

ISSN 1810-9810

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

NATURAL RESOURCES

**№ 1
2024**

Научное издание
SCIENTIFIC EDITION

Национальная академия наук Беларуси
Министерство природных ресурсов и охраны
окружающей среды Республики Беларусь
National Academy of Sciences of Belarus
Ministry of Natural Resources and Environmental
Protection of the Republic of Belarus

Навуковы часопіс
«ПРЫРОДНЫЯ РЭСУРСЫ»
Выдаецца з 1996 года
Выходзіць 2 разы ў год
Красавік 2024 г.

Заснавальнікі:
Нацыянальная акадэмія навук Беларусі
Міністэрства прыродных рэсурсаў
і аховы навакольнага асяроддзя
Рэспублікі Беларусь

Галоўны рэдактар
Алег Юр'евіч Баранаў

Рэдакцыйная калегія:
М. Я. Нікіфараў (намеснік галоўнага рэдактара),
С. А. Лысенка (намеснік галоўнага рэдактара),
Н. І. Мініч (вядучы рэдактар),
М. П. Аношка, В. М. Байчораў, С. В. Буга,
І. В. Войтаў, С. Я. Галаваты, М. Г. Гермянчук,
С. В. Дзямідава, С. А. Дубянок, М. А. Ерэсько,
А. І. Кавалевіч, М. В. Клебановіч, В. В. Лапа,
А. А. Махнач, А. В. Нявераў, Ф. І. Прывалаў,
А. В. Пугачэўскі, В. П. Сяменчанка, В. І. Торчык,
В. С. Хоміч, В. У. Ціток, А. І. Чайкоўскі

Адрас рэдакцыі:
вул. Акадэмічная, 1, к. 119,
220072, г. Мінск
Тэл. +375 17 272 19 19.
E-mail: prirod_res@mail.ru
Сайт: priroda.belnauka.by

Падпісныя індэксы:
ведамасны **012762**
індывідуальны **01276**

Камп'ютарная вёрстка М. Э. Юрэня
Падпісана да друку 11.04.2024 г.
Фармат 60×84 1/8. Папера афсетная. Друк лічбавы.
Ум. друк. л. 10,23. Ул.-выд. л. 11,3.
Наклад 62 экз. Заказ 72.
Кошт: індывідуальная падпіска – 22,72 руб.,
ведамасная падпіска – 23,11 руб.

Выдавец і паліграфічнае выкананне:
Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства
«Выдавецкі дом «Беларуская навука».
Пасведчанні аб ДРВВРДВ № 1/18 ад 02.08.2013,
№ 2/196 ад 05.04.2017, ЛП № 02330/455 ад 30.12.2013.
Вул. Ф. Скарыны, 40, 220084, г. Мінск.

Scientific Journal
“NATURAL RESOURCES”
Published since 1996
Issued twice a year
April 2024

Founders:
National Academy of Sciences of Belarus
Ministry of Natural Resources
and Environmental Protection
of the Republic of Belarus

Editor-in-Chief
Oleg Yurievich Baranov

Editorial board:
M. Ye. Nikiforov (Associate Editor-in-Chief),
S. A. Lysenko (Associate Editor-in-Chief),
N. I. Minich (Lead Editor),
M. P. Anoshka, V. M. Baichorov, S. V. Buga,
I. V. Voitov, S. E. Golovaty, M. G. Germenchuk,
S. V. Demidova, S. A. Dubenok, M. A. Yeresko,
A. I. Kovalevich, M. V. Klebanovich, V. V. Lapa,
A. A. Makhnach, A. V. Neverov, F. I. Pryvalov,
A. V. Pugachevskii, V. P. Semenchenko, V. I. Torchik,
V. S. Khomich, V. V. Titok, A. I. Tchaikovskiy

Address of editorial office:
1, Akademicheskaya Str., room 119,
220072, Minsk, Republic of Belarus.
Phone: 375 17 272 19 19
E-mail: prirod_res@mail.ru
Website: priroda.belnauka.by

Subscription indices:
departmental **012762**
individual **01276**

Computer imposition M. E. Yurenia
Signed for publication April 11, 2024
Format 60×84 1/8. Offset paper. Seal digital.
Related press sheet 10,23. Publisher's signatures 11,3.
Circulation 62 copies. Order 72.
Price: individual subscription – 22,72 BYN,
departmental subscription – 23,11 BYN.

Publisher and printing:
Republican Unitary Enterprise
“Publishing house “Belarusian Navuka”.
Certificates by SRPMDPE N 1/18 on 08.02.2013,
N 2/196 on 04.05.2017, LP N 02330/455 on 12.30.2013.
40, F. Skorina Str., 220084, Minsk

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

Чжао Б., Червань А. Пространственное распределение почв по уровню засоления в Солигорском районе Беларуси	5
---	---

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ

Цедрик А. В. Экономико-географическая характеристика стран мира по обеспеченности стратегически-ми видами минерально-сырьевых ресурсов: нефть, природный газ, уголь, уран	13
---	----

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Байчоров В. М., Мороз М. Д., Гигиняк Ю. Г., Гигиняк И. Ю. Макрозообентос рек Республиканского ландшафтного заказника «Сорочанские озера» (Беларусь)	22
Пакуль П. А., Дмитренко М. Г., Домбровский В. Ч., Островский О. А., Тарантович М. В., Вечерко Р. В. Современная оценка численности и характер распространения черного аиста (<i>Ciconia nigra</i> L., 1758) в Беларуси	30
Ребко С. В., Поплавская Л. Ф., Тулик П. В. Рост и состояние климатических экотипов ели европейской в Беларуси	37
Рупасова Ж. А., Добрянская К. А., Задаля В. С., Сулим Д. О., Павловский Н. Б., Павловская А. Г., Дрозд О. В., Белый П. Н. Влияние погодных условий вегетационного периода на накопление фенольных соединений в плодах новых интродуцированных сортов голубики высокорослой (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.) в условиях Беларуси	45
Синчук Н. В., Буга С. В. Сравнительная оценка повреждаемости тополей молью-пестрянкой <i>Phyllonorycter populifoliella</i> в зеленых насаждениях Минска в 2013 и 2023 годах	57
Шакун В. В., Крищук И. А., Ларченко А. И., Велигуров П. А. Редкие млекопитающие Наровлянского участка Полесского государственного радиационно-экологического заповедника	65
Шейко А. А. Гильдии жалоносных перепончатокрылых (Hymenoptera: Aculeata) – посетителей соцветий васильков лугового (<i>Centaurea jacea</i> L.) и шероховатого (<i>Centaurea scabiosa</i> L.)	71

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ – УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

Шевцова Н. С. Природный потенциал рек в административных областях Беларуси: структура профилирующих видов туристско-рекреационного использования и лимитирующие факторы	78
---	----

CONTENTS

SOIL AND LAND RESOURCES

- Zhao B., Chervan A.** Spatial distribution of soils by salinization level in Soligorsk district of Belarus 5

MINERAL RESOURCES

- Tsedrik A. V.** Economic and geographical characteristics of countries of the world in terms of availability of strategic types of mineral resources: oil, natural gas, coal, uranium 13

BIOLOGICAL RESOURCES

- Baitchorov V. M., Moroz M. D., Hihiniak Ur. G., Giginyak I. U.** Macrozoobenthos of the rivers of the republican landscape reserve «Sorochansky Lakes» (Belarus) 22

- Pakul P. A., Dmitrenok M. G., Dombrovsky V. S., Ostrovsky O. A., Tarantovich M. V., Viacorka R. V.** Black stork (*Ciconia nigra* L., 1758) number and its distributional pattern in Belarus 30

- Rabko S. U., Paplouskaya L. F., Tupik P. V.** Growth and state of climatic ecotypes of european spruce in Belarus 37

- Rupasova Zh. A., Dobryanskaya K. A., Zadala V. S., Sulim D. O., Pavlovsky N. B., Pavlovskaya A. G., Drozd O. V., Bely P. N.** Influence of weather conditions in the vegetation period on the accumulation of phenolic compounds in the fruit of new introduced varieties of northern highbush of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) under the conditions of Belarus 45

- Sinchuk N. V., Buga S. V.** Assessment of damage of poplars by leaf miner *Phyllonorycter populifoliella* in green areas of Minsk in 2013 and 2023 57

- Shakun V. V., Kryshchuk I. A., Larchanka A. I., Velihurau P. A.** Rare mammal of Narovlya section of the Polesky state radiation-ecological reserve 65

- Sheiko A. A.** Guilds of aculeata (Hymenoptera) visiting brown knapweed (*Centaurea jacea* L.) and greater knapweed (*Centaurea scabiosa* L.) 71

