The OxCal program / C. Bronk Ramsey // *Radiocarbon*. – 1995. – V. 37. – P. 425–430.

13. The Greenland Summit Ice Cores CD-ROM. Available from the National Snow and Ice Data Center, University of Colorado at Boulder, and the World Data Center A for Palaeoclimatology, National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado, 1997.

14. Fritz, P. Stable isotope, fossil Coleoptera and pollen stratigraphy in Late Quaternary sediments from Ontario and New York State / P. Fritz [et al.] // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 1987. – V. 58. – P. 183–202.

15. Boutton, T.W. Stable carbon isotope ratios of natural materials, II. Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environments / T.W. Boutton // Coleman, C., Fry, B. (eds.). *Carbon Isotope Techniques*. – New York : Academic Press, 1991. – P. 173–486.

16. Barber, K. Atlantic to Urals – the Holocene climatic records of mid-latitude Europe / K. Barber [et al.] // *Past Climate variability through Europe and Africa*. – Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2004. – P. 417–442.

17. Seppa, H. Holocene annual mean temperature changes in Estonia and their relationship to solar insolation and atmospheric circulation patterns / H. Seppa, A. Poska // *Quaternary Research*. – 2004. – V. 61. – P. 22–31.

18. Зерницкая, В.П. Колебания уровней озер и влажности климата в позднеледниковье и голоцене на территории Беларуси / В.П. Зерницкая, Б.П. Власов, Н.А. Махнач // *Палеоклиматы и эволюция палеогеографических обстановок в геологической истории Земли : тезисы докладов международного симпозиума*. – Петрозаводск, 1998. – С. 36–38.

19. Johnssen, S. Oxygen isotope and palaeotemperature records from six Greenland ice-core stations: Camp Century, DYE-3, GRIP, GISP 2, Renland and NorthGRIP / S. Johnssen [et al.] // *Journal of Quaternary Science*. – 2001. – V. 16. – P. 299–307.

20. Heikkilä, M. Postglacial climate changes and vegetation responses in northern Europe / M. Heikkilä. – Helsinki : Helsinki University Press, 2010. – 55 p.

***N.A. Makhnach, V.P. Zernitskaja. Climate Changes in the Late Glacial – Holocene in Belarus (Evidence from Isotope-Geochemical Data on Authigenic Lacustrine Calcites)***

As a result of isotope-geochemical, lithological and palynological investigation of carbonate lacustrine deposits we recognized and dated a number of climatic phases: the Older Dryas cooling (~14200-13900 cal. yrs BP); the Allerod warming (13900-12800/12700 cal. yrs BP); the Younger Dryas cooling (12800/12700-11600/11500 cal. yrs BP); a cold and/or wet phase (9000-8600 cal. yrs BP); a warm and dry phase (8600-8300 cal. yrs BP); the coldest episode of the Holocene (8300-8100 cal. yrs BP); the thermal maximum (8100-4700 cal. yrs BP), including a colder and wetter phase (6400-5350 cal. yrs BP); a long trend of cooling and wetting (5200 - 2100 cal. yrs BP); a warm and/or dry episode (2100 – 1400 cal. yrs BP); a trend of cooling and humidification from 1700 cal. yrs BP till now. It is argued that the dynamics of climate in Belarus and West Europe were significantly coherent. Evidence for that comes from a correlation of peaks, shifts and trends of Belarusian  $\delta^{18}\text{O}$  curves (calcite) with the oxygen isotope events seen in the GISP 2 ice-core record (the Greenland glacier). The supra-regional scale of some climatic phases detected in Belarus is confirmed by the comparison to palaeoclimate reconstructions carried out in England, Germany, Poland, and Estonia.



УДК 911:504

*Н.В. Михальчук, О.А. Галуц, И.В. Ковалев*

## **ПАРАМЕТРЫ ПАРЦИАЛЬНЫХ ФЛОР ГИДРОГЕННО-КАРБОНАТНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПОЛЕСЬЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО- МОДИФИЦИРОВАННЫХ УСЛОВИЯХ**

Дана характеристика парциальных флор гидрогенно-карбонатных ландшафтов Белорусского Полесья в естественных условиях и на трансформационном градиенте. Показано общее увеличение видового богатства мезофитохор в связи с усилением антропогенных воздействий на соответствующие местообитания.

В некоторых районах Белорусского Полесья (особенно в центральном и западном его секторах) генезис части почв обусловлен периодическим выпотным водным режимом в зонах разгрузки напорных вод, обогащённых гидрокарбонатом кальция, и накоплением в почвах карбонатных соединений. Подобный почвообразовательный процесс назван карбонатно-солончаковым. В результате образуются своеобразные ландшафты с кальцием в качестве типоморфного химического элемента – гидрогенно-карбонатные ландшафты (ГКЛ). Образую сопряжения с фациями низинных болот и занимая в «море подзолов и торфяно-болотных почв» Белорусского Полесья площадь до 450 тыс. га [1], они резко выделяются своим эдафическим потенциалом и определяют гетерогенность состава растительности и флоры.

В соответствии с проявлением ведущего фактора дифференциации среды, каким является карбонатонакопление, а также по морфоструктурным особенностям («рисунку») нами выделены три группы экотопов ГКЛ:

1. Депрессионно-островная (ДО). Она примерно соответствует болотно-карбонатно-солончаковому ландшафтно-мелиоративному комплексу В.Н. Киселёва и депрессионным аккумулятивно-пятнистым сочетаниям почв, выделенным Т.А. Романовой и др. Геоморфологический «портрет» – множество суходольных островов-включений площадью от 0,05 до 10,0 га, расположенных в пределах обширных болотных массивов. Последние представляют собою древнеозёрные котловины, неровности дна которых (особенно по периферии палеоводоемов) по мере аридизации климата и снижения обводненности территории постепенно приобретали черты островности. Следовательно, подобные образования в определённый момент их генезиса могли находиться в условиях выпотного водного режима, что и предопределило повсеместное проявление процессов кальцитогенеза в почвах (системы открытого типа). Отличается сложной комплексной растительностью: территориальные единицы растительного покрова (РП) сочетаются с участками гомогенной растительности.

2. Депрессионно-приводораздельная полуостровная (ДПвП). В геоморфологическом отношении это полуостровные лопастные (часто удлинённые) плоские гряды, выклинивающиеся от невысоких водоразделов в сторону низинных болот. Территориально сопряжена с системами открытого типа, располагаясь относительно их по уклону местности, что предопределяет однонаправленный приток гидрокарбонатно-кальциевых вод к локальным водоразделам и особенности карбонатопроявления (повсеместное – на узких, в поперечнике не более 40–50 м и ленточное – в периферических частях более широких гряд). Характерная геоботаническая особенность – сочетание участков гетерогенного РП (образован комплексами и рядами широколиственно-лесных и опушечно-луговых сообществ) с обширными контурами гомогенной расти-

тельности на водоразделах (как правило, различные типы сосновых и широколиственно-сосновых лесов на песчаных и реже на супесчаных субстратах).

3. Ложбинно-плакоровидная (ЛП) – это сочетания относительно широких (0,7 – 1,5 км) плоских гряд и узких (от 100 до 200 м) заболоченных ложбин между ними. Подобные комбинации занимают позиции надпойменных террас, низких водораздельных территорий. Зачастую ложбины лишены даже временных водотоков. Вместе с тем следы бывшего гидроморфизма фиксируются генерациями лугово-мергелистых отложений в периферических зонах гряд, обеспечивая прерывисто-поясное (в зависимости от крутизны склонов) расположение сложных по составу широколиственных сообществ. Последние постепенно сменяются гомогенным РП в виде дубово-грабовых и грабовых сообществ на супесчаных и суглинистых почвах центральных частей гряд.

### **Объект и методы исследования**

Объектом исследований являлись флористические комплексы гидрогенно-карбонатных ландшафтов центральной и западной частей Белорусского Полесья.

Полевые ландшафтно-флористические исследования выполнены нами в 2001–2009 гг. В исследовании использованы показатели видового разнообразия, которые были предложены в работах Р. Уиттекера [2; 3] и стали традиционными в экологии. Основная идея Р. Уиттекера состояла в том, что видовое разнообразие должно рассматриваться в разных пространственных масштабах. В этой связи в качестве базового нами выбран параметр альфа-разнообразия (число видов в том или ином типе фитоценоза или видовой богатство). Для его обозначения применяются разные термины: число видов в системе, число видов на участке [4]. В процессе изучения территориальных особенностей флор, их видового состава и структуры нами использовался метод парциальных флор (ПФ), активно развивавшийся Б.А. Юрцевым и др. [5–8]. Его суть заключается в том, что парциальные флоры рассматриваются в качестве естественных флор экологически (и флористически) своеобразных подразделений ландшафта. Исследование ПФ, выделенных на основе границ естественных ландшафтов, составляет, в свою очередь, суть ландшафтного подхода. Он позволяет провести корректный сравнительный анализ флоры трансформированных ландшафтов и их природных (слабоизмененных) аналогов.

Парциальные флоры как экологически своеобразные подразделения ландшафта имеют несколько уровней иерархии: ПФ макроэкоценозов, в целом соответствующие местностям в ландшафтоведении, мезоэкоценозов (урочищ), микроэкоценозов (фаций). Центральным (базовым) уровнем изучения флористических систем является, на наш взгляд, ПФ мезоэкоценоза. Выступая в качестве своеобразного эпицентра внутриландшафтной иерархии флор, она позволяет судить о структурных особенностях флоры надсистемы (местности) и подсистемы (фации). Кроме того, ПФ мезоэкоценоза по сути является экологически детерминированной, что позволяет проследить изменения ее основных характеристик в зависимости от действия ведущих экологических факторов (увлажнения, карбонатности, трофности субстрата) по градиенту их проявления. Немаловажным является и то, что в условиях антропогенной трансформации местообитаний роль внешних экологических факторов в функционировании соответствующих экосистем существенно возрастает, что отражается и в изменении видового состава ПФ.

Исследования проведены в подзоне грабовых дубрав южной части Брестского и Припятского Полесья на следующих ключевых участках: биосферный резерват «Прибужское Полесье» (ПФ Гр1, Гр2) Брестский район, биологические заказники «Хмелевка» (Хм1 – Хм5), «Луково» (Л1 – Л8, Лук-луг) Малоритский район, «Дивин – Великий Лес» (Лаз1, Лаз2, Вг, Дм, Мр, Ко), «Клища» (Би, Кл) Кобринский район, «Званец» (Зв), Дрогичинский район, «Изин» (Из1) Пинский район, «Спорово» (Сп1, Сп 2)

Березовский район, островные агроландшафтные местообитания ОАО «Днепробугское» (Орл, Мих, Орех, Ден, Уг, Мар, Эксп1, Эксп2) Кобринского района и «Туров» Петриковского района, а также перспективные для охраны объекты «Хотислав» (Хт1), «Высокое» (Вс) Малоритский район и «Сошно» (Сш) Пинский район. В качестве модельных выступали эдафические варианты сообществ грабовых дубрав.

Видовой состав устанавливался по определителям высших растений Беларуси [9] и Украины [10] и документировался гербарными сборами, хранящимися в гербарии ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси».

При отнесении видов к географическим элементам руководствовались системой Н.В. Козловской. Отношение видов к освещенности, влажности субстратов, реакции почв и богатству почв минеральным азотом определяли по экологическим шкалам Г. Элленберга. Степень антропогенной трансформации местообитаний выражали суммарным баллом проявления угроз ( $\Sigma_y$ ).

Принимая во внимание тот факт, что количество видов высших сосудистых растений (ВСП) в типичных сообществах широколиственных лесов зонального типа (эталон – дубрава зеленчуковая) не превышает 50, нами при построении предварительного варианта оценочной шкалы репрезентативности фитоценозов по критерию видового богатства (число видов в составе ПФ мезоэктопа) принята следующая градация уровней репрезентативности: низкая – менее 50 видов, средняя – 50–100, высокая – 101–150, очень высокая – более 150 видов.

Определение соэкологической репрезентативности фитоценозов проводили исходя из следующих значений критерия «число охраняемых видов»: низкая – менее 5 видов, средняя – 5–10, высокая – 11–15, очень высокая – более 15 видов.

Для целей анализа флоры использовалась разработанная нами информационная система «Флора» (ИС «Флора»), функционирующая на базе вычислительной системы ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси».

### Результаты и обсуждение

Выяснение экологических режимов трех типов местообитаний с использованием экологических шкал Г. Элленберга показало, что сообщества ДО-систем отражают более засушливые условия в сравнении с ДПВП и особенно ЛП ландшафтами (таблица 1).

Таблица 1 – Фитоиндикация экологических режимов в сообществах различных типов ГКЛ

Фактор	Средний балл шкалы Элленберга			ГКЛ в целом	
	Тип ГКЛ	ДО	ДПВП		ЛП
Континентальность (С)		4,28	4,18	4,20	4,26
Освещенность (L)		6,33	5,99	5,61	6,28
Влажность (F)		5,34	5,46	5,54	5,44
Плодородие почв(N)		4,65	4,79	4,79	4,76
Реакция почвы (R)		6,42	6,21	6,36	6,39
Температура (T)		5,60	5,51	5,43	5,62

Это связано с общей направленностью изменения основных водно-физических свойств почв островных, более открытых систем – их большей теплообеспеченностью, меньшей влажностью, увеличением суточной амплитуды температур, смещением показателя рН к щелочному диапазону (в почвах ДО-систем уровни карбонатакопления,

как правило, выше; кроме того, такие почвы в большинстве случаев пройдены огнем, что обычно увеличивает их щелочность [11]). В результате нарастает освещенность соответствующих экотопов, что стимулирует развитие светолюбивых видов и в итоге приводит к формированию сообществ с менее автономной фитосредой по сравнению с лесными экосистемами.

Для выявления основных особенностей флоры и ее трендов в связи с положением на трансформационном градиенте нами были проанализированы около 70 ПФ.

В результате выявлено 489 видов ВСР, которые представляют 286 родов и 79 семейств. Подобный уровень видового богатства можно считать достаточно высоким: он составляет 29,1% – соответствующей флоры Республики Беларусь (2000 видов) [10] и 39,1% флоры Белорусского Полесья (1251 вид) [12]. Максимальное флористическое богатство характерно для ДО-систем: – в некоторых мезофитохорах оно может превышать 200 видов. При этом очень высокий уровень репрезентативности характерен для ПФ «Зв», «Уг», «Мар», «Ко», «Вг», что связано с большей дифференцированностью экотопов по комплексу факторов среды (в первую очередь карбонатности субстратов) и более высоким уровнем трансформированности местообитаний.