NATURE MANAGEMENT – ADMINISTRATION AND ECONOMY

- Shevtsova N. S.** Natural potential of the rivers of the administrative regions of Belarus: the structure of the profiling types of tourist and recreational use and its limiting factors 78

ЗМЕСТ

ГЛЕБАВА-ЗЯМЕЛЬНЫЯ РЭСУРСЫ

- Чжао Б., Чэрвань А.** Прасторавая ацэнка ўзроўню засалення глебы Салігорскага раёна Беларусі. 5

МІНЕРАЛЬНА-СЫРАВІННЫЯ РЭСУРСЫ

- Цэдрык А. В.** Эканоміка-геаграфічная характарыстыка краін свету па забеспячэнні стратэгічнымі відамі мінеральна-сыравінных рэсурсаў: нафта, прыродны газ, вугаль, уран 13

БІЯЛАГІЧНЫЯ РЭСУРСЫ

- Байчароў У. М., Мароз М. Д., Гігіняк Ю. Р., Гігіняк І. Ю.** Макразаабентас рэк Рэспубліканскага ландшафтнага заказніка «Сарачанскія азёры» (Беларусь). 22

- Пакуль П. А., Дзмітронак М. Р., Дамброўскі В. Ч., Астроўскі А. А., Тарантовіч М. В., Вячорка Р. В.** Сучасная ацэнка колькасці і характар распаўсюджвання чорнага бусла (*Ciconia nigra* L., 1758) у Беларусі 30

- Рабко С. У., Паплаўская Л. Ф., Тупік П. В.** Рост і стан кліматычных экатыпаў елкі еўрапейскай у Беларусі 37

- Рупасова Ж. А., Дабранская К. А., Задала В. С., Сулім Д. А., Паўлоўскі М. Б., Паўлоўская А. Г., Дрозд В. У., Белы П. М.** Уплыў надвор'я вегетацыйнага перыяду на накопленне фенольных злучэнняў у пладах новых інтрадуцыраваных сартоў буякоў высакарослых (*Vaccinium corymbosum* L.) ва ўмовах Беларусі 45

- Сінчук Н. У., Буга С. У.** Параўнальная ацэнка пашкоджання таполяў моллю-стракаткай *Phyllonorycter populifoliella* ў зялёных насаджэннях Мінска ў 2013 і 2023 гадах 57

- Шакун В. В., Крышчук І. А., Ларчанка А. І., Велігураў П. А.** Рэдкія млекакормячыя Нараўлянскага ўчастка Палескага дзяржаўнага радыяцыйна-экалагічнага запаведніка 65

- Шэйко Г. А.** Гільдыі жаланосных перапончатакрылых (Hymenoptera: Aculeata) – наведвальнікаў суквеццяў васількоў лугавога (*Centaurea jacea* L.) і шурпатага (*Centaurea scabiosa* L.) 71

ПРЫРОДАКАРЫСТАННЕ – КІРАВАННЕ І ЭКАНОМІКА

- Шаўцова Н. С.** Прыродны патэнцыял рэк у адміністрацыйных абласцях Беларусі: структура прафілюючых відаў турыска-рэкрэацыйнага выкарыстання і фактары, якія яе лімітуюць 78

ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ**SOIL AND LAND RESOURCES****ГЛЕБАВА-ЗЯМЕЛЬНЫЯ РЭСУРСЫ**

ISSN 1810-9810 (Print)
УДК 528.8+631.4

B. Zhao, A. Chervan

*Belarusian State University, Minsk, Belarus,
e-mail: geozhao@outlook.com, e-mail: Chervan@bsu.by*

**SPATIAL DISTRIBUTION OF SOILS BY SALINIZATION LEVEL
IN SOLIGORSK DISTRICT OF BELARUS**

Abstract. The article discusses the problem of soil salinization in the Soligorsk region of Belarus and emphasizes the importance of monitoring the level of soil salinization. Methods of using Sentinel-2 satellite data to assess the spatial differentiation of soil salinization are presented. Based on soil information, the causes and risks of soil salinization are studied, geographical and environmental characteristics of the territory of Soligorsk district are briefly described. Analysis of methodological principles of Sentinel-2 satellite use for soil salinization assessment and monitoring is presented, taking into account the choice of monitoring indicators and data processing methods. Results of a spatial assessment of temporal and spatial variability of soil salinity level are presented. Measures to improve the environmental situation and recommendations on soil salinization management are proposed.

Keywords: soil salinization, Sentinel-2 satellite, monitoring, remote sensing, interpretation, Soligorsk district

Б. Чжао, А. Червань¹

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,
e-mail: geozhao@outlook.com, e-mail: Chervan@bsu.by*

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЧВ ПО УРОВНЮ ЗАСОЛЕНИЯ
В СОЛИГОРСКОМ РАЙОНЕ БЕЛАРУСИ**

Аннотация. Рассматривается проблема засоления почв в Солигорском районе Беларуси и подчеркивается важность мониторинга уровня засоленности почв. Приведены методы использования данных спутника Sentinel-2 для оценки пространственной дифференциации засоления почвенного покрова. Исследованы причины и риски засоления почв, кратко описаны географические и экологические характеристики территории Солигорского района. Проведен анализ методических принципов использования спутника Sentinel-2 для пространственной оценки засоления почвенного покрова с учетом выбора показателей мониторинга и методов обработки данных. Представлены результаты пространственной оценки временной и пространственной изменчивости уровня засоления почв. Предложены меры по улучшению экологической ситуации и даны рекомендации по управлению засолением почв.

Ключевые слова: засоление почв, спутник Sentinel-2, мониторинг, дистанционное зондирование, дешифрирование, Солигорский район

Б. Чжао, А. Червань

*Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь,
e-mail: geozhao@outlook.com, e-mail: Chervan@bsu.by*

ПРАСТОРАВАЯ АЦЭНКА ЎЗРОЎНЮ ЗАСАЛЕННЯ ГЛЕБЫ САЛІГОРСКАГА РАЁНА БЕЛАРУСІ

Анотацыя. Разглядаецца праблема засалення глебы ў Салігорскім раёне Беларусі і падкрэсліваецца важнасць маніторынгу ўзроўню засаленасці глебы. Прыведзены метады выкарыстання даных спадарожніка Sentinel-2 для адзнакі прасторавай дыферэнцыяцыі засалення глебавага покрыва. Даследаваны прычыны і рызыкі засалення глебы, каратка апісаны геаграфічныя і экалагічныя характарыстыкі тэрыторыі Салігорскага раёна. Праведзены аналіз метадычных прынцыпаў выкарыстання спадарожніка Sentinel-2 для прасторавай ацэнкі засалення глебавага покрыва з улікам выбару паказчыкаў маніторынгу і метадаў апрацоўкі даных. Прадстаўлены вынікі прасторавай ацэнкі часовай і прасторавай зменлівасці ўзроўню засалення глебы. Прапанаваны меры па паляпшэнні экалагічнай сітуацыі і дадзены рэкамендацыі па кіраванні засаленнем глебы.

Ключавыя словы: засаленне глебы, спадарожнік Sentinel-2, маніторынг, дыстанцыйнае зандзіраванне, дэшыфраванне, Салігорскі раён

Introduction. Soil salinization, as one of the important components affecting soil degradation, has a major impact on the sustainability of agriculture and environmental sustainability changes. Soil plays a major role in supporting the growth of plants, including crops. Soil acts as a physical support for plants, providing the nutrients and water they need to grow. This undoubtedly makes soil the most important component of the environment. However, soil salinization due to various reasons, such as irrational mineral extraction, has many unforeseen effects on soil fertility and plant growth [1].

The production process in industrial environments can cause impacts on the surrounding environment, including, but not limited to, an increase in the salinity of the soil and the release of related pollutants. When these impacts continue over a long period of time, they can lead to changes in the soil structure, which can have an impact on the growth of plants. This change is soil salinization, which poses an unspeakable threat to agricultural activities, crop production, and ecological activities in general.

The Soligorsk region of Belarus, territory of the production of potash, makes the soil more vulnerable to the risk of soil salinization. Mining and industrial processes in the region result in the release of large quantities of pollutants into the environment through the water cycle and direct contamination of the soil, leading to an increase in soil chemical pollution in the region.

In the face of such a serious crisis of soil salinization in the Soligorsk region, it is necessary to use appropriate and efficient means of monitoring. The use of satellite image data based on remote sensing technology is an effective instrument of monitoring the level of soil salinization in the Soligorsk district.