Общими для изученных ПФ ДО- и ДПВП-систем оказались 242 вида, или 50,7% от совокупного числа видов в данных группах ГКЛ (477); для ДО- и ЛП-систем – соответственно 107 видов, или 25,7% от общего числа видов в данных группах ГКЛ (417); для ДПВП- и ЛП-систем – соответственно 115 видов, или 33,2% от общего числа видов в данных группах ГКЛ (346). Общими для ГКЛ в целом (ДО, ДПВП, ЛП) является 101 вид ВСР (20,7%). Таким образом, далеко отстоят в флористическом (и экологическом!) отношении ДО- и ЛП-системы.

Характерно, что в ДО-местообитаниях сосредоточено 80,6% флоры ВСР ГКЛ, 31,5% соответствующей флоры Белорусского Полесья и 19,7% флоры Республики Беларусь. В ДПВП-местообитаниях представлено 66,5% флоры ВСР ГКЛ, 26,0% соответствующей флоры Белорусского Полесья и 16,3% флоры Республики Беларусь. В ЛП-местообитаниях насчитывается 26,4% флоры ВСР ГКЛ, 10,3% соответствующей флоры Белорусского Полесья и 6,5% флоры Республики Беларусь.

К показателям систематического разнообразия относятся пропорции флоры – среднее число видов и родов в расчете на одно семейство, а также отношение числа видов к числу родов. Характерно, что данные показатели оказались максимальными в ПФ ДО-ландшафтов, расположенных в островных агроландшафтных местообитаниях, площадь которых, как правило, превышает 2,0 га (Зв, Ден, Уг, Би, Мих, Мар), а также в ДПВП-системах, тяготеющих к техногенно-модифицированным ландшафтам (Вс, Л4, Лук-луг).

Весьма информативным параметром при анализе структуры флоры является порядок расположения семейств по убыванию их видового богатства. Первые три места в ПФ ДО-ландшафтов занимают *Asteraceae*, *Poaceae*, *Rosaceae*. Преобладание видов этих 3 семейств и порядок расположения 11 ведущих семейств характерны для ДО- и ДПВП-флор. Для ЛП-систем тремя основными семействами являются *Poaceae*, *Rosaceae*, *Labiatae*. Большее участие во флорах ГКЛ (в сравнении с флорами Белорусского Полесья и Беларуси) принимают также семейства *Labiatae*, *Fabaceae*, *Scrophulariaceae*.

Большая часть семейств (52,6%) включает по одному–два вида, что явно свидетельствует о миграционном характере флоры данных ландшафтов. При этом однодвухвидовых семейств существенно больше в ДО ландшафтах (52,7%), что отражает повышенную динамичность соответствующих флор в связи с миграционным аспектом.

Отличительной особенностью исследуемой территории с ботанико-географической точки зрения является ее положение в переходной полосе от бореального пояса к поясу суббореальному (лесостепному и степному).

Анализ географических структур ПФ всех трех характеризуемых типов ГКЛ выявил следующие особенности:

1. В составе ПФ ДО-комплексов по сравнению с ДПВП и особенно ЛП-системами существенно увеличивается количество видов, имеющих преимущественно лесостепное происхождение. Так, если в ПФ ЛП-местообитаний такие, прежде всего, сарматские виды не отмечены, то в ДО-ландшафтах их число достигает 33; количество понтическо-сарматских видов увеличивается в 2 раза, бореально-сарматских – в 1,8 раза.

2. В структуре ПФ всех типов ГКЛ среди широтных групп наиболее представлены виды с обширными ареалами – плюризональные – с удельным весом в структуре соответствующих флор от 46,3% до 48,1%; участие видов бореальной группы в ДО-ландшафтах заметно ниже, чем в двух остальных: 25,8% против 29,1% в ЛП-экотопах.

3. В системе долготных групп также преобладают виды с широкими ареалами, охватывающими лесную зону Евразии. Голарктический тип ареала характерен для 13,4–17,5% видов, евросибирский – 22,0–27,3% видов ПФ ГКЛ. Вместе с тем отмечаются и некоторые особенности. Так, удельный вес панъевропейской группы видов в ЛП-системах достигает 21%, в то время как в ДО не превышает 15%. Напротив, доля евроазиатских видов оказалась минимальной в ЛП-комплексах (11,6%), тогда как в ДО-системах их участие превысило 15%.

В целом специфика географической структуры ПФ изучаемых ландшафтов определяется особенностями соотношения растений бореальной и понтическо-сарматской (южной) групп и видов с европейскими и сибирскими ареалами, что обусловлено пограничным положением района исследований и явлением кальциефилии, расширяющей ареалы многих южных видов в направлении лесной зоны.

При выяснении особенностей динамики флоры на трансформационных градиентах анализировались ПФ, объединенные в группы в соответствии с изменением суммарного балла проявления угроз ( $\sum_y$ ) в пределах соответствующих местообитаний. Как правило, в состав каждой группы входило 5–6 ПФ. Анализ проводился как в отношении флоры ГКЛ в целом, так и в пределах каждого из 3-х типов данных ландшафтов.

Установлено, что видовое богатство конкретных ПФ ГКЛ, как правило, увеличивается по мере нарастания техногенных нагрузок на экосистемы (рисунок 1). Данный показатель в объединенных флорах при  $\sum_y \geq 25$  оказался выше более чем в 3,1 раза по сравнению с сообществами природных аналогов ( $\sum_y \leq 10$ ) – 323 вида, против 103-х (таблица 2).

Таблица 2 – Параметры ПФ ГКЛ в ряду трансформации местообитаний

Показатели	Суммарный балл проявления угроз, $\sum_y$				
	$\leq 10$	11–15	16–20	21–25	$\geq 25$
Виды	103	154	217	273	323
Роды	86	122	145	191	209
Семейства	46	52	50	58	64
Порядки	42	41	42	46	46
Классы	5	5	6	7	6
Ср. число видов в семействе	2,2	3,0	4,3	4,7	5,1
Ср. число видов в роде	1,2	1,3	1,5	1,4	1,6
Доля видов в 10 ведущих семействах, %	52,5	54,2	56,9	58,5	58,8
Одновидовых семейств, %	57,8	45,1	34,0	39,7	41,5



Аналогичная тенденция обнаруживается в количестве родов и семейств; менее выражена она в таксонах более высокого уровня – порядках и классах. Очень существенно (в 2,3 раза) в ряду трансформации местообитаний увеличивается среднее число видов в семействе; имеется также явная тенденция возрастания доли видов в 10-ти ведущих семействах: с 52,5% при  $\sum_y \leq 10$  до 59,0% при  $\sum_y \geq 25$ .

Как отмечалось, различные типы ГКЛ существенно отличаются по богатству своих ПФ, однако еще более существенны эти различия на трансформационных градиентах. Особенно отчетливы они в границах ДО и ДПВП-систем: число видов увеличивается на 112,0–152,0%, тогда как в ЛП-местообитаниях лишь на 18,3% (таблица 3). Аналогичная ситуация наблюдается и в отношении числа родов: соответственно 75,0–100,0% против 12,5%. Прослеживается увеличение роли ведущей десятки семейств по мере усиления антропогенных нагрузок на экосистемы во всех анализируемых случаях, за исключением ЛП-систем.

Пропорции флоры в ряду трансформации местообитаний также существенно меняются как для ГКЛ в целом, так и в отдельных типах данных ландшафтов. Наиболее выраженным является увеличение среднего числа видов в семействе. Так, в первом случае данный показатель увеличивается от 2,24 (слабо измененные сообщества) до 5,05 (максимальное проявление угроз,  $\sum_y \geq 25$ ). При сравнении трех типов ГКЛ обнаруживается, что среднее число видов в семействе и увеличение данного показателя по мере усиления антропогенного воздействия на экосистемы является максимальным в ДО-ландшафтах, изменяясь от 2,56 (при  $\sum_y \leq 15$ ) до 4,62 (при  $\sum_y \geq 25$ ). Минимальные значения характерны для ЛП-систем: 1,71–1,92.

Таблица 3 – Количественные показатели ПФ различных типов ГКЛ в ряду трансформации местообитаний

Показатели		А			Б			В	
		Суммарный балл проявления угроз, $\sum_y$						$\leq 10$	$\geq 11$
		$\leq 15$	16–24	$\geq 25$	$\leq 10$	11–18	$\geq 19$		
Число	видов	133	253	282	98	174	247	60	71
	родов	108	181	189	84	127	168	56	63
	семейств	52	58	61	40	47	52	35	37
	порядков	41	46	44	37	39	42	32	35
	классов	5	7	6	5	5	5	3	4
Ср. число видов в семействе		2,6	4,4	4,6	2,5	3,7	4,8	1,7	1,9
Ср. число видов в роде		1,2	1,4	1,5	1,2	1,4	1,5	1,1	1,1
Доля видов в 10 ведущих семействах, %		63,9	65,2	67,0	63,9	66,1	68,4	63,3	60,1
Одновидовых семейств, %		63,9	65,2	67,0	63,9	66,1	68,4	63,3	60,6

Примечание – Типы ГКЛ: А – депрессионно-островные, Б – депрессионно-полуостровные приводораздельные, В – ложбинно-плакоровидные

Выявлена тенденция увеличения абсолютного количества видов из охранных категорий Красной книги Республики Беларусь, хотя их удельный вес в составе ПФ при  $\sum_y > 20$  начинает снижаться.

Наиболее выраженным является тренд, связанный с процессами синантропизации ПФ ГКЛ. Так, если в природных сообществах участие данной группы является незначительным (менее 3%), то в сильно трансформированных аналогах оно увеличивается почти до 10%.

Таблица 4 – Созологический и синантропный компоненты ПФ ГКЛ в ряду трансформации местообитаний

$\Sigma_y$	Количество		Созологический компонент				Синантропный компонент	
	видов	семейств	Кр. к. РБ (2005 г.)		Проф. охрана		компонент	
			шт.	%	шт.	%	шт.	%
≤ 10	102	45	6	5,88	6	11,76	3	2,94
11–15	156	52	5	3,21	7	7,69	2	1,28
16–20	218	48	11	5,05	12	10,55	4	1,83
21–25	277	56	8	2,89	15	8,30	15	5,42
> 25	328	66	13	3,96	16	8,84	32	9,76

В ряду трансформации ГКЛ от природных к техногенно-модифицированным аналогам отмечено существенное увеличение уровня видового разнообразия в целом ряде семейств (рисунок 2). Особенно значительным оно оказалось в семействах *Asteraceae* и *Salicaceae*: увеличение, соответственно, с 3-х до 42-х видов (в 14 раз) и с 1-го до 11-ти видов.

Роль представителей семейства *Brassicaceae* также довольно резко увеличивается, что в целом отражает возрастание уровня синантропизации РП по мере усиления трансформационных явлений. Особенно наглядно это видно на примере ДО-сообществ, в спектрах ПФ которых положение указанного семейства при  $\Sigma_y 25 \geq$  оказалось самым высоким. Разнообразие *Brassicaceae* увеличивается здесь за счет сорных видов.

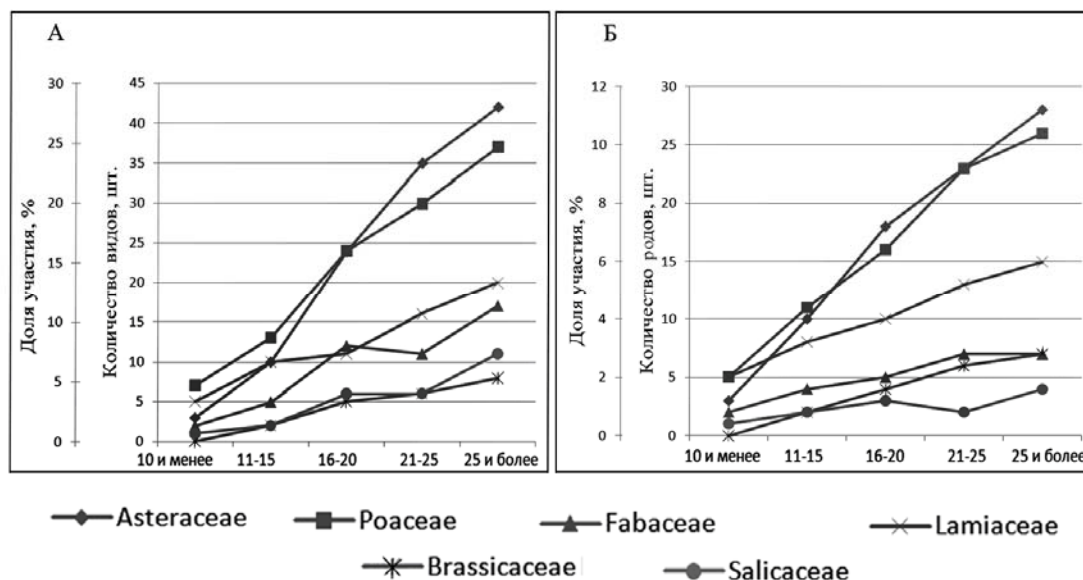


Рисунок 2 – Доля участия (%) и количество видов (А) и родов (Б) в ведущих семействах ПФ ГКЛ на трансформационном градиенте

В то же время в слабо трансформированных местообитаниях представители данного семейства полностью отсутствуют.



В связи с трансформационными градиентами увеличивается в 5–10 раз представительство таких семейств, как *Polygonaceae*, *Fabaceae*, *Poaceae*; в 4–5 раз – *Umbelliferae*, *Cyperaceae*, *Campanulaceae*, *Boraginaceae*, *Lamiaceae*.

Географический анализ флоры показал, что тенденция к увеличению видового богатства объединенных ПФ ГКЛ на градиенте трансформации местообитаний объяснима более значительным распространением видов с широкой экологической амплитудой. Среди широтных элементов (это прежде всего плюризональные виды) увеличение в ряду трансформации в 4,1 раза, среди долготных (евросибирские и евразийские) соответственно в 3,0 и 4,2 раза.

### Выводы

1. Изменение растительности и видового состава ПФ ГКЛ обусловлено не столько естественными причинами, сколько воздействием на местообитания антропогенных факторов. В частности, возникновение ряда остепненно-луговых и опушечно-луговых сообществ с соответствующими наборами видов произошло вследствие постмелиоративной депрессии древесной растительности, а также под воздействием пирогенного фактора.

2. Разнообразные и продолжительные по времени воздействия человека на лесную растительность ГКЛ предопределили ее специфическое изменение, а именно: образование редкостойных лесов с сильно развитой кустарниковой растительностью (прежде всего с участием *Swida sanguinea* (L.) Opiz, *Corylus avellana* L., *Rhamnus cathartica* L.), а также остепненных опушечных сообществ. В результате сообщества антропогенно-модифицированных ГКЛ лесной зоны отражают более засушливые условия в сравнении с характерными для данной территории. Остепненно-луговые и опушечно-луговые сообщества в контурах ГКЛ формируются в карбонатных фациях чаще всего под воздействием пирогенного фактора, когда в условиях максимального освещения, стимулирующего развитие травянистого покрова, и избыточной карбонатности субстратов затруднено возобновление древесной растительности.

3. Усиление антропогенных воздействий на экосистемы ГКЛ сопровождается значительным увеличением видового богатства соответствующих фитоценозов: в зависимости от типа ГКЛ прирост может достигать 150%; удельный вес синантропной фракции в составе ПФ приближается к 10,0%, увеличиваясь в 3,3 раза по сравнению с ПФ природных аналогов; характерным является увеличение как абсолютного числа, так и удельного веса охраняемых видов при умеренном нарастании антропогенных нагрузок на местообитания (при  $\sum_y < 20$ ).

4. Гидрогенно-карбонатные ландшафты в условиях Белорусского Полесья выступают в качестве активного миграционного плацдарма для проникновения в лесную зону степных и лесостепных элементов флоры.

5. В составе флоры конкретных урочищ ГКЛ, имеющих явные признаки остепнения, обнаруживаются некоторые общие закономерности:

а) как правило, общее видовое богатство таких урочищ довольно велико и в большинстве случаев превышает 70–80 видов ВСР. В отдельных случаях (урочища «Высокое», «Званец», «Уголаз») этот показатель приближается к 200-м видам или превышает его;

б) не всегда общность ПФ в пределах конкретного типа ГКЛ является максимальной; не обязательно ПФ со сходным уровнем трансформированности местообитаний обладают наибольшей общностью. Следовательно, конкретный набор видов в остепненных урочищах ГКЛ до некоторой степени определяется стохастически. Чем меньше по площади урочище, тем более непредсказуемо наличие или отсутствие здесь многих видов;

в) отдельные степные виды характеризуются высоким обилием и хорошим состоянием популяций. Таковы, например, *Helianthemum nummularium* (L.) Mill. в урочищах «Орлово» и «Морозово», *Gentiana cruciata* L. в урочищах «Михник» и «Морозово». При этом последний вид поселяется в местах нарушения растительного покрова (на проходах техники вне дорог, тропинках) и демонстрирует отчетливую экспансию в другие, прежде всего техногенно-нарушенные местообитания. Характерно, что южнее (юг Малоритского и Брестского районов) эти виды не столь обильны, а в большинстве обследованных урочищ не отмечаются вовсе;

г) именно в местообитаниях с максимальной карбонатностью субстратов отмечаются степные и лесостепные виды в наибольшем количестве и с наиболее значительным отрывом от основного ареала. Следовательно, чем резче черты экстразональности того или иного местообитания, тем выше вероятность проникновения и наличия в его пределах степняков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мееровский, А.С. Дерновые заболоченные почвы Белорусского Полесья / А.С. Мееровский, Г.С. Король // Проблемы Полесья. – Мн. : Наука и техника, 1990. – Вып. 13. – С. 123–128.
2. Whittaker, R.H. Dominance and diversity in land plant communities / R.H. Whittaker. – Taxon. 1965 – Vol. 21. – № 2–3. – P. 213–251.
3. Уиттекер, Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – М., 1980. – 326 с.
4. Мэгарран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэгарран. – М., 1992. – 182 с.
5. Юрцев, Б.А. Изучение конкретных и парциальных флор с помощью математических методов / Б.А. Юрцев, Б.М. Сёмкин // Бот. журн. – 1980. – Т. 65. – № 12. – С. 1704–1718.
6. Юрцев, Б.А. Флора как природная система / Б.А. Юрцев // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 1982. – Т. 87. – Вып. 4. – С. 3–22.
7. Юрцев, Б.А. Сравнительная флористика в России: вклад школы А.И. Толмачёва / Б.А. Юрцев // Ботан. журн. – 2004. – Т. 89. – № 3. – С. 385–399.
8. Юрцев, Б.А. Основные понятия и термины флористики / Б.А. Юрцев, Р.В. Камелин. – Пермь, 1991. – 80 с.
9. Определитель высших растений Беларуси / Под ред. В.И. Парфенова – Мн. : Изд-во «Дизайн ПРО», 1999. – 472 с.
10. Доброчаев, Д.Н. Определитель высших растений Украины / Д.Н. Доброчаев [и др.] – Киев : Наук. думка, 1999. – 548 с.
11. Цибарт, А.С. Направленность изменения лесных почв Приамурья под воздействием пирогенного фактора / А.С. Цибарт, А.Н. Геннадиев // Вестн. Моск. Ун-та. – Сер. 5. География. – 2009. – №3. – С. 66.
12. Парфенов, В.И. Флора Белорусского Полесья / В.И. Парфенов. – Мн. : Наука и техника, 1983 – С. 19–21.

#### *N.V. Mikhalchuk, O.A. Galuc, I.V. Kovaliov. Parameters of Partial Flora of Hydro-Carbonate Landscapes of Polesye in Natural and Anthropogenic-Modifications Conditions*

The characteristic of partial flora hydro-carbonate landscapes of Belarus Polesye is given both in natural conditions and on transfer gradient. The general increase of species variety of mesophyte chorus is shown in connection with the strengthening of anthropological influence on corresponding habitats.

УДК 504.062; 379.8.091.8

*Д.В. Никитюк*

## ЛАНДШАФТНО-ТУРИСТСКАЯ ДИАГНОСТИКА ТЕРРИТОРИИ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлена методика реализации научно-практического потенциала ландшафтных исследований в системе организации туристской деятельности на территории Брестской области. Для получения данных о туристской ландшафтной специализации Брестской области использованы теоретические и методические основы учения о ландшафте.

### **Введение**

Туристские региональные исследования природных условий и ресурсов включают в себе изучение свойств, характеристик, состава и структуры отдельных природных комплексов, а также закономерностей формирования системы пространственного взаимодействия, координации и сосуществования между природными комплексами. Для выяснения принципов регионального природопользования необходима опора на территориальную основу, в качестве которой может выступать ландшафтная карта. Именно с рассмотрения ландшафтной структуры региона как каркаса необходимо строить хозяйственную и социальную деятельность населения. В связи с этим целесообразно начинать исследования природных туристских условий и ресурсов с изучения ландшафтов. Использование теоретических и методических основ учения о ландшафте определяет дальнейшее направление ландшафтных исследований в туризме, предполагающее интегрирование туристских исследований в сферу естественнонаучного изучения территории Брестской области.

### **Материалы и методика исследования**

В основе каждого ландшафтного исследования лежит использование той или иной системы таксономических единиц, полученной путем деления географической оболочки на относительно однородные участки, называемые природными территориальными комплексами (ПТК). Организация региональных ландшафтных исследований природных туристских условий и ресурсов предполагает использование в качестве основы типологический подход. Согласно типологической трактовке (Л.С. Берг, Н.А. Гвоздецкий, В.А. Дементьев), ландшафт – это тип или вид природного территориального комплекса. Типологический подход необходим при средне- и мелкомасштабном картографировании ПТК значительных по площади регионов [1, с. 63]. Картографическая размерность типологического подхода делает возможной использовать её в качестве основы для ландшафтно-туристского изучения Брестской области. Региональному уровню соответствуют исследование типологических единиц ландшафта, которые представлены классом, типом, родом и видом ландшафтов. Сущность типологического подхода заключается в систематизации, обобщении материала о строении ландшафтов, выявлении соподчинения ПТК и изучении горизонтальных связей между ними. Высшей классификационной единицей типологического подхода принят класс ландшафтов, который выделяется по крупным морфоструктурным особенностям территории и спектру ландшафтных зон. В этих признаках обнаруживается стремление совместить зональный и а зональный подходы и тем самым придать наиболее обобщенный характер высшей единице классификации. Вследствие того, что территория Беларуси расположена в пределах Восточно-Европейской платформы с равнинным рельефом, ее ландшафты отнесены к классу равнинных. При выделении типов и подтипов

ландшафтов использован принцип зональности. Положение Беларуси в границах одной ландшафтной зоны с умеренно-континентальным климатом, западным переносом воздушных масс, господством лесной растительности предопределило отнесение ее ландшафтов к типу умеренно-континентальных лесных. Однако на территории Брестской области обнаружены некоторые климатические отличия в растительном покрове между северными и южными районами. На основании этого выделены два подтипа ландшафтов: подтаёжного (смешано-лесного) и полесского (широколиственно-лесного) [2, с. 86]. Внутри типа и подтипа ландшафтов широко распространены проявления азональности, они положены в основу обособления двух основных (род и вид) и двух промежуточных (группы родов и подродов) единиц классификации [1, с. 48]. Именно проявления азональности являются основой проведения ландшафтно-туристских исследований территории Брестской области.

Ландшафтно-туристская диагностика заключается в определении профиля (специализации) туристских типов ландшафтов. Туристские типы ландшафтов являются результатом сопоставления данных ландшафтно-туристского анализа с перечнем наиболее актуальных видов и направлений туристской деятельности, которые возможно реализовать при существующих погодных условиях. В структуру определения туристских типов ландшафтов включен следующий спектр исследований:

1. Ландшафтно-туристский анализ указывает на степень благоприятности ландшафтных условий для пребывания населения с целью отдыха. Основой ландшафтно-туристского анализа является использование легко дешифрируемых отдельных природных компонентов или их совокупности – внешнего облика ПТК, пейзажного ландшафта. В качестве ландшафтных индикаторов необходимо использовать рельеф, растительность, почвенный покров. При этом приоритет в ландшафтных исследованиях должен быть отдан ландшафтно-экологическому направлению, а также определению специфических свойств компонентов и элементов природы для лечения и оздоровления туристов. Кроме того ландшафтно-туристский анализ предполагает проведение инвентаризации, картографирования и установления закономерностей пространственного распространения ландшафтов с использованием методик, разработанных и апробированных в учении о ландшафте. Все это делает рекомендуемую методику преимущественно камеральной. Результаты проведения ландшафтно-туристского анализа на уровне родов ландшафтов Брестской области представлены в таблице 2.

2. Оценка погодных условий предоставляет информацию о комфортности отдельных месяцев и времен года. Первостепенное значение при определении степени благоприятности погодных условий для развития туризма необходимо учитывать уровень физиологической комфортности пребывания посетителей данной местности. На основании методики определения степени благоприятности территории для развития туризма, разработанной Е.М. Ратнером [3], возможно сделать вывод о существовании единственного благоприятного туристского сезона для территории Брестской области, который длится с июня по август. Данный сезон наиболее целесообразно использовать для развития рекреационно-оздоровительных и экскурсионных направлений развития туризма. Развитие туризма вне летнего сезона сопряжено с невысокими показателями посещения, однако это не исключает возможность появления туристского спроса.

3. Определение актуальности включает в себе целесообразность исследования территории для развития определенного набора направлений и видов туризма. Значение изучения степени актуальности обусловлено тем, что все направления и виды туризма испытывают внешнее влияние социальных и экономических факторов, таких как мода, цена на туристские продукты субституты и прочее. Степень актуальности в конечном итоге определяет востребованность туристского продукта.

Данная методическая схема исследования предполагает выделение профиля функционирования туристских типов ландшафтов как внутриврегионального исследования природных туристских условий и ресурсов в сочетании с международными тенденциями развития туризма.

Наиболее репрезентативным способом определения роли и места ландшафтно-туристской диагностики в структуре ландшафтных исследований является сопоставление её с экологической диагностикой ландшафтов, которая представлена в работах Г.И. Марцинкевич [1]. Сущность экодиагностики заключается в определении специализации ландшафтов для реализации программ развития различных сфер и отраслей экономики региона. В связи с этим экодиагностика представляет собой многоцелевой процесс, проведение которого необходимо при реализации комплексного освоения территории отраслями производственной и непроизводственной сфер. Согласно полученным данным в результате экодиагностики, возможно выделить рекреационные ландшафты наряду с промышленными, сельскохозяйственными и урбанизированными. Туристская диагностика ландшафтов отличается оценкой туристской специализации и специфики компонентной структуры ландшафтов. На территории Брестской области наиболее целесообразно и обоснованно является выделение туристских типов ландшафтов, представленных в таблицах 1 и 2, а также на рисунке «Туристские типы ландшафтов Брестской области».

Определенный интерес представляет положение особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в методической схеме ландшафтной диагностики территории Брестской области. Определение ландшафтного профиля функционирования ООПТ при ландшафтно-туристской диагностике не производится по причине того, что специализация априори задана при установлении охраняемого режима. Следовательно, с определенной долей условности можно определить ООПТ как природоохранный туристский тип ландшафта, специализация которого не зависит от входящих в их состав и прилегающих ландшафтов. Также ООПТ отличается целостностью по восприятию со стороны посетителей.

Однако необходимо отметить, что ООПТ не являются однородными по своему внутреннему ландшафтному составу. В структуре ООПТ могут присутствовать различные роды, подроды и виды ландшафтов. Функциональный профиль выделенных туристских типов ландшафтов (таблица 1) не может распространяться на заповедные комплексы, так как ООПТ представляют собой объекты, создание которых может не предусматривать туристскую деятельность. Наиболее простым решением данной проблемы является отделение методики исследования ООПТ от общей схемы исследования ландшафтных условий. В связи с этим первым этапом при туристском освоении ООПТ является анализ ландшафтной карты. Далее, при возникновении туристского спроса, со стороны организаторов требуется подробный анализ привлекательности ландшафтов. В качестве результата анализа ландшафтной привлекательности строится карта туристской бонитировки ландшафтов (привлекательности ландшафтов). Данная карта относится к разряду оценочных карт. В отношении ООПТ не стоит придерживаться классического принципа освоения ПТК: наиболее привлекательные комплексы осваиваются в первую очередь. Стоит проводить туристско-экологическую оценку территории, при которой оценивается устойчивость ландшафтов к антропогенным нагрузкам, для последующего использования территории пограничных ландшафтов с различной степенью привлекательности. Выполнение данного условия способствует увеличению комплексности освоения ПТК и увеличению разнообразия видов туристской деятельности. На основании данных принципов осуществляется построение карты туристских ресурсов, территорий наиболее благоприятных для освоения. Стоит отметить, что при исследовании

национальных парков данная методическая схема может использоваться при определении зон туристского посещения.