This approach is made possible by the use of multispectral Sentinel-2 satellite data, which are based on high resolution format, have a short re-entry period and are easy to use. Therefore, the main objective of the present study was to use Sentinel-2 data to monitor the level of soil salinization in the Soligorsk district of Belarus. By interpreting the high light remote sensing image data of the study area, it is possible to obtain a suitable model for assessing soil salinization as well as the spatial distribution and temporal pattern of soil salinity evolution, which will provide suitable references for understanding local soil pollution and future land management systems, and will be an important reference for the environmentally sustainable development of the Soligorsk district.

Background. Remote sensing techniques, especially using satellite-based platforms, are widely used to monitor soil salinity and alkalinity. Their ability to provide synoptic and repeat coverage over large areas has made them invaluable in this regard. The use of satellite data and its waveband characteristics has been recognized since the 1980s. In the 1990s, the availability of hyperspectral data from satellites like Terra, TM, Quickbird, SPOT, IRS, Hymap, AME, and Hyperion facilitated the development of multi-band, wide-range, and multi-temporal remote sensing satellites dedicated to land observation and soil monitoring [2, 3].

Spectral characteristics of saline soils play a key role in identifying and monitoring soil salinity through remote sensing. For instance, Csillag identified specific bands in the visible, near-infrared, and mid-infrared zones that distinguish different stages of salinization and alkalization. Frequency bands such as 550–770 nm, 900–1030 nm, 1270–1520 nm, and 1940–2150 nm have been identified for detecting land salinization [4].

Various methods have been used to extract salinity information through remote sensing, including visual interpretation, range-band selection, K-T variation, principal component analysis, IHS variation, image ratio operation, maximum similarity classification, decision tree, neural network, fuzzy classification, surface decomposition elements and integrated modeling of multi-source data. In addition, the integration of remote sensing data with ground-based data and vegetation cover accounting facilitate accurate and reliable land and soil monitoring [5–7].

In recent years the Sentinel-2 satellite imagery an ESA mission has been widely used to monitor soil salinity and alkalinity. Sentinel-2 provides valuable data for monitoring studies with high-resolution optical imagery and multispectral imager spanning 13 spectral bands across multiple regions, including visible, near-infrared, and shortwave infrared zones [8]. Studies have successfully used Sentinel-2 data and various indices such as Normalized Difference Salinity Index (NDSI) and Soil-adjusted Vegetation Index (SAVI) to map and assess soil salinity and alkalinity [9].

Previous studies around the world and in regions such as Belarus have demonstrated the effectiveness of remote sensing, especially using Sentinel-2 data, for monitoring soil salinity and alkalinity [10]. Belarusian research is focused on soddy-podzolic soils, common in temperate and boreal forest regions. Remote sensing data including Sentinel-2 imagery have been used to monitor soil properties, including spectral response analysis, index identification, and integrated modeling [11].

The researchers identified specific wavelength ranges and indices that are sensitive to soil salinity and alkalinity in soddy-podzolic soils by analyzing the relationship between remote sensing data and soil properties. Integrating remote sensing data with other geospatial information, such as soil sampling and climate data, improves the accuracy and reliability of soil monitoring in Belarus.

Thus remote sensing techniques, especially satellites such as Sentinel-2, offer a reliable tool for monitoring soil salinity and alkalinity. The spectral characteristics of saline soils combined with various statistical analysis methods make it possible to identify and extract information about salinity. Integration of remote sensing data with ground-based data and land cover recording facilitate accurate and reliable monitoring at regional and local levels. Sentinel-2 data has proven its effectiveness in global studies and in regions such as Belarus, highlighting its potential for accurate and reliable monitoring of soil salinity and alkalinity.

Object and method. Study area and satellite image selection. The study focused on the northern part of Soligorsk (Belarus), known for the production of potash fertilizers. The geographical coordinates of the study area range from 52°44' to 52°56'N latitude and 27°21' to 27°43'E longitude, as shown in Figure 1.

The technological impact on the soil cover of the Soligorsk mining region is due to the activities of JSC “Belarusian Potassium” (“Belaruskali”). These pollutants include halite dust from salt dumps, leakage of saline solution from a slurry pond, discharge of pollutants from stacks of a cassiterite processing plant, transport of salt due to wind erosion of salt dumps, as well as dissolution of the saline solution by precipitation, leading to the formation of a concentrated salt solution [9]. The salt dumps cover an area of 608.3 hectares with a waste volume of 980 million tons; the sludge dumps cover an area of 939.9 hectares with a total weight of clay-salt-sludge waste of 115 million tons [12]. The uniqueness of the clay-salt waste from mine site No. 4 lies in the fact that the halogenation method is used in the production of potassium chloride fertilizers. Previous studies have found low salt content, consisting mainly of water (79.4 %), sodium chloride (7.7 %), potassium chloride (5.6 %) and calcium sulfate (5.3 %) [13]. The sludge contains 0.25 % calcium chloride and 0.42 % magnesium chloride which significantly affects the local soils of Soligorsk.

Remote sensing data was collected from ESA’s Sentinel-2 satellite, specifically the S2A satellite on April 4, 2018 and the S2B satellite on March 19, 2023. The selection of remote sensing image time series from the spring season is chosen given the minimal vegetation cover and melting snow during this period. This choice ensures effective monitoring of soil conditions and eliminates the influence of vegetation and snow on the accuracy of the data.

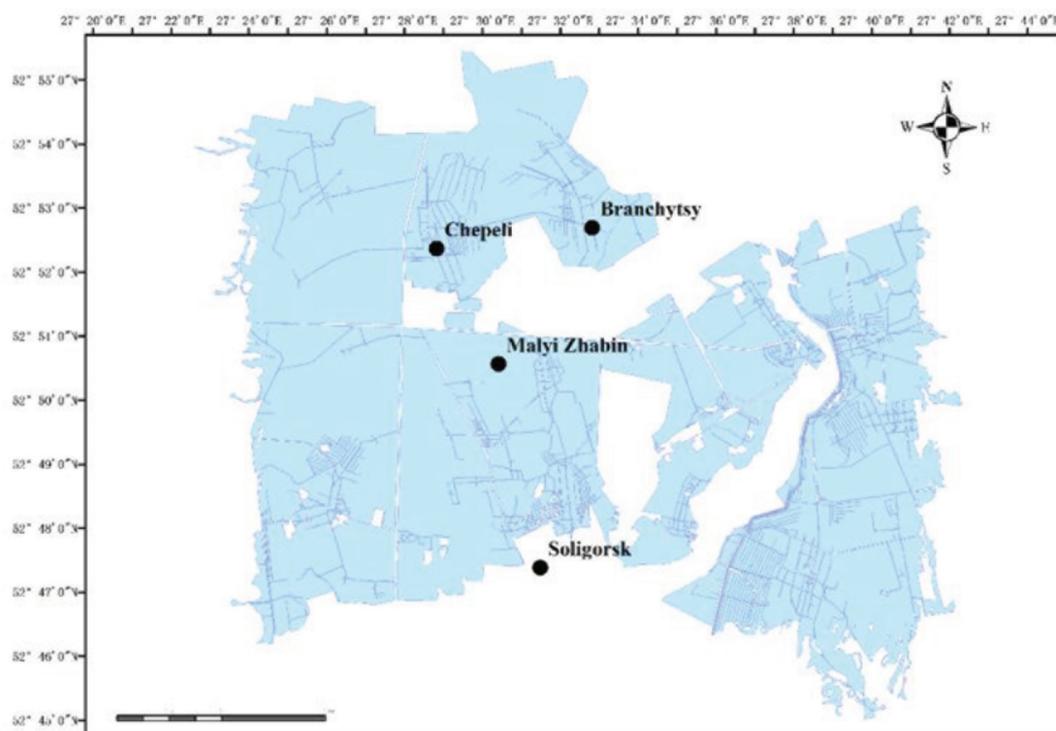


Fig. 1. The geographical location of the study area

Method. The remote sensing images used in this study were selected on the principle that the images were acquired as close as possible to the sampling time of the study area and without cloud cover. A total of seven salinity-related factors such as vegetation index, salinity index, substrate factor, intrinsic space, TCT coefficient, stripe reflectivity and topographic factor were identified as supporting information for salinity monitoring. The specific classification is presented in Table 1.