Таблица 1 – Туристские типы ландшафтов

	Универсальные U	Специализированные Sp	Специфические Sf
Характеристика природно-туристских ландшафтов	1) Ландшафтные условия наиболее благоприятны для развития большинства видов массового туризма при условии создания соответствующих объектов индустрии туризма; 2) ландшафт чаще всего относится к категории пейзажных, вмещающих; 3) необходимо производить оценку эстетических и экологических свойств ландшафта ( $U_1, U_2, \dots, U_n$ )	1) Природные компоненты и элементы ландшафта ограничивают набор направлений туризма; 2) природному ландшафту характерно наличие «опорных точек», которые определяют туристскую специализацию ландшафта	Природные компоненты и элементы ландшафта препятствуют развитию большинства массовых направлений туризма
Характеристика направлений туризма	1) Капиталоемкие направления туризма; 2) массовые, достаточно распространенные направления туризма; 3) туры, сочетающие признаки различных направлений туризма; 4) направления туризма, обусловленные биологическими потребностями человека (полноценный сон и отдых, комфорт, безопасность)	1) Направления туризма, требующие определенной физической подготовки; 2) направления туризма, обусловленные вторичными потребностями человека (самовыражение, потребность в принадлежности кому- или чему-либо)	1) Направления туризма, требующие от посетителя овладения определенной информацией о территории; 2) достаточно редкие направления туризма
Вероятные направления развития туризма	Санаторно-оздоровительный, развлекательный, деловой, экскурсионный и прочие направления туризма	Спортивный туризм (водный, пеший и др.), утилитарные виды туризма (рыбная ловля, охота, сбор грибов и ягод), экотуризм (рекреационный, экскурсионный)	Экотуризм (научно-, учебно-экскурсионный), экстремальный



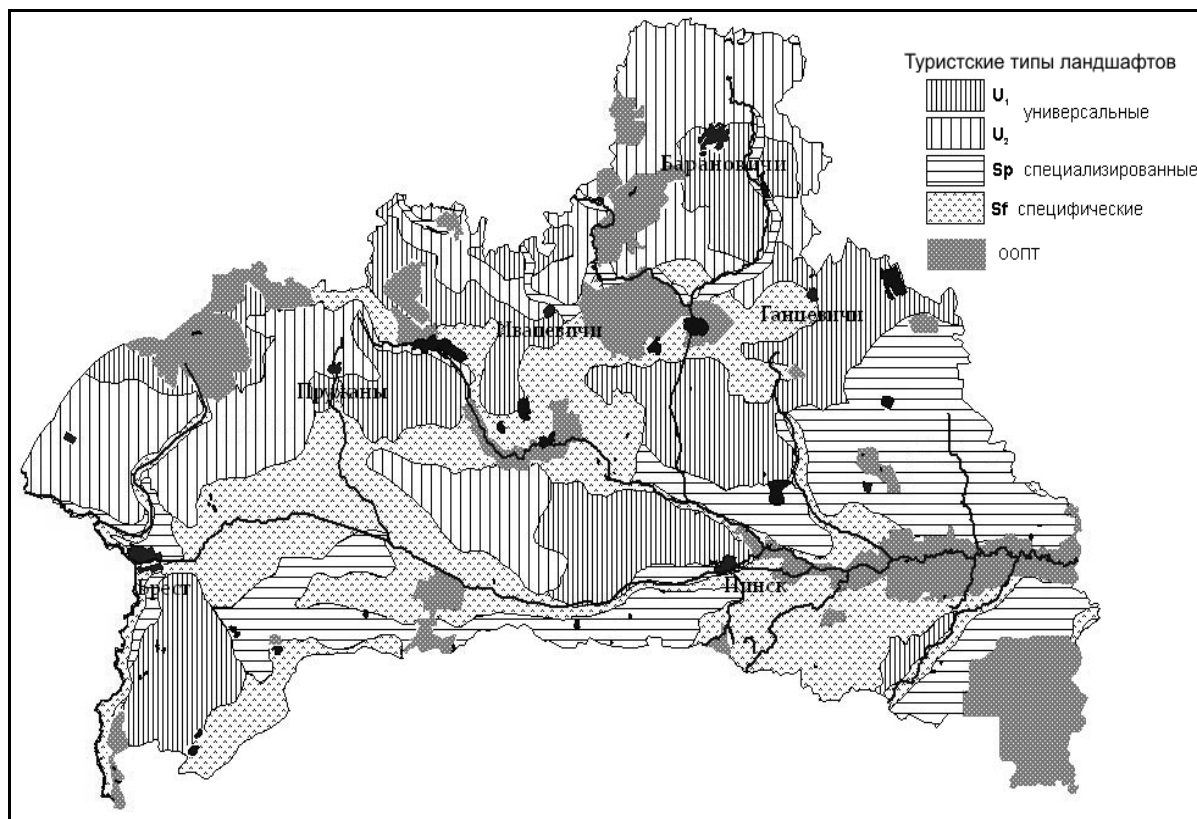


Рисунок – Туристские типы ландшафтов Брестской области

### Обсуждение результатов

Соответствующий туристским типам ландшафтов перечень направлений и видов туризма не является раз и навсегда заданным. В связи с этим следует учитывать факт того, что с изменением потребностей туристов могут появляться новые виды и направления, и в то же время ряд специальных видов туризма постепенно может переходить в разряд ординарных и привычных. Переход туристских направлений в разряд ординарных не означает перехода туристского типа ландшафта, к примеру, от специализированного к универсальному. Только изменение ландшафтных условий может повлечь за собой и изменение типа туристского ландшафта. Исключение составляет ситуация, при которой в одном и том же туристско-рекреационном комплексе с одним исходным природным ландшафтом каждое направление либо вид туризма может формировать «свой» туристский ландшафт. Данный процесс связан со строительством объектов индустрии туризма. Ландшафтные исследования в данной ситуации включают исследования культурных либо техногенных ландшафтов. Собственно ландшафтные исследования природной основы выступают в роли равноправных, но не доминирующих.

В связи с этим следует отметить, что значение ландшафтно-туристской диагностики также заключается в установлении перечня мероприятий, связанных с освоением и благоустройством ландшафтов, с учетом степени благоприятности и привлекательности для развития определенных направлений туризма. Ландшафтная организация территории предполагает построение туристско-рекреационной системы на условиях соответствия между мотивационной составляющей выбора туристом ландшафта для посещения и необходимыми природоохранными мероприятиями, которые направлены на рациональное использование природных ресурсов каждого исследуемого ПТК, а также разработку рекомендаций по оптимальному их использованию с целью поддержания функциональной активности. Ландшафтно-туристский диагноз представляет интерес



преимущественно для организаторов туризма, а также региональных и муниципальных властей, так как осуществляется в интересах вычленения наиболее благоприятных профильных туристских территорий.

При определении границ типов туристских ландшафтов необходимо выявлять антропогенные и техногенные факторы, воздействие которых не учтено при их описании в рамках типологического подхода. Такими факторами для территории являются радиоактивное загрязнение и влияние индустрии крупных городов. Влияние городов определяется путем анализа структуры промышленности, которая преимущественно сконцентрирована в Бресте, Барановичах и Пинске. В структуре промышленности области преобладают отрасли, которые характеризуются относительно невысокой интенсивностью воздействий на природную среду: машиностроение и металлообработка, а также пищевая промышленность. Соответственно выбросы от стационарных источников в расчете на одного жителя были здесь самыми низкими в стране – 19 кг/год, что в 2,2 раза ниже среднего для Беларуси показателя. Однако экологическое состояние ландшафтов оценивается как нестабильное [4]. Такого рода ситуация внесла коррективы при определении туристского профиля ландшафтов. Экологические предпосылки для развития туризма могут отсутствовать, быть ограничены либо придавать иной функциональный профиль. Оценка степени влияния данных корреляционных факторов в большей степени сказывается на экологической привлекательности универсальных ландшафтов, уменьшая количество площадей ландшафтов первой степени привлекательности ( $U_1$ ) и увеличивая второй ( $U_2$ ). Смена функционального профиля может отмечаться в отношении радиоактивно загрязненных территорий, в которых возможно развитие исключительно научного туризма, целью которого является исследование данного явления.

### **Заключение**

Туристские типы ландшафтов являются природной основой для создания и оптимизации функционирования туристско-рекреационной системы Брестской области. Данный способ создания туристско-рекреационной системы осуществляется «сверху». Создание системы «снизу» включает в себе включение в качестве составного элемента исследование морфологического строения ландшафтов, которое наиболее значимо при определении природных ресурсов для создания туристского комплекса либо объекта. Исследование морфологического строения ландшафтов является целесообразным только в рамках административных районов и их частей, так как отличается временными и финансовыми издержками на крупномасштабные исследования.

Таким образом, определение профиля туристских типов ландшафтов заключается в определении территориальной локализации свойств и характеристик природных комплексов, которые возможно использовать при развитии туризма. Ландшафтно-туристская диагностика позволяет вычленять природные комплексы на основании их потенциального профиля функционирования, используя фундаментальные основы учения о ландшафте и вариативность факторов, влияющих на формирование туристских типов ландшафтов. При оценке целесообразности использования природных комплексов в качестве дополнительного фактора необходимо учитывать структуру системы природопользования, существующую в данном регионе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марцинкевич, Г.И. *Ландшафтоведение: учебник* / Г.И. Марцинкевич. – Минск : БГУ, 2007. – 206 с.
2. *Ландшафты Белоруссии* / Г.И. Марцинкевич [и др.]; под ред. Г.И. Марцинкевич, Н.К. Клицуновой. – Мн. : Университетское, 1989. – 239 с.
3. Кандрор, И.С. *Физиологические принципы санитарно-климатического районирования территории СССР* / И.С. Кандрор, Д.М. Демина, Е.М. Ратнер. – М. : «Медицина», 1974 – 203 с.
4. *Экологический бюллетень за 2008 год* // Сайт министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды [Электронный ресурс] – 2010. – Режим доступа : <http://minpriroda.by/ru/bulleten>. Дата доступа : 13.04.2010

***D.V. Nikityuk* Touristic Diagnosis of Landscapes of Brest Region**

The technique of implementing of scientific-practical potential of landscape studies in the organization of tourist activity on the territory of Brest region is presented. The theoretical and methodological foundations of the theory of landscape are used for getting data about tourist landscape specialization of Brest region.

УДК 911.3+338.483(043.3)

*А.И. Тарасенок*

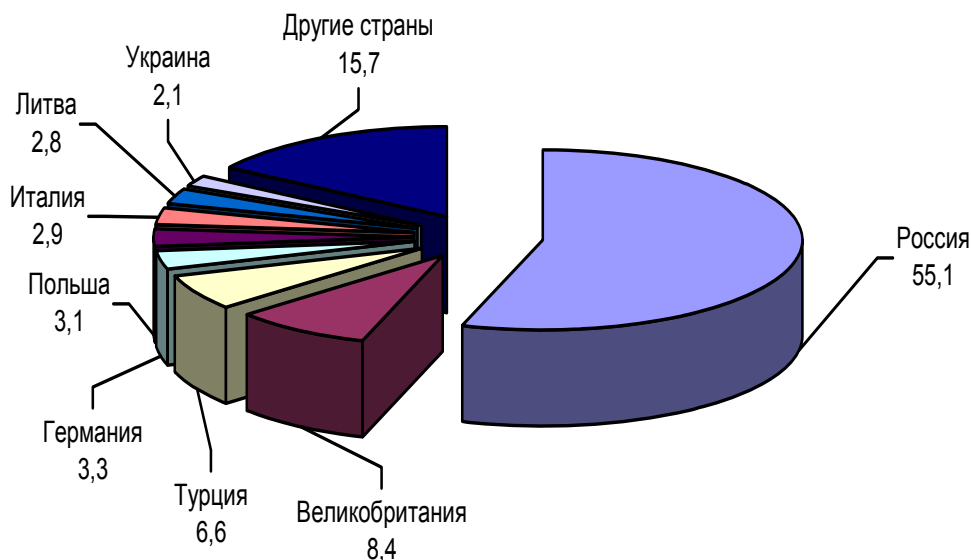
## **ВЪЕЗДНОЙ ОРГАНИЗОВАННЫЙ ТУРИЗМ В БЕЛАРУСИ: ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ РЫНКОВ СБЫТА НАЦИОНАЛЬНОГО ТУРПРОДУКТА**

Проведен анализ статистики организованного въездного туризма Республики Беларусь. В географической структуре основным рынком сбыта национального турпродукта является Россия (55,1%). Наибольшая продолжительность пребывания в Беларуси характерна для туристов из Турции (7 дней), России (5), Италии (5) и Германии (4). За период 2005–2008 годов наиболее динамично развивался въезд из Турции (рост более чем в 3,5 раза), уменьшился поток из развитых стран. Предложен новый аналитический показатель туристской статистики: индекс приоритетности рынка сбыта национального турпродукта. Расчеты этого индекса показали, что для наиболее эффективного продвижения национального турпродукта перспективными являются Турция и Россия.

Международный туризм в Беларуси подразделяется на два направления – въездной и выездной. С экономической точки зрения, развитие въездного туризма является очень выгодным для любой страны, так как способствует притоку валютных средств в национальную экономику. Для Беларуси этот аспект был и остается весьма актуальным, так как наша страна имеет хроническое отрицательное сальдо туристского баланса, и государство крайне заинтересовано в его выравнивании за счет активизации туристского въезда. Въездные туристские потоки делятся на два вида – организованные и неорганизованные. Организованный туризм представляет собой тот субрынок туризма, который обслуживается туристическими фирмами. Неорганизованный туризм формируется посетителями страны, которые не пользуются услугами турфирм, а путешествуют в Беларусь самостоятельно. Субрынок организованного въездного туризма в большей мере может быть подвергнут анализу, так как именно по нему в Беларуси имеется достоверная статистическая информация, которая является результатом государственной отчетности турфирм. Вместе с тем именно туристические фирмы в совокупности составляют туристическую отрасль, которой управляет отраслевое ведомство, а именно Министерство спорта и туризма Республики Беларусь, на которое возложена задача продвигать национальный турпродукт на внешние рынки. Для эффективного решения этой задачи необходимо определение рейтинга стран, наиболее перспективных для его сбыта. Таким образом, определение перспективных географических рынков сбыта национального турпродукта представляет собой одну из ключевых задач международного маркетинга услуг туристской индустрии, которая стоит перед органами управления туристской отраслью Беларуси. Решение данной задачи опирается на анализ статистики международного туризма. При этом в зависимости от контекста данной задачи могут быть использованы различные показатели, характеризующие внешние рынки сбыта турпродукта страны:

1. географическая структура туристского потока;
2. величина туристского потока в Беларусь;
3. динамика туристского потока;
4. индекс туристской избирательности;
5. индекс приоритетности рынка сбыта турпродукта страны (индекс предлагается впервые).

*Географическая структура туристского потока* характеризуется удельным весом стран или регионов в общем объеме посетителей Беларуси. Ранжирование по величине данного показателя стран, направляющих в Беларусь туристов, позволяет определить *основные* внешние рынки сбыта национального турпродукта. Данная аналитическая процедура является традиционной и широко применяется благодаря своей простоте. Географическая структура графически может быть отражена круговой диаграммой или гистограммой. Так, диаграмма на рисунке 1, построенная по данным официальной статистики [3], показывает, что основным внешним рынком сбыта турпродукта белорусских турфирм является Россия. Роль любой другой страны в отдельности значительно меньше. Следующая за Россией Великобритания дает только 8,4% от общего объема принятых турфирмами иностранных посетителей, что в 6,6 раза меньше российского сегмента. Рынок сбыта «Другие страны» включает все страны, удельный вес каждой из которых менее чем 2% в общем объеме туристского обслуживания нерезидентов.



**Рисунок 1 – Географическая структура организованного туристского потока в Республику Беларусь в 2008 году, %**

*Величина туристского потока* характеризуется количеством посещений Беларуси и туродней (ночлегов) на территории Беларуси, осуществленных нерезидентами Республики Беларусь. Сведения о величине туристского потока являются абсолютными и позволяют рассчитать *среднюю продолжительность пребывания посетителя* в нашей стране. Чем больше данный показатель, тем сложнее структура турпродукта, потребляемого среднестатистическим посетителем. Как правило, более продолжительное пребывание туриста в стране означает более высокую доходность его обслуживания и, как следствие, более выгодно для принимающей страны. Сравнение зарубежных стран по средней продолжительности пребывания посетителя в Беларуси позволяет косвенно выявить наиболее трудоемкие и доходные рынки сбыта турпродукта. Таблица 1 показывает, что наиболее предпочтительным рынком сбыта национального турпродукта яв-

ляется Турция: среднестатистический посетитель приобретает тур в Беларусь на 7 дней. Приоритетными, с этой точки зрения, являются также рынки сбыта турпродукта в Италии и России, а также Германии. Организованные туристы из других значимых стран предпочитают кратковременное пребывание в нашей стране.

Таблица 1 – Количественные характеристики организованных туристских потоков из зарубежных стран, являющихся значимыми поставщиками туристов в Беларусь [1].

Страна	Количество организованных посетителей, чел	Средняя продолжительность пребывания, дней
Россия	50444	5
Великобритания	7674	2
Турция	6087	7
Германия	3027	4
Польша	2832	3
Италия	2672	5
Литва	2600	2
Украина	1898	3

*Динамика туристского потока* характеризуется годовыми темпами роста и прироста туристских прибытий и среднегодовым ростом посещений и ночлегов за анализируемый период. Ранжирование зарубежных стран по величине данных показателей позволяет выявить *перспективные развивающиеся рынки сбыта национального турпродукта*. Динамика въездных туристских потоков за период 2005–2008 годов из наиболее значимых стран-поставщиков, обслуженных туристской отраслью, представлена в таблице 2. Высокими темпами турфирмы Беларуси осваивали потребительский туристический рынок Турции. Динамично развивался организованный въезд из России и Украины. Однако из поля зрения белорусского турбизнеса быстро выпадали рынки сбыта Германии, Литвы, Италии, сужается сегмент потребителей из Великобритании и Польши. Отметим, что такие страны, как Германия, Великобритания, Италия, являются одними из крупнейших мировых рынков сбыта турпродукта.

Таблица 2 – Прирост организованных туристских потоков из основных стран, направляющих посетителей в Беларусь, за период 2005–2008 годы [3]

Страна	Прирост, %	Страна	Прирост, %
Россия	86,2	Польша	-5,1
Великобритания	-6,6	Италия	-47,5
Турция	358,3	Литва	-68,5
Германия	-62,2	Украина	41,4

Традиционные характеристики географических рынков въездного туризма, проанализированные выше, не отражают степени ориентации потребителей той или иной страны на потребление именно белорусского турпродукта. В этом их главный недостаток. Так, например, для Беларуси основным рынком сбыта турпродукта является Россия, однако в целом российские потребители турпродукта в большей степени склонны потреблять турпродукт Украины, Турции, Польши, Китая и других стран, которые активно проводят маркетинг своего турпродукта на российском рынке. Из этого следует, что Беларусь, осуществляя продвижение национального турпродукта на российском рынке, сталкивается с серьезными конкурентами, которые имеют хорошую репутацию и свои целевые аудитории потребителей. Это означает, что маркетинг белорусского турпродукта в России требует такого бюджета, который обеспечивал бы не просто рекламу нашей страны как места отдыха, но и превосходил бы конкурентов. Понятно, что в настоящее время это трудная задача. Чем выше доля потребительского туристского рынка зарубежной страны, охваченная белорусскими продавцами турпродукта, тем выше эффективность маркетинга белорусского турпродукта на нем, так как маркетинговые коммуникации усиливаются такими процессами, как мода, популярность и лояльность потребителей в отношении Беларуси.

С точки зрения степени охвата зарубежных потребителей турпродукта, интерес представляют те страны, в которых отмечается максимальная доля Беларуси в их импорте туристских услуг. Поэтому актуальным является использование таких показателей туристской статистики, которые учитывали бы не только доминирование тех или иных стран в потреблении национального турпродукта, но и место белорусского предложения в структуре потребляемого турпродукта в этих странах. Одним из таких показателей является **индекс туристской избирательности**, предложенный Д.Г. Решетниковым [2]. Он рассчитывается по формуле:

$$I_{изб} = [T_{ij} \times T_{мир}] / [T_i \times T_j],$$

где  $I_{изб}$  – индекс туристской избирательности;  $T_{ij}$  – количество иностранных посетителей из страны  $i$  в стране  $j$ ;  $T_{мир}$  – общее мировое количество туристских прибытий;  $T_i$  – общий объем выездного туризма в стране  $i$ ;  $T_j$  – общий въездной поток иностранных посетителей в стране  $j$ .

Индекс Решетникова показывает, насколько удельный вес посетителей из страны  $i$  в структуре прибытий в страну  $j$  ( $T_{ij} / T_j$ ) превышает долю туристов из страны  $i$  в общемировой структуре прибытий ( $T_i / T_{мир}$ ), и выражает степень ориентации отдельных центров туристского спроса на потребление национального турпродукта. Предложенный показатель может использоваться для определения приоритетных географических рынков сбыта туристского продукта Беларуси. Пример результатов расчета индекса туристской избирательности, который был произведен для Беларуси, приведен в таблице 3. Динамика индекса за период 1998–2000 гг. свидетельствовала в частности о том, что в силу факторов географической близости, а также тесных экономических, этнических, культурных связей, сходного уровня социально-экономического развития и стандартов туристского потребления наиболее высокая степень туристской избирательности Беларуси характерна для Латвии, России, Израиля, Польши, Литвы. Следовательно, национальные рынки этих стран являлись *приоритетными для продвижения* туристского продукта республики. Высокий уровень туристской избирательности Беларуси отмечался также у Кипра, однако в выработке направлений туристской политики это обстоятельство не было учтено.

Таблица 3 – Индекс туристской избирательности Беларуси в разрезе ведущих туристских партнеров [2]

Ранг по значению индекса туристской избирательности		Страна	Индекс туристской избирательности		Удельный вес страны в структуре туристских прибытий в Беларусь, %	
2000 г.	1998 г.		1998 г.	2000 г.	1998 г.	2000 г.
1	1	Латвия	17,506	28,330	5,392	10,567
2	3	Кипр	7,409	25,389	0,489	1,828
3	5	Израиль	5,200	12,193	2,439	6,182
4	2	Россия	16,178	7,088	29,767	18,692
5	6	Литва	1,464	6,211	0,745	3,236
6	9	Эстония	0,609	6,132	0,159	1,582
7	4	Польша	5,404	2,748	41,879	22,357
8	8	Австрия	0,650	1,326	0,386	0,887
9	18	Казахстан	0,152	1,296	0,012	0,232
10	10	Великобритания	0,604	1,261	4,827	10,290

Расчеты индекса туристской избирательности на практике затруднены сбором необходимой информации о совокупном выезде туристов из стран, которые представляют собой географические рынки сбыта национального турпродукта. Это связано с тем, что международная статистика туристских потоков включает три основные позиции: количество посетителей, доходы от туризма и расходы на туризм, а выездной туристский поток остается вне поля ее зрения. Поэтому сбор необходимой информации для расчета индекса туристской избирательности сопряжен с изучением национальных источников статистической информации по отдельности в каждой стране-поставщике туристов. Но не каждая страна ведет такой учет, особенно если речь идет о странах Европейского Союза, где границы не выполняют барьерных и учетных функций в сфере туризма.

Аналогом индекса туристской избирательности является *индекс приоритетности рынка сбыта турпродукта*, который учитывает не число посетителей, а расходы посетителей и доходы от их обслуживания. Данные о туристских доходах и расходах регулярно публикуются Всемирной туристской организацией (ЮНВТО). Предлагаемый нами в данной статье индекс приоритетности рынка сбыта национального турпродукта рассчитывается по следующей формуле:

$$I_r = (R_{ij} / D_j) / (R_i / R_w),$$

$$\text{или } I_r = (R_{ij} \times R_w) / (R_i \times D_j),$$

где  $I_r$  – индекс приоритетности рынка сбыта национального турпродукта страны  $j$ ;  $R_{ij}$  – расходы иностранных посетителей из страны  $i$  в стране  $j$ ;  $R_w$  – совокупные мировые туристские расходы;  $R_i$  – общий объем международных туристских расходов населения страны  $i$  (импорт туристских услуг страной  $i$ );  $D_j$  – доходы от международного туризма в стране  $j$ .

Данный индекс показывает, насколько удельный вес туристских расходов посетителей из страны  $i$  в структуре доходов от туризма исследуемой страны  $j$  ( $R_{ij} / D_j$ ) превышает долю импорта туристских услуг страны  $i$  в общемировой структуре расходов на туризм ( $R_i / R_w$ ). Данный индекс позволяет оценить силу взаимной ориентации отдельных стран (географических рынков сбыта туристских услуг) и Беларуси (производителя турпродукта). В отличие от индекса туристской избирательности он абстрагирован от учета такого фактора, как количество пересечений границ Беларуси посетителями-нерезидентами. И если индекс туристской избирательности, учитывая только пересече-

ния границ Беларуси, характеризует интенсивность туристских миграций и отражает географические процессы туризма, то индекс приоритетности рынка сбыта национально-турпродукта, игнорируя интенсивность пересечений границ, анализирует движение денежных средств между центрами туристского спроса и странами туристского предложения и является сугубо геоэкономическим показателем. Очевидно, что анализ географических рынков сбыта с использованием обоих индексов позволит получить наиболее объективную оценку их перспективности для продвижения национального турпродукта.

Показатели индекса приоритетности рынков сбыта турпродукта Беларуси вскрывает первоначально незаметные особенности (таблица 4). Так, простой анализ доли стран-поставщиков туристов в структуре доходов белорусской туротрасли показал доминирование России и равнозначность дополнительных рынков сбыта турпродукта Турции, Германии, а также Великобритании и Италии. Однако рассчитанный индекс учитывает еще и степень охвата потенциала рынков этих стран. В итоге приоритетным для продвижения турпродукта белорусских турфирм в настоящее время является не только рынок России, но также и Турции. Третье место занимает Украина. Важными для сбыта турпродукта можно считать рынки Польши и Израиля. При этом заметим, что из «восьмерки» основных рынков сбыта национального турпродукта (рисунок 1) в приоритетные вошли только Турция, Россия, Украина, Польша и Италия, которые также изменили свои места в ранжированном ряду.

Таблица 4 – Индекс приоритетности рынков сбыта турпродукта Беларуси в сегменте иностранного туризма, обслуживаемого турфирмами.[1; 4]

Ранг по индексу		Страна	Индекс		Доля в доходах туротрасли от интуризма, %	
2007 г.	2008 г.		2007 г.	2008 г.	2007 г.	2008 г.
2	1	Турция	13,688	20,242	5,27	7,51
1	2	Россия	15,739	20,121	40,95	53,07
3	3	Украина	4,169	3,073	1,61	1,30
5	4	Польша	3,032	1,983	2,72	1,95
7	5	Финляндия	1,468	1,801	0,69	0,84
4	6	Израиль	4,113	1,396	1,58	0,50
6	7	Италия	1,661	1,119	5,29	3,65
8	8	Чехия	1,255	1,070	0,53	0,52
14	9	Болгария	0,602	0,869	0,13	0,22
15	10	Франция	0,494	0,663	2,11	3,03
19	11	Великобритания	0,368	0,641	3,06	4,65
18	12	Австрия	0,370	0,611	0,46	0,73
10	13	Германия	0,825	0,607	7,99	5,86
16	14	Швейцария	0,470	0,492	0,56	0,56
11	15	Швеция	0,626	0,431	1,02	0,69
13	16	Индия	0,602	0,391	0,58	0,40
17	17	Испания	0,404	0,250	0,93	0,54
9	18	Бельгия	0,826	0,248	1,67	0,50
20	19	Норвегия	0,234	0,221	0,37	0,37
12	20	Нидерланды	0,604	0,210	1,35	0,48



Таким образом, использование индекса приоритетности рынка сбыта национального турпродукта позволяет учесть не только основные зарубежные рынки потребления белорусского турпродукта, но и популярность его на этих рынках. Это дает возможность выделить наиболее перспективные страны для осуществления туристского маркетинга Беларуси с точки зрения его эффективности. В современном сегменте организованного въездного туризма такими странами являются *Россия и Турция*. Пример Турции показывает перспективность продвижения услуг белорусских туроператоров на ее рынок, а также свидетельствует о том, что *Беларуси следует развивать не только западный и восточный вектор внешней туристской политики, но и южный*. Если десять лет назад перспективным для продвижения национального турпродукта был кипрский рынок (таблица 3), сегодня – турецкий (таблица 4), завтра таким рынком может стать одна из богатых стран Среднего Востока. В целом на основе анализа статистики организованного туризма, проведенного в данной статье, можно сделать вывод, что в настоящее время новым перспективным рынком продвижения национального турпродукта, на котором маркетинг будет наиболее эффективным, является Турецкая Республика. Именно к ней следует обратить взоры тем туроператорам, которые специализируются в Беларуси на въездном туризме.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О развитии туризма, деятельности туристических организаций, средствах размещения туристов и других лиц за 2008 год / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Мн., 2009.
2. Решетников, Д.Г. Международный туризм в системе внешней торговли Беларуси : Учеб. пособие / Д.Г. Решетников. – Мн. : БГУ, 2004.
3. Туризм и туристические ресурсы в Республике Беларусь: статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Мн., 2009.
4. UNWTO World Tourism Barometr. – Vol. 7. – No. 2. – June 2009.