Table 1. Salinization-related indexes extracted for prediction model in Soligorsk district

Abbreviation	Equation	Reference
NDVI	$(NIR - R) / (NIR + R)$	Celleri et al. 2019 [14]
EVI	$2,5(NIR - R) / (NIR + 6R - 7,5B + 1)$	Peng et al. 2019 [15]
RVI	NIR / R	Celleri et al. 2019 [14]
ENDVI	$(NIR + SWIR2 - R) / (NIR + SWIR2 + R)$	Wang et al. 2017 [16]
MSAVI	$\left[2NIR + 1 - \sqrt{(2NIR + 1)^2 - 8(NIR - R)} \right] / 2$	Celleri et al. 2019 [14]
ARVI	$(NIR - 2R + B) / (NIR - 2R - B)$	Guo et al. 2018 [17]
VSSI	$2G - 5(R + NIR)$	Dehni et al. 2012 [18]
S3	$(G * R) / B$	Allbed et al. 2014 [19]
SI-T	$100(R - NIR)$	Wang et al. 2017 [16]
SI	\sqrt{BR}	Allbed et al. 2014 [19]
S6	$(NIR * R) / G$	Allbed et al. 2014 [19]
WI	$0,151R + 0,197G + 0,328B + 0,341NIR - 0,711SWIR1 - 0,457SWIR2$	Crist. 1985 [20]
GVI	$-0,285B - 0,244G - 0,544R + 0,724NIR + 0,084SWIR1 - 0,180SWIR2$	Crist. 1985 [20]
WSI	$\sqrt{(1 - WI)^2 + SI^2}$	Li et al. 2015 [21]
NWI	$\sqrt{(MSAWI - 1)^2 + (WI - 1)^2}$	Li et al. 2015 [21]
NSI	$\sqrt{(MSAWI - 1)^2 + SI^2}$	Li et al. 2015 [21]
α_{Vis}	$0,44B + 0,170G + 0,240R$	Liang et al. 2023 [22]

Result and analysis. Map of soil species distribution in the study area based on field measurements. To train the predictive model 200 control points were selected based on historical data, field measurements and various soil types in the study area (Figure 2). A schematic diagram of soil types and the proportion of the area occupied by the various soil in the study area are shown in Figure 3 and Table 2.

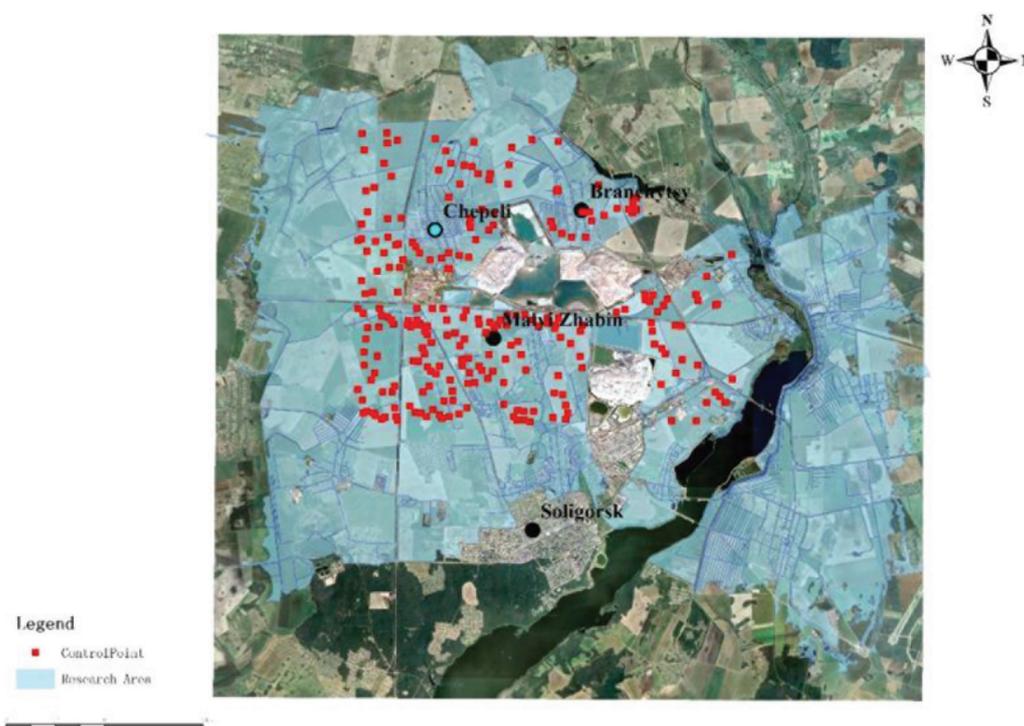


Fig. 2. Accuracy assessment prediction model derived from remote sensing data

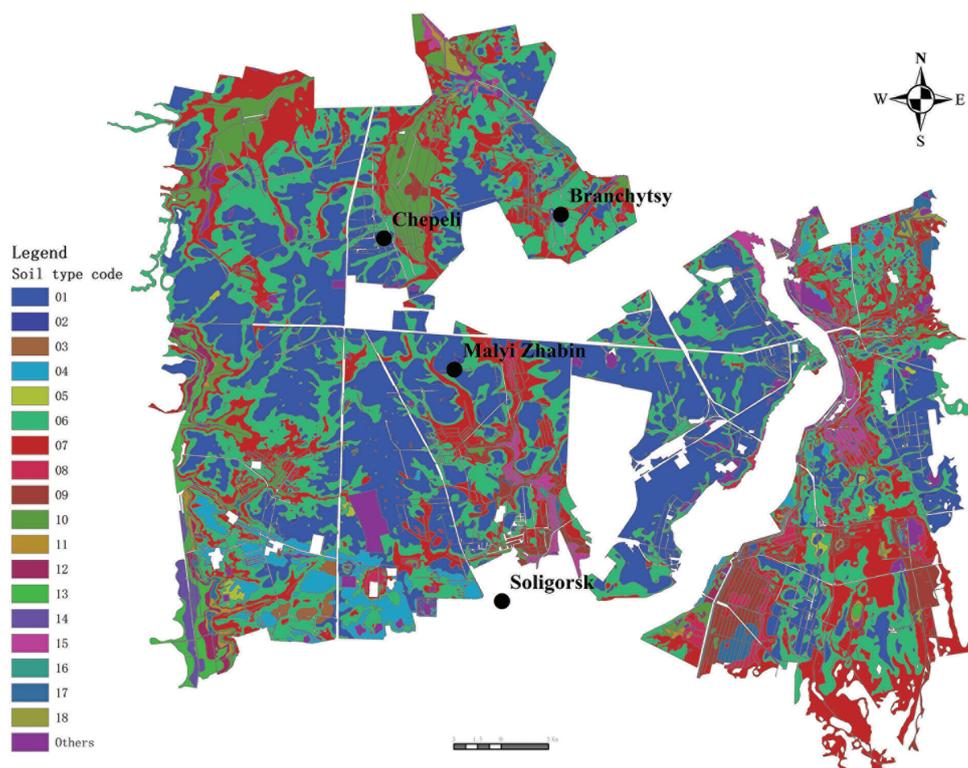


Fig. 3. The soil cover characteristics of the study area

Table 2. The proportion of the study area occupied by the various soils

Soil	Hectares	Percentage
01. Soddy-pale-podzolic loamy soils on loess-like light loams, underlain by cohesive rocks from a depth of 0.5–1.0 m	6 154.2	31.9
06. Soddy-podzolic, temporarily excessively moist (slightly gleyic) loamy soils on loess-like light loams	5 645.8	29.3
07. Soddy-podzolic gleyic loamy soils on loess-like light loams, underlain by cohesive rocks from a depth of 0.5– 1.0 m	3 772.9	19.6
10. Sod-gley medium-deep loamy soils on loess-like light loams, underlain by loose rocks with a depth of 0.5– 1.0 m	932.1	4.8
09. Soddy-gley medium-deep loamy soils on loess-like light loams, underlain by loose rocks with a depth of 0.5– 1.0 m	584.9	3.0
04. Soddy-podzolic sandy soils on fluvio-glacial cohesive sands, underlain by loose rocks with a depth of up to 0.5 m.	317.1	1.6
15. Alluvial sod-gley soils on light loamy alluvium, replaceable sandy alluvium	312.0	1.6
08. Sod-podzolic gley loamy soils on loess-like light loams, underlain by loose rocks with a depth of 0.5–1.0 m	281.3	1.5
13. Medium-deep peat soils (peat thickness up to 1.0–2.0 m) on sedge peat, underlain by loose rocks	188.5	0.9
12. Peat thin soils (peat thickness up to 0.5–1.0 m) on sedge-reed and reed-sedge peats, underlain by loose rocks	147.9	0.8
02. Soddy-pale-podzolic slightly washed away sandy loam lands on loess-like cohesive sandy loams, underlain by loose rocks with a level of 0.5–1.0 m	130.8	0.7
17. Degropeat peat-mineral residual gleyed moderately mineralized (organic matter 30.1–40 %) soils, underlain by loose rocks	126.6	0.7
14. Thick peat soils (peat thickness more than 2.0 m) on sedge peat underlain by loose rocks	86.3	0.7
11. Peat-gley relief soils (peat thickness up to 0.3–0.5 m) on sedge peats underlain by loose rocks	75.8	0.4
18. Degropeat mineral residual-peaty (mineral residual-peaty) dark gray (organic matter 10.1–20 %) cohesive sandy soils	70.9	0.4
03. Soddy-pale-podzolic contact gleyed susoid soils on forest-sandy cohesive sandy loams, underlain by binder rocks	53.1	0.3
05. Soddy-podzolic gleyed lower sandy areas on fluvio-glacial cohesive sands, underlain by loose rocks with a depth of up to 0.5 m	50.5	0.3
16. Silty - peaty medium-deep soils (peat thickness up to 1.0–2.0 m) on reed peats, underlain by loose rocks	43.7	0.2
Others	315.9	1.6

Remote sensing index analysis based on actual control points. In addition, 200 samples were selected from the study area to test the correlation between the above indicators and the ground cover, which were calculated in the RStudio software in order to obtain the following matrix (Figure 4).

P	NSI	NWI	WSI	α Vis	GVI	WI	S6	SI	GDVI	SI_T	SI3	ENDVI	VSSI	ARVI	NDVI	RVI	EVI
NSI		0.0000	0.434	0.0811	0.0000	0.4738	0.0000	0.0328	0.0000	0.0000	0.0683	0.4484	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4484
NWI	0.0000		0.0000	0.0063	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0000	0.0000	0.0058	0.7156	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7156
WSI	0.434	0.0000		0.0015	0.0289	0.0000	0.0000	0.0004	0.7143	0.6484	0.0017	0.0086	0.0028	0.4992	0.9954	0.0223	0.0086
α Vis	0.0811	0.0063	0.0015		0.0034	0.0069	0.0000	0.0000	0.0000	0.8343	0.0000	0.0032	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032
GVI	0.0000	0.0000	0.0289	0.0034		0.0364	0.0000	0.0009	0.0000	0.0000	0.0034	0.6749	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6749
WI	0.4738	0.0000	0.0000	0.0069	0.0364		0.0000	0.0020	0.5824	0.6543	0.0076	0.0106	0.0083	0.6225	0.8568	0.0368	0.0106
S6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SI	0.0328	0.0011	0.0004	0.0000	0.0009	0.0020	0.0000		0.0000	0.8573	0.0000	0.0015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015
GDVI	0.0000	0.0000	0.7143	0.0000	0.0000	0.5824	0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
SI_T	0.0000	0.0000	0.6484	0.8343	0.0000	0.6543	0.0000	0.8573	0.0000		0.8932	0.3162	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3162
SI3	0.0683	0.0058	0.0017	0.0000	0.0034	0.0076	0.0000	0.0000	0.0000	0.8932		0.0019	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019
ENDVI	0.4484	0.7156	0.0086	0.0032	0.6749	0.0106	0.0000	0.0015	0.0001	0.3162	0.0019		0.0002	0.0333	0.0004	0.2647	0.0000
VSSI	0.0000	0.0000	0.0028	0.0000	0.0000	0.0083	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002		0.0000	0.0000	0.0003	0.0002
ARVI	0.0000	0.0000	0.4992	0.0000	0.0000	0.6225	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0333	0.0000		0.0000	0.0000	0.0333
NDVI	0.0000	0.0000	0.9954	0.0000	0.0000	0.8568	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000		0.0000	0.0004
RVI	0.0000	0.0000	0.0223	0.0000	0.0000	0.0368	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2647	0.0003	0.0000	0.0000		0.2647
EVI	0.4484	0.7156	0.0086	0.0032	0.6749	0.0106	0.0000	0.0015	0.0001	0.3162	0.0019	0.0000	0.0002	0.0333	0.0004	0.2647	

Fig. 4. Spectral indices of study area obtained by the Sentinel 2 satellite

The above-mentioned spectral indices demonstrate a statistically substantiated tendency to correlate with the type of vegetation cover and soil salinity in the area. However, this correlation is not considered significant and is used as an additional test to build the model.

Best estimate model inversion was used to obtain the distribution of soil salinity classes in the spring for two consecutive years (Figure 5). The corresponding proportion of each class of soil salts in the area was tabulated (Table 3).

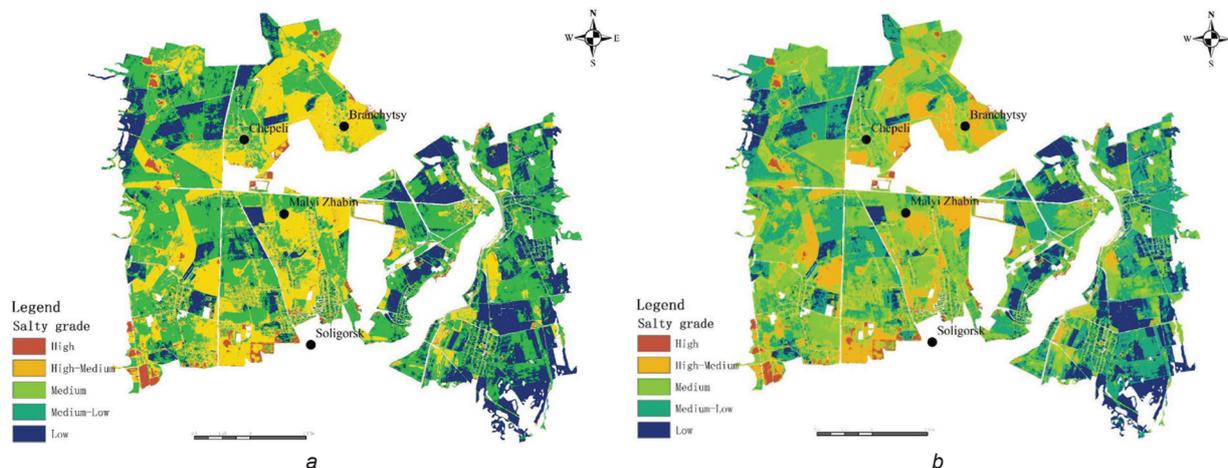


Fig. 5. Distribution map of soil salt content 2018 (a) and 2023 (b) graph in spring

In the study area, soil salinization is graded, with a central focus on the main reservoirs and a symmetrical distribution towards the periphery. The overall range indicates higher salinity in the west compared to the east.

Analysis of regional changes in the salinity composition of soils shows a decrease in non-saline and highly saline soils and a significant increase in moderately saline soils. Using the formula for calculating soil salinity in the study area, the salinity index was determined to be 17.2347 in 2018 and 12.1527 in 2023. This indicates a general trend towards improvement of soil condition in the study area.

By combining the resulting soil salinity class maps for 2018 and 2023 with images of land cover data, the information presented in the following table can be obtained (Table 4).

Most soil types in the study area have code 27 Soddy-pale-podzolic loamy soils on loess-like light loams, which is more evenly distributed in the study area, where for all soils of this type the average salinity level

Table 3. Proportion of areas with different soil salinity in 2018 and 2023 according to the model, %

Year	Non-saline soils	Mildly saline soils	Moderately saline soils	Heavily salinized soils	Saline soil
2018	20.42	32.02	24.611	22.939	0.01
2023	13.52	34.09	33.45	18.91	0.02

Table 4. Land salinity for different surface cover

Soil type code	Salinity minimum	Salinity maximum	Average salinity	Standard Deviation
01	1	5	3.39589	0.958251
06	1	5	3.403881	0.971077
07	1	5	3.514184	1.014814
10	1	5	3.099974	0.927744
09	1	5	3.410117	1.058277
04	1	5	2.92498	1.00748
15	1	5	3.360177	0.937621
08	1	5	3.609232	1.003174
13	1	5	2.650213	1.167214
12	1	5	2.93332	1.071109
02	1	5	3.714051	1.038917
17	1	5	3.426266	0.821902
14	1	4	2.380997	0.965918
11	1	5	3.287623	0.926658
18	1	5	3.249312	0.91649
03	1	5	2.740132	0.650477
05	1	5	3.571712	1.026592
16	1	4	2.445605	0.658049

of 3.39 is more close to the general soil salinity of the region as a whole, higher, with a standard deviation of 0.96, which corresponds to the soil being regional. The standard deviation is 0.96, which corresponds to the distribution pattern of this soil type as the main soil of the region. Soil types codes 230, 229, and 82 are predominantly grasslands. The salinity of these soils is basically the same as that of code 27 soils, which also corresponds to the geography conditions of Soligorsk district. The change in standard deviation is mainly reflected in the influence of the moistening on soil salinity.

Discussion of soil salinity changes. It was found that the green, red and near-infrared bands had the highest light reflectance, which correlated with soil salinity, which was basically consistent with the results of related studies.

In order to minimize the influence of vegetation on soil salinity acquisition, this study first selected springs with low vegetation cover, and secondly representative areas with relatively uniform vegetation cover were selected as the sampling area to account for factors by remote sensing methods.