#### ***A. Tarasionak. Incoming Tourism of Belarus: Analysis of Availability of Geographical Market of National Tourism Product***

The paper analyzes the statistics of organized tourist entrance of Belarus tourism products. Russia is the main outlet: (55% in the geographical incoming structure). The maximal duration of staying in Belarus is for the tourists from Turkey (7 nights), Russia (5), Italy (5), and Germany (4). During 2005-2008 the tourist entrance from Turkey was the most dynamic – more than 350%. A new analytical indicator of tourist statistics, the propriety index of the market of national tourist product, is offered. The accounts of this index have shown that Turkey and Russia are the most perspective countries for the most effective of national tourist product.

УДК 911.5

*И.П. Усова, С.М. Токарчук*

## ЛАНДШАФТНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ БРЕСТСКОЙ И МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

В статье рассматриваются основные трактовки понятия «ландшафтное разнообразие» и подходы к его оценке. Приводится методика оценки ландшафтного разнообразия административных областей Беларуси на основе метода случайной выборки. Приводится сравнительный анализ ландшафтной структуры Брестской и Могилевской областей. Представлены результаты оценки ландшафтного разнообразия на основе индексов относительного богатства, ландшафтной мозаичности и сложности, индекса разнообразия Шеннона. Предлагаются рекомендации использования полученных результатов в практике ландшафтного планирования.

### **Введение**

Сохранение ландшафтного разнообразия, как и биологического, имеет большое значение для устойчивого развития региона. Высокое разнообразие способствует стабилизации экологической ситуации, увеличению потенциала самоочищения экосистем от загрязнений и т.д. Оценка ландшафтного разнообразия является неотъемлемой частью изучения экологических проблем и составления планов устойчивого развития регионов.

Чаще всего ландшафтное разнообразие рассматривается как интегральный показатель, содержащий информацию о системной организации ландшафта, особенностях выполнения им природных и социально-экономических функций и условиях сохранения устойчивости [1]. Термин «ландшафтное разнообразие» в современных научных исследованиях трактуется по-разному. М.Д. Гродзинский [2] выделяет четыре направления развития данного понятия: традиционно-ландшафтное (классическое); антропогенное; биоцентрическое; гуманитарное. Эти понятия не противоречат одно другому, а находятся во взаимосвязи и дополняют друг друга. На основе каждого из них можно ввести определенные индикаторы ландшафтного разнообразия, и их совокупность позволит дать ему общую характеристику. Наиболее часто в ландшафтных исследованиях используют классическую трактовку ландшафтного разнообразия.

Для оценки разнообразия применяются различные методы, но один из самых распространенных – расчет ландшафтных индексов [3; 4]. В настоящее время разработано множество индексов ландшафтного разнообразия [3–5]. Необходимо отметить, что многие индексы, применяемые для оценки ландшафтного разнообразия, были разработаны географами-ландшафтоведами советской школы [5–7]. Каждый из индексов отражает определенное свойство пространственной структуры ландшафта, что позволяет описывать ландшафт с различных аспектов. Единого индекса, который описывал бы все многообразие свойств ландшафтов, не разработано, поэтому чаще всего используется набор индексов [8]. При выборе и использовании индексов ландшафтного разнообразия возникают следующие основные проблемы: определение набора индексов на основе большого количества разработанных и экологическая трактовка значений индексов. Выделяется два подхода при выборе индексов: статистический (с использованием факторного анализа) и экспертный.

Оценка ландшафтного разнообразия проводится в границах различных территориальных единиц (водосборов, административных районов, сетки квадратов и др.) и на различных уровнях (морфологическом, структурном и таксономическом) [1; 8; 9].

В работах белорусских исследователей оценка ландшафтного разнообразия проводилась в рамках двух уровней разнообразия: таксономического и морфологического

(для природных ландшафтов) и структурно-функционального (для природно-антропогенных ландшафтов) [1].

Несмотря на проблемы использования индексов ландшафтного разнообразия, полученные значения используются в планировании территории и выделении природоохранных территорий, создании структуры национальных и региональных экологических сетей, в практике планирования территории для выяснения конфликтов между различными природопользователями и т.д.

### Материал и методика исследования

Оценка ландшафтного разнообразия природных комплексов Брестской и Могилевской областей включала несколько этапов:

- 1) выбор территориальных единиц оценки;
- 2) определение набора индексов для оценки ландшафтного разнообразия природных комплексов;
- 3) оценка разнообразия природных ландшафтов административных областей на основании контуров случайной выборки с использованием ландшафтных индексов;
- 4) анализ математической модели рисунка ландшафта административных областей;
- 5) разработка рекомендаций использования полученных результатов в практике планирования территории.

Анализ ландшафтного разнообразия административных областей проводился на основе ландшафтной карты Белорусской ССР масштаба 1:600 000 [10] на уровне видов ландшафтов с использованием ГИС-технологий.

Ландшафтное разнообразие на данной карте определялось методом случайной выборки. Выбор сетки равной площади является подходящей территориальной единицей для сравнения значений индексов. Согласно масштабу карты был выбран круг площадью 600 км<sup>2</sup>. Затем методом случайной выборки данные круги были нанесены на ландшафтную карту областей (рисунок 1).

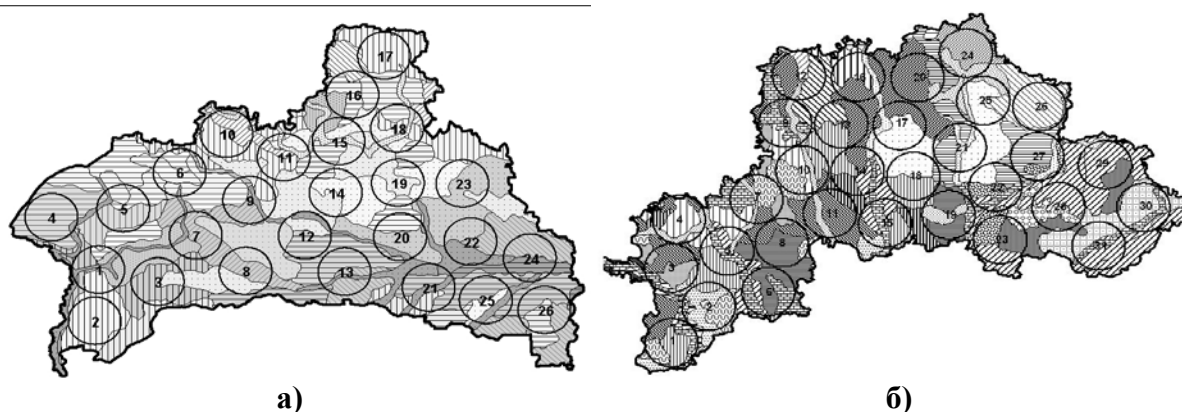


Рисунок 1 – Ландшафтная карта и сеть контуров случайной выборки Брестской (а) и Могилевской (б) областей

Выбор индексов для данного исследования осуществлялся экспертным путем с использованием следующих критериев: характеристика аспектов пространственной структуры ландшафтов; простота трактовки; характеристика инварианта ландшафта (математическая модель рисунка ландшафта).

Для исследования были отобраны следующие аспекты пространственной структуры: оценка разнообразия; оценка структурной сложности и наличие большого количества видов ландшафтов, представленных в области; оценка организации ландшафтов; оценка фрагментарности ландшафтной структуры.

На основании полученных данных были выбраны четыре индекса ландшафтного разнообразия.

1. *Индекс относительного богатства* (оценка структурной сложности):

$$I_r = \frac{N}{N_0}, \quad (1)$$

где  $N$  – количество видов ландшафтов в пределах контура случайной выборки;  $N_0$  – количество видов ландшафтов в области.

2. *Индекс ландшафтной мозаичности* (оценка организации ландшафта):

$$I_p = 1 - \frac{N}{n}, \quad (2)$$

где  $N$  – количество видов ландшафтов в пределах контура случайной выборки;  $n$  – количество ландшафтных выделов в пределах контура случайной выборки.

3. *Индекс ландшафтной сложности* (оценка фрагментарности ландшафтной структуры):

$$I_c = \frac{n}{S_0}, \quad (3)$$

где  $n$  – количество ландшафтных выделов в пределах контура случайной выборки;  $S_0$  – средняя площадь ландшафтных выделов.

4. *Индекс Шеннона* (оценка разнообразия):

$$H = -\ln \sum_{i=1}^m P_i^2, \quad (4)$$

где величина  $P_i$  – доля площади  $i$ -го вида ландшафта

Согласно рассчитанным индексам были построены карты ландшафтного разнообразия на основе метода интерполяции. Изолинии на данных картах проведены способом равноинтервального пятиуровневого ранжирования.

### **Результаты и их обсуждение**

На территории Брестской области выделено 33 вида природных комплексов, относящихся к десяти родам и двум подтипам. На территории Могилевской области распространены 36 видов природных ландшафтов, относящихся к 11 родам и одному подтипу.

Максимальное количество видов и контуров ландшафтов, встречающихся в границах контура случайной выборки, одинаково для двух областей и составляет 7 и 11 соответственно. Однако пространственное распределение и видов и контуров ландшафтов значительно отличается между двумя областями.

Ландшафты Брестской области характеризуются более сложной структурой в сравнении с Могилевской областью: количество контуров случайной выборки с количеством видов от 1 до 3 составляет 7,7%, от 4 до 5 – 61,5%, с количеством видов 6 и более – 30,8%. Контуров с минимальным количеством видов представлены на западе Брестской области, что обусловлено доминированием равнинного рельефа (водноледниковая и моренная равнины); контуров с максимальным количеством видов представлены вдоль границы сожского оледенения и в междуречье р. Ясельда, р. Припять и р. Западный Буг (центральные и северо-восточные районы Брестской области).

Ландшафты Могилевской области характеризуются более упрощенной структурой: количество контуров случайной выборки с количеством видов от 1 до 3 составляет 29%, от 4 до 5 – 61,3%, с количеством видов 6 и более – 9,7%. Контуров с минимальным количеством видов представлены в центральных и восточных районах Могилевской области; контуров с максимальным количеством видов представлены вдоль границы

сожского оледенения и в междуречье р. Птичь, р. Березина и р. Свислочь (юго-западные и западные районы Могилевской области).

Таким образом, количество видов ландшафтов отличается по областям – в Могилевской в среднем приходится 4–5 видов ландшафтов на выборку, а в Брестской области – 5–6 видов ландшафтов на выборку. Таким образом, ландшафтная структура Брестской области более разнообразная, чем Могилевской области.

Наибольшим количеством ландшафтных выделов (9–10) отмечаются контуры случайной выборки в границах двух рассматриваемых административных областей, расположенные в долинах крупных и средних рек (например, в пределах долины р. Мухавец, в пределах рек Горынь и Припять, Днепр, Птичь, Березина и Сож). Наименьшим количеством ландшафтных выделов в пределах контуров случайной выборки характеризуются западные и восточные районы Брестской области.

Ландшафты Брестской области характеризуются следующей структурой: количество контуров случайной выборки с количеством выделов от 1 до 4 составляет 23,1%, с количеством контуров от 5 до 8 – 61,5%, с количеством видов 8 и более – 15,4%.

Для ландшафтов Могилевской области количество контуров случайной выборки с количеством выделов от 1 до 4 составляет 29,1%, с количеством контуров от 5 до 8 – 54,8%, с количеством видов 8 и более – 16,1%. Наибольшим количеством ландшафтных контуров характеризуются западные районы Могилевской области, расположенные вдоль долин р. Птичь, р. Березина и р. Друть.

Показатель средней площади ландшафтных выделов имеет прямую зависимость от показателя количества ландшафтных выделов. Минимальные площади ландшафтных выделов (55,16–66,7 км<sup>2</sup>) отмечаются в обеих административных областях, главным образом для контуров расположенных в долинах рек.

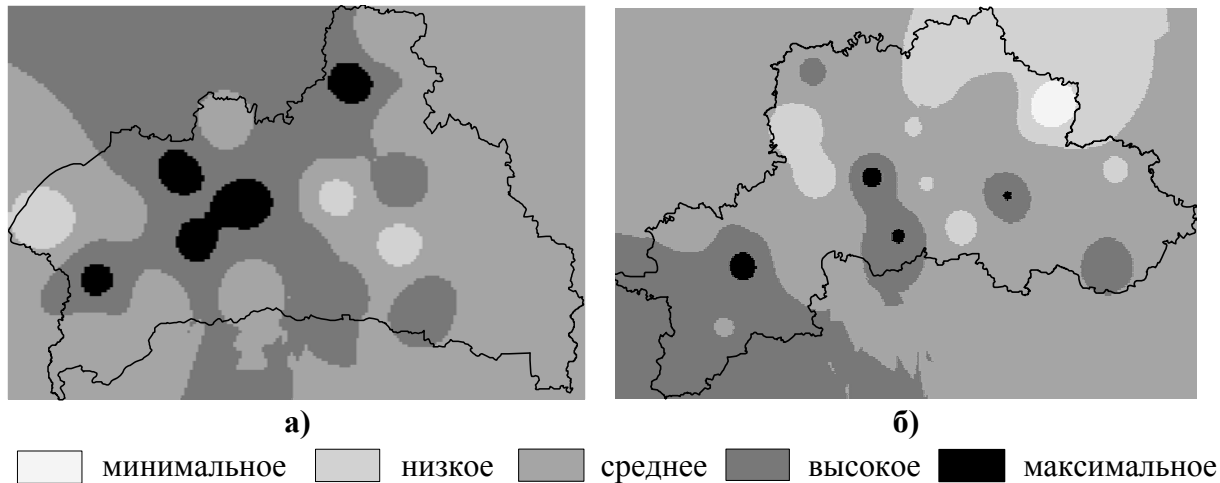
Максимальные средние площади ландшафтных контуров (150,0–202,99 км<sup>2</sup>) чаще всего характеризуют контуры случайной выборки, расположенные в западных и восточных районах Брестской области и северо-восточных, центральных и западных районах Могилевской области.

В таблице представлены результаты процентного соотношения количества контуров случайной выборки согласно пятиуровневому равноинтервальному ранжированию рассчитанных индексов ландшафтного разнообразия.