In general, soil salinity in the study area is generally moderate – slightly saline and moderately saline soils predominate. The spatial distribution is influenced by the main wastewater ponds of potash mines with high mineralization of groundwater, which leads to severe salinization, and the eastern part is influenced by fresh-water flow, which mitigates soil salinization to a certain extent. The overall level of salinity in the study area has not changed significantly, but the overall dynamics show a softening trend.

In addition, based on the IDW method, the main salinity centers of the forecasting area were mapped using the soil salinity inversion model of the soil cover type.

Combined with the research results of this paper, the application of saline and alkaline land reclamation in the study area should be based on different salinity characteristics and their modification rules, and suitable soil improvement measures should be selected according to local conditions.

Conclusion. In the represented paper, an index of soil salinity content was constructed by taking into account soil types and multi-temporal and spatial remote sensing data in the northern part of the Soligorsk potash field as the study area. The soil salinity dynamics in the study area was statistically analyzed by using an inversion model of soil salinity. The following conclusions were drawn:

The sensitive bands of soil salinity are green light B3, red light B4, and near-infrared band B8, remote sensing indices constructed on the basis of the above bands are more helpful in detecting soil salinity. Based on this stripe, a soil model can be built to detect the soil in an area with domination of soddy-podzolic soils.

During the period of 2018-2023 the degree of soil salinity in the study area shows a slightly mitigating trend, and the degree of soil salinity change is not high.

Based on the main potassium fertilizer mining area north of Soligorsk this study proposes an effective method for remote sensing inversion and monitoring the soil salinity dynamics, which provides a better understanding of the features and patterns of soil salinity dynamics in the study area. It provides the scientific tools and framework for management of saline land resources caused by potash mining.

References

1. *Sahbeni G., Ngabireet M., Musyimi P., Székely B.* Challenges and Opportunities in Remote Sensing for Soil Salinization Mapping and Monitoring: A Review. *Remote Sensing*, 2023, vol. 15, iss.10, pp. 25–40.
2. *Allbed A., Kumar L., Aldakheel Y. Y.* Assessing soil salinity using soil salinity and vegetation indices derived from IKONOS high-spatial resolution imageries: Applications in a date palm dominated region. *Geoderma*, 2014, 230–231, pp. 1–8.
3. *Bouaziz M., Matschullat J., Gloaguen R.* Improved remote sensing detection of soil salinity from a semi-arid climate in Northeast Brazil. *Comptes Rendus Geoscience*, 2011, 343:795–803.
4. *Csillag F., Pásztor L., Biehl L. L.* Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils. *Remote Sensing of Environment*, 1993, vol. 43, iss. 3, pp. 231–242.
5. *Shang R., Zhu Z.* Harmonizing Landsat 8 and Sentinel-2: A time-series-based reflectance adjustment approach. *Remote Sensing of Environment*, 2019, vol. 235. P. 111439.
6. *Wang Z., Zhang F., Zhang X., Chan N. W., Kung H., Zhou X., Wang Y.* Quantitative Evaluation of Spatial and Temporal Variation of Soil Salinization Risk Using GIS-Based Geostatistical Method. *Remote Sensing*, 2020, vol. 12, iss. 15. P. 2405.
7. *Zhang Z., Niu B., Li X., Kang X., Hu Z.* Estimation and Dynamic Analysis of Soil Salinity Based on UAV and Sentinel-2A Multispectral Imagery in the Coastal Area, China. *Land*, 2022, vol. 11, iss. 12. P. 2307.
8. *Ali A., Martelli R., Lupia F., Barbanti L.* Assessing Multiple Years' Spatial Variability of Crop Yields Using Satellite Vegetation Indices. *Remote Sensing*, 2019, vol. 11, iss. 20. P. 2384.
9. *Zhang J., Zhang Z., Chen J., Chen H., Jin J., Han J., Wang X., Song Z., Wei G.* Estimating soil salinity with different fractional vegetation cover using remote sensing. *Land Degradation & Development*, 2021, vol. 32, iss. 2, pp. 597–612.
10. *Guo S., Xia Y., Wan H., Shang S.* Characterizing the spatiotemporal evolution of soil salinization in Hetao Irrigation District (China) using a remote sensing approach. *International Journal of Remote Sensing*, 2018, vol. 39, no. 20, pp. 6805–6825.
11. *Xu H., Chen Ch., Zheng H., Luo G., Yang L., Wang W., Wu Sh., Ding J.* AGA-SVR-based selection of feature subsets and optimization of parameter in regional soil salinization monitoring. *International Journal of Remote Sensing*, 2020, vol. 41, no. 12, pp. 4470–4495.
12. *Khairulina E. A., Khomich V. S., Liskova M. Yu.* Geoecological problems of developing potassium salt deposits. *News of Tula University. Geosciences*, 2018, vol. 2, pp. 112–126 (in Russian).
13. *Chervan A. M., Ustinova A. M., Tsyrybko V. B.* Spatiotemporal Changes of Soil Salinization in the Soligorsk Mining Region. *Eurasian Soil Science*, 2019, vol. 52, no. 8, pp. 998–1006.
14. *Celleri C., Zapperi G., González Trilla G., Pratolongo P.* Assessing the capability of broadband indices derived from Landsat 8 Operational Land Imager to monitor above ground biomass and salinity in semiarid saline environments of the Bahía Blanca Estuary, Argentina. *International Journal of Remote Sensing*, 2019, vol. 40, no. 12, pp. 4817–4838.
15. *Peng J., Biswas A., Jiang Q., Zhao R., Hu J., Hu B., Shi Z.* Estimating soil salinity from remote sensing and terrain data in southern Xinjiang Province, China. *Geoderma*, 2019, vol. 337, pp. 1309–1319.
16. *Wang, F., Ding J., Wei Y., Zhou Q.-qian, Xiaodong Y., Wang Q.-feng.* Sensitivity Analysis of Soil Salinity and Vegetation Indices to Detect Soil Salinity Variation by Using Landsat Series Images: Applications in Different Oases in Xinjiang, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, vol. 37, no. 15, pp. 5007–5022 (in Chinese).
17. *Guo B., Yang F., Fan Y., Han B., Chen Sh., Yang W.* Dynamic monitoring of soil salinization in Yellow River Delta utilizing MSAVI–SI feature space models with Landsat images. *Environmental Earth Sciences*, 2019, vol. 78, no. 10. P. 308.
18. *Dehni A., Lounis M.* Remote Sensing Techniques for Salt Affected Soil Mapping: Application to the Oran Region of Algeria. *Procedia Engineering*, 2012, vol. 33, pp.188–198.
19. *Allbed A., Kumar L., Sinha P.* Mapping and Modelling Spatial Variation in Soil Salinity in the Al Hassa Oasis Based on Remote Sensing Indicators and Regression Techniques. *Remote Sensing*, 2014, vol. 6, no. 2, pp. 1137–1157.
20. *Crist E. P.* A TM Tasseled Cap equivalent transformation for reflectance factor data. *Remote Sensing of Environment*, 1985, vol. 17, no. 3, pp. 301–306.
21. *Li Y., Ding J., Sun Y.* Remote Sensing Monitoring Models of Soil Salinization Based on the Three Dimensional Feature Space of MSAVI-WI-SI. *Research of Soil and Water Conservation*, 2015, vol. 22, no. 4, pp. 117–121 (in Chinese).
22. *Liang S.* Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I. *Remote Sensing of Environment*, 2001, vol. 76, no. 2, pp. 213–238.

Received 16.01.2024

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ**MINERAL RESOURCES****МИНЕРАЛЬНА-СЫРАВИННЫЯ РЭСУРСЫ**

ISSN 1810-9810 (Print)

УДК [330.341.1+001.895](476), 621.039(476)

А. В. Цедрик*Институт экономики Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,**e-mail: aleksandr.cedrik.90@mail.ru***ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРАН МИРА
ПО ОБЕСПЕЧЕННОСТИ СТРАТЕГИЧЕСКИМИ ВИДАМИ
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ: НЕФТЬ, ПРИРОДНЫЙ ГАЗ, УГОЛЬ, УРАН**

Аннотация. Рассмотрены общепринятые существующие модели минерально-сырьевого обеспечения в мировой экономике. Представлена принятая классификация запасов минерального сырья в Республике Беларусь. Проанализирован ряд полезных ископаемых (нефть и нефтепродукты, природный газ, уголь, уран), определяющих стратегический состав минерально-сырьевой базы с целью обеспечения энергоресурсами как мировой экономики, так и отдельных государств. Проанализированы тенденции и изменения в количественном отношении стратегических видов ископаемого сырья, причины и факторы, повлиявшие на изменения показателей добычи и запасов в период с 2011 по 2021 г. в межстрановом разрезе. Внесены рекомендации, позволяющие Республике Беларусь перейти из импортной модели минерально-сырьевого обеспечения в комбинированную.

Ключевые слова: минерально-сырьевые ресурсы, модели минерально-сырьевого обеспечения, продукция с высокой добавленной стоимостью, добыча и производство полезных ископаемых, специализация

A. V. Tsedrik*Institute of Economics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,**e-mail: aleksandr.cedrik.90@mail.ru***ECONOMIC AND GEOGRAPHICAL CHARACTERISTICS OF COUNTRIES OF THE WORLD IN TERMS
OF AVAILABILITY OF STRATEGIC TYPES OF MINERAL RESOURCES: OIL, NATURAL GAS, COAL, URANIUM**

Abstract. This article considers and describes the existing models of mineral resource endowment. The accepted classification of mineral reserves in the Republic of Belarus is presented. A number of major or strategically important minerals that determine the strategic composition of the fuel and energy balance are analyzed. Trends and changes in the quantitative ratio of strategic types of fossil raw materials, reasons and factors that affected the change in production and reserves in the period from 2011 to 2021 in the cross-country context are analyzed. Recommendations have been made, allowing the Republic of Belarus to move from the import model of mineral and raw materials supply to the combined one.

Keywords: mineral resources, models of mineral and raw materials supply, products with high added value, extraction and production of mineral raw materials, specialization

А. В. Цэдрык*Інстытут эканомікі Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь,**e-mail: aleksandr.cedrik.90@mail.ru***ЭКАНОМІКА-ГЕАГРАФІЧНАЯ ХАРАКТАРЫСТЫКА КРАІН СВЕТУ ПА ЗАБЕСПЯЧЭННІ СТРАТЭГІЧНЫМІ ВІДАМІ
МИНЕРАЛЬНА-СЫРАВИННЫХ РЭСУРСАЎ: НАФТА, ПРЫРОДНЫ ГАЗ, ВУГАЛЬ, УРАН**

Анотацыя. Разгледжаны агульнапрынятыя мадэлі мінеральна-сыравіннага забеспячэння ў сусветнай эканоміцы. Прадстаўлена прынятая класіфікацыя запасаў мінеральнай сыравіны ў Рэспубліцы Беларусь. Прааналізаваны шэраг карысных выкапняў (нафта і нафтапрадукты, прыродны газ, вугаль, уран), якія вызначаюць стратэгічны склад мінеральна-сыравіннай базы з мэтай забеспячэння энергарэсурсамі як сусветнай эканомікі, так і асобна ўзятых дзяржаў. Прааналізаваны тэндэнцыі і змены ў колькасных адносінах стратэгічных відаў выкапнёвай сыравіны, прычыны і фактары, якія паўплывалі на змены паказчыкаў здабычы і запасаў у перыяд з 2011 па 2021 г. у міжкраінавым разрэзе. Унесены рэкамендацыі, якія дазваляюць Рэспубліцы Беларусь перайсці з імпортнай мадэлі мінеральна-сыравіннага забеспячэння ў камбінаваную.

Ключавыя словы: мінеральна-сыравінныя рэсурсы, мадэлі мінеральна-сыравіннага забеспячэння, прадукцыя з высокай дабаўленай вартасцю, здабыча і вытворчасць карысных выкапняў, спецыялізацыя

Введение. Минеральные ресурсы на планете распределены неравномерно – одни страны богаты самыми разнообразными ископаемыми, другие обладают лишь отдельными их видами. Во многих случаях именно наличие минерального сырья оказывает влияние на экономическое благосостояние страны.

В основе мирового минерально-сырьевого обеспечения лежат четыре модели: экспортная, импортная, изоляционная и комбинированная [1–5].

Экспортная модель может быть представлена одним из двух сценариев: рентное освоение недр слаборазвитых стран иностранными компаниями либо «нефтедолларовое» обеспечение отраслей экономики и социальной сферы страны путем освоения значительных запасов собственных месторождений полезных ископаемых государственными организациями или совместными компаниями и вывоза из страны товаров начального передела. В обоих случаях преобладают вывоз минерального сырья и ввоз финансов при различном уровне использования последних для развития стран-производителей.

Импортная модель реализуется по трем сценариям. Первые два характерны для высокоразвитых стран. При этом часть из них испытывает дефицит минерального сырья, а другая целенаправленно использует сырьевые источники и дешевую рабочую силу в менее развитых странах при сохранении собственных ресурсов и экологии окружающей среды. Третий сценарий характерен для развивающихся стран, испытывающих острый дефицит сырьевой продукции для внутреннего потребления. Для всех сценариев этой модели основным элементом развития экономики является ввоз в страну дефицитных и стратегических видов минерального сырья и произведенной на их основе продукции.

Изоляционная модель (модель достаточного самообеспечения) предполагает самостоятельное освоение собственных недр без определяющего влияния иностранного капитала и дополнительного ввоза минерального сырья с последующим потреблением производимой на его основе продукции на внутреннем рынке.

Комбинированная модель может развиваться по двум направлениям. Первое направление – сбалансированное обеспечение экономического развития страны за счет разработки собственных недр, вывоза излишков минерального сырья в другие страны, импорта недостающей минерально-сырьевой продукции за счет развития внешнеторговых связей и участия в освоении минерально-сырьевых баз других государств. Второе направление предполагает стремление отдельных высокоразвитых стран осуществлять глобальный контроль за стратегическими видами сырья при возможности достаточного обеспечения своих потребностей за счет освоения собственных минерально-сырьевых баз.

Кратко охарактеризованные выше модели минерально-сырьевого обеспечения редко проявляются в чистом виде для конкретных стран. В большинстве случаев получают развитие комбинированные модели этих вариантов. Наиболее полноценной является комбинированная модель сбалансированного экспортно-импортного минерально-сырьевого обеспечения. Ее основой являются следующие составляющие: устойчивое развитие собственной минерально-сырьевой базы для удовлетворения потребностей национального хозяйства наиболее востребованными видами минерального сырья; развитие направления экспортных поставок как излишков минерального сырья, так и готовой минерально-сырьевой продукции; участие в освоении минерально-сырьевых баз других стран для осуществления поставок стратегического и дефицитного сырья на свою территорию и торговли его излишками на международных рынках; обеспечение импортных поставок остро необходимой минерально-сырьевой продукции на выгодных для государства условиях. Правительства многих стран стремятся к созданию такой модели сырьевого обеспечения с учетом особенностей развития собственных минерально-сырьевых баз.

Цель данной работы – оценка обеспеченности ряда государств основными либо стратегически важными в глобальном отношении минерально-сырьевыми ресурсами (МСР), а также теми МСР, которые способны войти в состав создания инновационной продукции с полезными свойствами и высокой добавленной стоимостью.

Основными задачами исследования являются:

анализ динамики добычи и производства ряда МСР (нефть, природный газ, уголь каменный и бурый, уран) в период с 2011 по 2021 г.;

определение группы лидеров в сфере добычи МСР, а также лидеров по запасам различного сырья; сферы применения и внедрения минерального сырья в инновационную область для создания продуктов с полезными свойствами и высокой добавленной стоимостью;

рекомендации по применению такого сырья для Беларуси, возможные сценарии при переходе государства из импортной модели использования МСР в комбинированную.

Результаты и их обсуждение. Беларусь испытывает острый дефицит во многих видах минерального сырья для внутреннего потребления. Минерально-сырьевое обеспечение страны приближено к третьему сценарию импортной модели, так как наличие собственной минерально-сырьевой

базы не позволяет удовлетворять в значительной мере потребности внутреннего рынка, поэтому республика вынуждена импортировать минеральное сырье или производимую из него продукцию.

В целом мировые запасы минеральных ресурсов оцениваются примерно в 12,5 трлн т (на начало 2021 г.). Больше половины из них – уголь, еще треть – нефть и газ. Оставшуюся часть занимают металлы и неметаллические ископаемые.

Среди стран, в которых обнаружены значительные залежи минеральных ресурсов, можно назвать Россию, США, Китай, Индию, Канаду, Саудовскую Аравию, Норвегию, Бразилию.