Таблица – Процентное соотношение количества контуров случайной выборки для Брестской (I) и Могилевской (II) областей

Уровень значений индексов	Количество контуров случайной выборки (%)							
	Индекс Шеннона		Индекс ландшафтной сложности		Индекс ландшафтной мозаичности		Индекс относительного богатства	
	I	II	I	II	I	II	I	II
минимальный	3	5	11	27	44	13	11	3
низкий	9	12	62	37	49	25	7	11
средний	43	60	13	24	7	32	36	54
высокий	33	18	13	9	-	21	29	21
максимальный	12	5	1	3	-	9	17	11

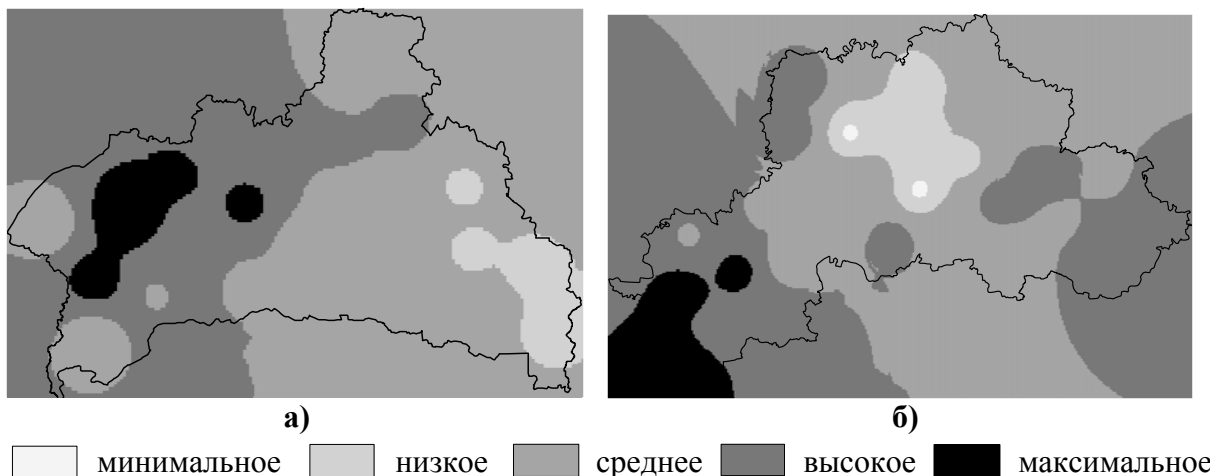
Ландшафтное разнообразие Брестской и Могилевской областей согласно индексу Шеннона представлено на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Ландшафтное разнообразие Брестской (а) и Могилевской (б) областей согласно индексу Шеннона**

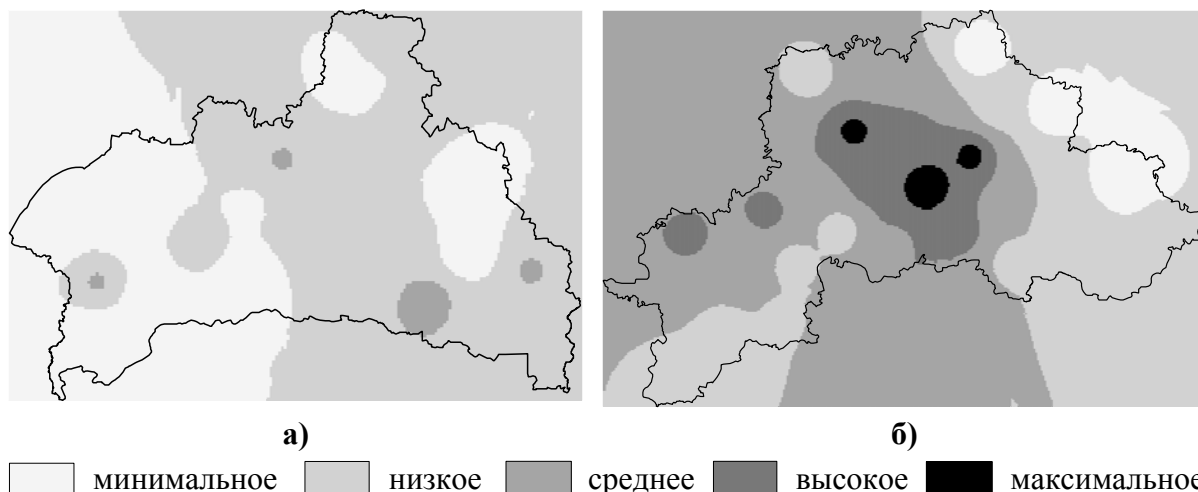
Согласно рисунку 2, большая часть как Брестской, так и Могилевской области отличается средними и высокими значениями ландшафтного разнообразия по индексу Шеннона. Как правило, высокие значения индекса Шеннона характеризуют территории, расположенные в долинах рек и вдоль границы сожского оледенения. Высокие значения индекса Шеннона на данных территориях объясняются большим количеством видов ландшафтов, а также равномерной площадью распределения между видами. Восточные районы и Брестской, и Могилевской областей характеризуются низкими и средними значениями индекса Шеннона. Участков минимального разнообразия в Брестской области не выделяется, в то время как территория Мстиславльского района Могилевской области характеризуется минимальным разнообразием по индексу Шеннона.

Большая часть территории Брестской области характеризуется средними и высокими значениями индекса относительного богатства ландшафтов (рисунок 3). Восточные и юго-восточные районы области выделяются низкими значениями индекса относительного богатства. Большей структурной сложностью (т.е. большим разнообразием видов ландшафтов на единицу площади) характеризуются западные и северо-западные районы Брестской области, что соответствует границе между подзонами бореальных и суббореальных ландшафтов. Незначительная часть Могилевской области (3% территории) характеризуется минимальными значениями индекса относительного богатства ландшафтов, что объясняется наличием только одного вида ландшафта в границах контура. Центральные и северо-восточные районы Могилевской области характеризуются средними значениями индекса. Территории максимального разнообразия располагаются на западе Могилевской области, в междуречье р. Птичь и р. Березина. Таким образом, ландшафты Брестской области характеризуются большей структурной сложностью в отличие от Могилевской области.



**Рисунок 3 –** Ландшафтне разнаобразне Брэстскай (а) і Могілеўскай (б) абласцей згодна індэксу адносільнага багатства

Ландшафтне разнаобразне Брэстскай і Могілеўскай абласцей згодна індэксу ландшафтнай мозаічнасці прадставлена на рысунке 4.

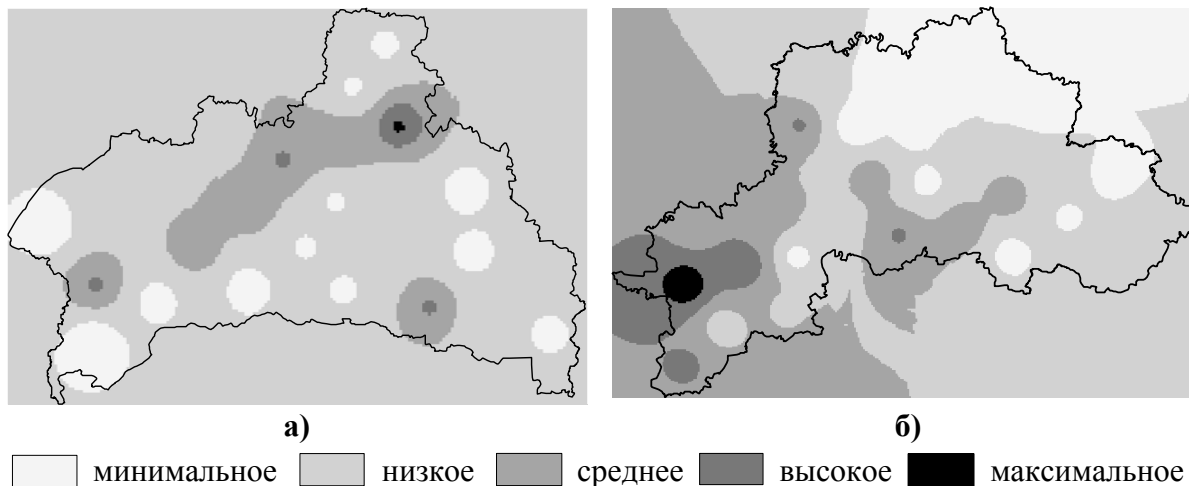


**Рисунок 4 –** Ландшафтне разнаобразне Брэстскай (а) і Могілеўскай (б) абласцей згодна індэксу ландшафтнай мозаічнасці

Згодна прадставленай карце, большая часта Брэстскай абласці характарызуецца нізкімі і мінімальнымі значэннямі індэкса ландшафтнай мозаічнасці. Западныя раёны Брэстскай абласці адрозніваюцца доміраваннем поўнага супадзення паміж колькасцю сустрачаемых відаў ландшафтаў і колькасцю ландшафтных выдэлаў, т.е. індэкс ландшафтнай мозаічнасці ў даным выпадку роўны нулю. Нізкімі значэннямі індэкса ландшафтнай мозаічнасці характарызуюцца юга-ўсходнія і цэнтральныя раёны Брэстскай абласці.

У адрозненне ад Брэстскай абласці ландшафты Могілеўскай абласці адрозніваюцца высокай кантурнасцю, што падтвэрджваецца высокімі значэннямі індэкса ландшафтнай мозаічнасці. У межах кантураў колькасць відаў, як правіла, менш за колькасць выдэлаў. Максімальнымі значэннямі характарызуецца цэнтральная часта Могілеўскай абласці (междурэччэ р. Дняпро, р. Друць і р. Рэста). Мінімальнымі значэннямі індэкса ландшафтнай мозаічнасці характарызуюцца ўсходнія раёны Могілеўскай абласці.

Индекс ландшафтной сложности описывает фрагментарность природных ландшафтов. Средними и высокими значениями индекса ландшафтной сложности отличаются районы Брестской области, расположенные вдоль границы сожского оледенения. Большая часть территории области характеризуется низкими значениями, что объясняется равномерным распределением количества выделов в границах контуров (рисунок 5).



**Рисунок 5 – Ландшафтное разнообразие Брестской (а) и Могилевской (б) областей согласно индексу ландшафтной сложности**

Могилевская область отличается неравномерностью распределения индекса ландшафтной сложности: западные районы с высокими и максимальными значениями индекса характеризуются большим количеством выделов и низкой средней площадью контуров в границах сетки случайной выборки; северо-восточные районы области с низкими значениями индекса – небольшим количеством контуров (1–2) и большой средней площадью (150,0–202,99 км<sup>2</sup>).

Таким образом, большая часть и Могилевской и Брестской областей характеризуется низкими и средними значениями разнообразия по индексу ландшафтной сложности.

### **Заключение**

Анализ полученных результатов оценки ландшафтного разнообразия для Брестской и Могилевской областей позволяет сделать следующие выводы.

1. В пределах Могилевской области встречается большее количество видов и родов ландшафтов, однако все они относятся к одному подтипу ландшафтов (бореальные подтаежные). Виды ландшафтов Брестской области относятся как к бореальному подтаежному, так и к суббореальному полесскому подтипу ландшафтов.

2. Ландшафты Брестской области характеризуются более сложной структурой в сравнении с Могилевской областью. В Могилевской в среднем приходится 4–5 видов ландшафтов на выборку, а в Брестской области – 5–6 видов ландшафтов на выборку. Наибольшим количеством ландшафтных выделов (9–10) отмечаются контуры случайной выборки в границах двух рассматриваемых административных областей, расположенные в долинах крупных и средних рек. Наименьшим количеством ландшафтных выделов в пределах контуров случайной выборки характеризуются западные и восточные районы Брестской области.

3. Брестская область характеризуется большим разнообразием ландшафтов согласно индексу Шеннона и индексу относительного богатства. В отличие от Брестской области ландшафты Могилевской области отличаются высокой контурностью, что подтверждается высокими значениями индекса ландшафтной мозаичности. Большая часть



как Могилевской, так и Брестской областей характеризуется низкими и средними значениями разнообразия по индексу ландшафтной сложности.

Низкое природное разнообразие определяет монодоминантное использование территории. Территории с высоким ландшафтным разнообразием, как правило, характеризуются высоким потенциалом сохранения биоразнообразия и поэтому могут использоваться в природоохранных целях как составные части экологических сетей (например, долины рек) либо как отдельные природоохранные территории.

Результаты проведенного исследования можно использовать в практике планирования и получения дополнительной информации о структуре ландшафтов. Приведенные в данном исследовании индексы просты в расчетах и достаточно информативны.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марцинкевич, Г.И. Оценка ландшафтного разнообразия природных и природно-антропогенных комплексов Беларуси / Г.И. Марцинкевич, И.И. Счастливая // Природопользование : сб. науч. трудов / Ин-т проблем использ. природ. ресурсов и экологии; под общ. ред. И.И. Лиштвана. – Минск : ОДО «Тонпик», 2005. – С. 98–106.
2. Гродзинский, М.Д. Типи ландшафтних різноманіть / М.Д. Гродзинский // Ландшафт як інтегруюча концепція ХХІ сторіччя: зб. Наук. праць. – Київ, 1999. – С. 52–58.
3. Пузаченко, Ю.Г. Разнообразие ландшафта и методы его измерения / Ю.Г. Пузаченко, К.Н. Дьяконов, Г.М. Алещенко // География и мониторинг биоразнообразия / Н.В. Лебедева [и др.]; под ред. Н.С. Касимова, Э.П. Романова, А.А. Тишкова. – М. : НУМЦ, 2002. – Разд. II. – С. 76–178.
4. Jochen, J.A.G. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation / J.A.G. Jochen // Landscape Ecology. – 2000. – Vol. 15, issue 2. – P. 115–130.
5. Викторов, А.С. Рисунок ландшафта / А.С. Викторов. – М. : Мысль, 1986. – 179 с.
6. Геренчук, К.И. Методика определения некоторых параметров морфологической структуры ландшафтов / К.И. Геренчук, И.К. Гораш, А.Г. Толчиев // Известия АН СССР. Сер. геогр. – 1969. – № 5. – С. 102–109.
7. Ивашутина, Л.И. К анализу ландшафтной структуры физико-геогр. регионов / Л.И. Ивашутина, В.А. Николаев // Вестник Московского ун-та. Сер. 5. География. – 1969. – № 4. – С. 49–59.
8. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics / К.Н. Riitter. [et al.] // Landscape Ecology. – 1995. – Vol. 10, issue 2. – P. 23–39.
9. Плюснин, В.М. Дистанционные и количественные методы изучения ландшафтной структуры (на примере хребта Хамар Дабан) / В.М. Плюснин, И.Н. Биличенко // География и природные ресурсы. – 2001. – № 2. – С. 127–136.
10. Ландшафтная карта Белорусской ССР / сост. и подг. к изд. фабрикой № 2 ГУГК; ред. А.Г. Исаченко. – 1:600 000. – М. : Главное упр. геодезии и картографии, 1983.

#### ***I.P. Usova, S.M. Tokarchuk. Landscape Diversity of Natural Complexes of Brest and Mahilew Regions***

The main approaches for understanding of the terminology «landscape diversity» and approaches for its assessment are considered in this article. The article presents the methodology for assessment of landscape diversity based on the method of random sample. The comparative analysis of landscape structure of Brest and Mahilew regions are made. The results of assessment of landscape diversity according to index of relative richness, landscape mosaic and complexity, Shannon's diversity are described. The authors propose the recommendations for use of results of the landscape diversity assessment in the practice of landscape planning.

## Да ведама аўтараў

Рэдкалегія часопіса разглядае рукапісы толькі тых артыкулаў, якія адпавядаюць навуковаму профілю выдання, нідзе не апублікаваныя і не перададзеныя ў іншыя рэдакцыі.

Артыкулы прадстаўляюцца на беларускай ці рускай мовах у двух экзэмплярах аб'ёмам ад 0,35 да 0,5 друкарскага аркуша, у электронным варыянце ў фармаце Microsoft Word for Windows (\*.doc; \*.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 см або 23×15 см. Усе графічныя аб'екты, што ўваходзяць у склад аднаго малюнка, павінны быць згрупаваны паміж сабой. Фатаграфіі ў друк не прымаюцца. Размернасць усіх велічынь, якія выкарыстоўваюцца ў тэксце, павінна адпавядаць Міжнароднай сістэме адзінак вымярэння (СВ). Забараняюцца скарачэнні слоў, акрамя агульнапрынятых.

Спіс цытуемай літаратуры павінен быць аформлены паводле ДАСТА 7.1-2003 і размешчаны ў канцы тэксту. Спасылкі на крыніцы ў артыкуле нумаруюцца адпаведна парадку цытавання. Парадкавыя нумары спасылак падаюцца ў квадратных дужках (напрыклад: [1, с. 32], [2, с. 52–54]). Забараняецца выкарыстанне канцавых зносаў.

Артыкул уключае наступныя элементы па парадку:

- УДК;
- ініцыялы і прозвішча аўтара (аўтараў);
- назва друкуемага матэрыялу;
- анатацыя ў аб'ёме ад 100 да 150 слоў на мове артыкула (кегль – 10 pt.);
- асноўны тэкст з табліцамі, графікамі і іншымі ілюстрацыйнымі матэрыяламі, структураваны ў адпаведнасці з патрабаваннямі ВАК да навуковых артыкулаў, якія друкуюцца ў выданнях, уключаных у спіс навуковых выданняў для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў;
- бібліяграфічныя спісы да артыкула ў адпаведнасці з ДАСТАм 7.1-2003;
- рэзюмэ на англійскай мове (кегль – 10 pt.) з перакладам прозвішча і ініцыялаў аўтара (аўтараў) і назвы друкуемага матэрыялу.

Да рукапісу артыкула абавязкова дадаюцца:

- звесткі пра аўтара на *беларускай* мове (прозвішча, імя, імя па бацьку поўнацю, вучоная ступень і званне, месца працы (вучобы) і пасада, хатні адрас і тэлефон);
- для аспірантаў і суіскальнікаў – звесткі аб навуковых кіраўніках;
- рэкамендацыя калегіяльнага органа ўстановы (падроздзялення), дзе працуе (вучыцца) аўтар;
- рэкамендацыя знешняга рэцэнзента;
- экспертнае заключэнне.

Рэдакцыйная калегія часопіса праводзіць экспертызу атрыманых дакументаў і робіць дадатковае рэцэнзаванне артыкулаў. Рукапісы, аформленыя не ў адпаведнасці з выкладзенымі правіламі, рэдкалегіяй не разглядаюцца.

Карэктары *М.М. Аляшчэня, Л.М. Калілец, Ж.М. Селюжыцкая*  
Камп'ютэрнае макетаванне *А.Я. Кулай, С.М. Мініч*

Подписано в печать 08.11.2010. Формат 60×84/8. Бумага офсетная.  
Гарнітура Таймс. Ризографія. Усл. печ. л. 15,11. Уч.-изд. л. 12,38.  
Тираж 100 экз. Заказ № 680.

Издатель и полиграфическое исполнение  
УО «Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина».  
ЛИ № 02330/277 от 08.04.2009.  
224016, Брест, ул. Мицкевича, 28.

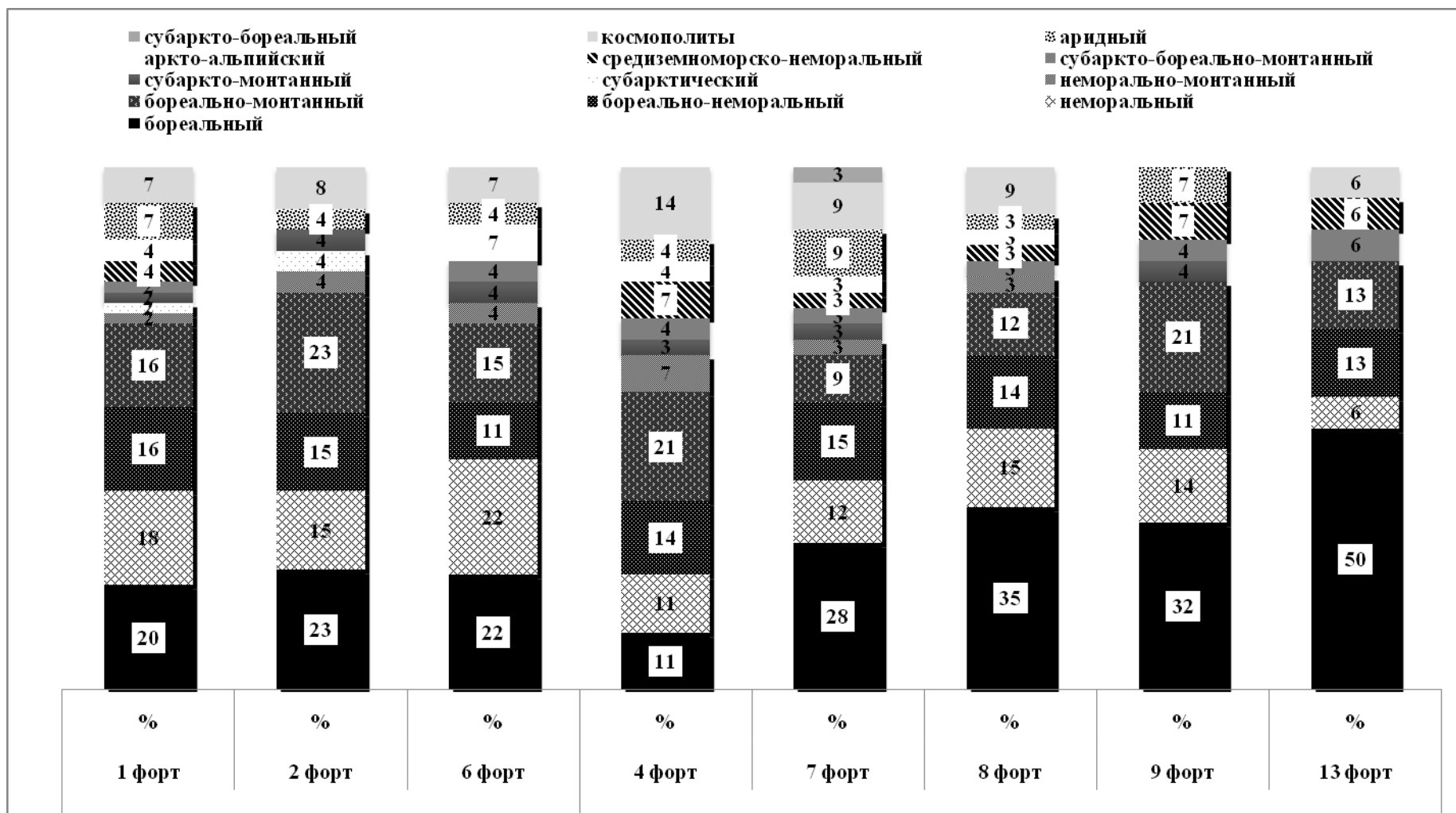


Рисунок 1 – Биотопическое распределение геоэлементов на Гродненской крепости

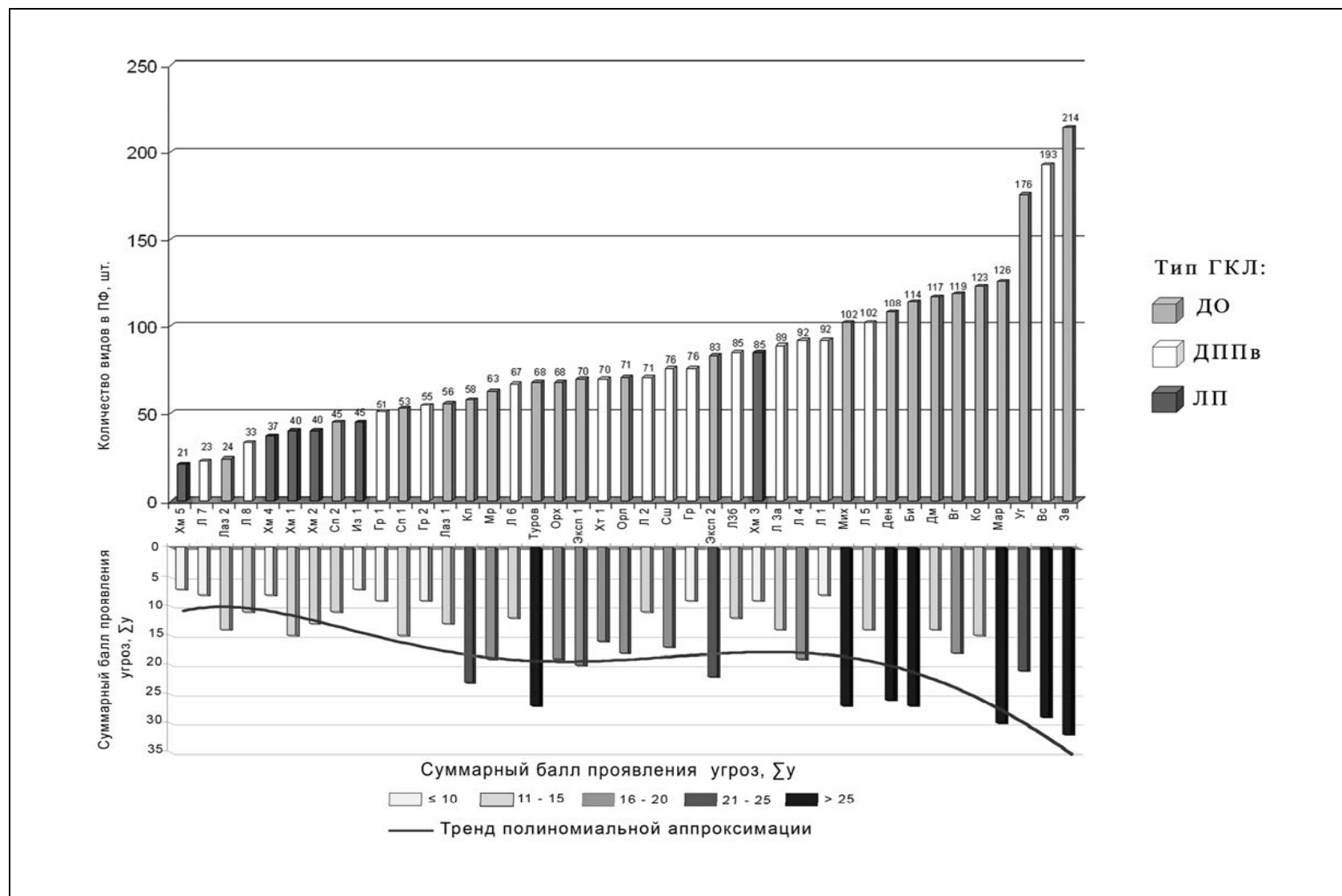


Рисунок 1 – Ранжированный ряд видового богатства ПФ различных типов ГКЛ в связи с суммарным баллом проявления угроз местообитаниям



Таблица 2 – Туристские типы ландшафтов Брестской области

Группы родов	Роды	F	Индекс тур. типа ландшафта
Возвышенные	Холмисто-моренно-эрозионные дренированные с широколиственно-еловыми лесами на дерново-подзолистых, реже дерново-палево-подзолистых почвах	+	U <sub>2</sub>
Средневысотные	Вторичноморенные умеренно дренированные с широколиственно-еловыми и сосновыми лесами на дерново-подзолистых, реже заболоченных почвах	+	U <sub>2</sub>
	Морено-зандровые слабодренированные с широколиственно-еловыми, сосновыми, дубовыми лесами на дерново-подзолистых, часто заболоченных почвах	++	U <sub>1</sub>
	Вторичные водно-ледниковые умеренно дренированные с сосновыми, вторичными мелколиственными лесами на дерново-подзолистых почвах	+	U <sub>1</sub>
	Вторичноморенные слабодренированные с сосновыми, широколиственно-сосновыми лесами на дерново-подзолистых, реже заболоченных почвах, лугами на дерновых заболоченных почвах	+	U <sub>2</sub>
	Вторичные водно-ледниковые умеренно дренированные с сосновыми, широколиственно-сосновыми, дубовыми лесами на дерново-подзолистых, реже заболоченных почвах	++	U <sub>1</sub>
Низменные	Пойменные разной степени дренированности с лугами на дерновых заболоченных почвах и болотами	+	Sf
	Аллювиальные террасированные слабодренированные с сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах, широколиственно-сосновыми, дубовыми, вторичными мелколиственными лесами на дерново-подзолистых заболоченных почвах, коренными мелколиственными лесами на низменных болотах	+	Sp
	Пойменные разной степени дренированности с лугами, дубравами на дерновых заболоченных почвах, болотами	–	Sf
Нерасчлененные комплексы	С преобладанием болот недренированные с коренными мелколиственными лесами на торфяно-болотных почвах и сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах	–	Sf
	Речные долины разной степени дренированности с сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах, лугами на дерновых заболоченных почвах	+	Sp

Примечание – F – степень благоприятности ландшафтно-туристских условий («++» – благоприятные, «+» – средне благоприятные, «–» – мало благоприятные)