Уровень обеспеченности государства собственными МСР – один из факторов стабильного и эволюционного развития государства. В то же время следует понимать, что высокие количественные показатели обеспеченности собственным сырьем необязательно свидетельствуют о том, что государству будут обеспечены экономический рост и развитие экономики страны в целом. Но фактор размещения и нахождения крупных месторождений и предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых оказывает влияние на экспортный и трудовой потенциал как региона, так и государства в целом. Например, ряд африканских стран обладает обширными залежами минерального сырья. Нередки случаи, когда месторождения уникальны в своем роде либо обнаруживаются месторождения редкоземельных металлов и их проявлений. Однако в силу экстенсивного ведения народнохозяйственной деятельности по добыче, отсутствия стабильно функционирующей инфраструктуры, географической удаленности месторождений относительно крупных городов, нестабильная социально-экономических и политических процессов горнодобывающая и обрабатывающая промышленность в сфере МСР не способна выйти на должный уровень и обеспечить либо существенный экономический рост, либо сформировать экспортный потенциал данным государствам.

Целесообразно обратить внимание и на уровень обеспеченности МСР ряда государств, их место и роль в глобальной экономике, а также ряд факторов, обусловивших развитие данного сектора экономики.

Подготовленную к освоению часть МСР в виде множества выявленных и разведанных месторождений с их транспортной и социальной инфраструктурами называют минерально-сырьевой базой. Само же понятие МСР объединяет два аспекта:

горно-геологический – выявленные в недрах промышленные скопления различных полезных ископаемых;

экономический – сырьевая основа функционирования различных отраслей промышленного производства (топливно-энергетический и агрохимический комплексы, металлургия, строительство и т. д.) и объект международного сотрудничества.

МСР – одна из причин международных конфликтов, вызванных стремлением государств иметь доступ к источникам стратегического минерального сырья [6].

Развитие экономики отдельных стран и глобальной экономики в целом во многом зависит от того, насколько полно удовлетворяются их потребности в минеральном сырье. Объясняется данное обстоятельство тем, что в большинстве отраслей материального производства основной «каркас» производимой продукции составляет минеральное сырье. Оно может быть рассмотрено или как потребляемое в виде вспомогательных материалов, или как элемент обеспечения протекания непосредственно производственного процесса. Даже несмотря на то, что в последние годы в связи со вступлением ряда стран в стадию инновационного развития в их национальном продукте наблюдается рост доли отраслей, относящихся к экономике знаний и формированию информационных и информационно-коммуникационных технологий и решений, тенденции снижения потребностей в минеральном сырье и минерально-сырьевой продукции существенным образом не наблюдается, а в масштабах мирового хозяйства роль сырьевого фактора остается весьма существенной [7].

Исследования в части обеспеченности МСР многими государствами рассматриваются в контексте экономической безопасности страны. Но перспективным представляется подход, в соответствии с которым минерально-сырьевой комплекс рассматривается комплексно и является частью национальной экономики Республики Беларусь, то есть определяется через призму не только экономических показателей и дивидендов, а исключительно через народнохозяйственные, социальные, экологические, технико-технологические аспекты с ожидаемым мультипликативным эффектом для иных отраслей. Традиционно большое внимание и в научной литературе, и на практике уделяется изучению минерально-сырьевого комплекса с точки зрения промышленной и экологической безопасности: предотвращение аварий и инцидентов на горных производственных объектах, ликвидация последствий таких аварий, оценка и устранение последствий экологического ущерба от деятельности предприятий горной промышленности. Вместе с тем сегодня недостаточно внимания уделено изучению аспектов экономической безопасности предприятий по извлечению и переработке минерального сырья даже в государствах с развитой рыночной экономикой.

Конечно, существует и ряд так называемых в экономической литературе ловушек в специализации государства. Речь идет о зарабатывании государством денег на экспорте преимущественно одной или двух групп товара, особенно, когда продукция не обладает высокой добавленной стоимостью и не имеет отношения к высокотехнологичному производству. Такой подход принято называть моноспециализацией государства. Самым действенным способом выхода из такой «ловушки» считается диверсификация производства и выпуск продукции с высокой добавленной стоимостью и глубокой конечной переработкой, а также развитие наукоемких отраслей в целом.

Саудовская Аравия, Катар, страны Ближнего Востока, Туркменистан, Нигерия, Бруней и др. – пример тех государств, основу экспортных отношений и промышленного производства которых составляет добыча и производство МСР. Эти государства экономически очень зависимы от котировок и цен на производимые ими одну или две товарные позиции (чаще в таком случае речь идет о нефти и природном газе) на основных мировых биржах. Такие биржи принято называть товарными. На них и ведут торговлю полезными ископаемыми, металлами, драгоценностями. Однако трейдеры товарных бирж в основном торгуют не непосредственно товаром, а контрактами на его поставку – фьючерсами и опционами.

Благодаря работе товарных бирж значительно увеличивается ликвидность рынка. Они играют важную роль в развитии экономики государств и открывают большие возможности перед своими участниками. Несмотря на то что цены обладают достаточно высокой волатильностью, работа на подобной площадке – это возможность выгодного вложения капитала, особенно если достигнут определенный уровень профессионализма в инвестиционной деятельности.

Как правило, все крупные биржи и потребители данного вида сырья сосредоточены в США (Нью-Йорк, Чикаго), Европе (Лондон, Париж, Франкфурт) и Восточной Азии (Токио, Шанхай). Крупные товарные биржи также имеются в Российской Федерации, Австралии и ЮАР. Последние же одновременно обладают обширной минерально-сырьевой базой как в объемах, так и по видам полезных ископаемых.

Стратегически и экономически важным сырьем многие экономики мира считают нефть, природный газ и уголь (среди группы топливно-энергетического сырья). Многие государства уделяют особое внимание данному виду сырья. Вместе с тем следует считать, что глобальная экономика не «перешагнула» (и маловероятно, что «перешагнет») эру использования исключительно возобновляемых ресурсов в XXI в., несмотря на попытки отдельных правительств отказаться от ископаемого топлива. Поэтому данные виды сырья, как и динамика их добычи и потребления, будут привлекать большое внимание в ближайшее столетие.

Главными вопросами, перед которыми многие государства ставят себе задачи для изучения и исполнения, являются: количественные запасы сырья (и связанные с этим решения в части наращивания либо замедления темпов добычи), разведанные и пригодные к добыче месторождения, уровень их геологической изученности, мировые цены и котировки на данные виды сырья.

В табл. 1–4 представлена информация о добыче основных видов горючих видов полезных ископаемых, составляющих основу топливно-энергетического комплекса мировой экономики (нефть и ее производные, природный газ, уголь (каменный и бурый), уран). Последовательность стран распределена в соответствии с уровнем добычи за 2021 г.

Нефть и нефтепродукты. В 2021 г. добыча сырой нефти в мире выросла меньше чем на 1 % (в сравнении с 2020 г.), тогда как в 2020 г. сократилась на 7,4 % (в сравнении с 2019 г.) [8]. На фоне оживления мировой экономики благодаря увеличению числа вакцинированных против COVID-19 и ослаблению связанных с пандемией ограничений спрос на сырую нефть рос быстрее предложения. В связи с этим в 2021 г. цены на нефть в мире выросли почти на 70 %.

По подсчетам компании British Petroleum [8], в 2021 г. мировые запасы нефти составляли 1,734 трлн баррелей. Из данных табл. 1 следует, что на добычу первых десяти государств, представленных в списке, приходится более 72 % всей мировой добычи за 2021 г.

Неоспоримым фактом является то обстоятельство, что уровень добычи нефтяных ресурсов существенно сократился в 2020–2021 гг. по сравнению с предыдущими. В 2020 г. падение их добычи по сравнению с 2018 г. составило более 7 %. Это вызвано в первую очередь распространением вируса COVID-19, и, соответственно, снижением деловой активности и разрушением ряда глобальных экономических цепочек в силу ограничений на активную торговую деятельность. Из списка стран-лидеров лишь Китаю и Бразилии удалось во время глобальной эпидемии не снизить, а слегка нарастить добычу (производство) сырой нефти.

С 2016 г. добыча нефти постепенно сокращается на несколько процентов каждый год. Это обусловлено прежде всего снижением потребительской активности нефтепродуктов, снижением потребления топлива из-за снижения транспортной мобильности общества, разворотом большинства

государств в сторону «зеленой» энергетики как основополагающего тренда в части выбора основного источника генерации энергии, а также агрессивной ценовой и сдерживающей политикой государств, не входящих в ОПЕК, но имеющих существенное влияние в распределении квот на суточную добычу нефти. К таким государствам следует отнести США и Канаду.

Таблица 1. Производство (добыча) нефти за 2011–2021 гг., млн т

Ранг	Государство/ объединение	Год										
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	США	346,4	395,2	448,7	524,7	567,1	542,6	574,1	669,1	749,9	711,6	711,1
2	Россия	519,5	526,7	532,2	537,3	544,6	558,5	558,5	567,9	573,4	524,4	536,4
3	Саудовская Аравия	522,7	549,2	538,4	543,8	568,0	586,7	559,3	576,8	556,6	519,6	515,0
4	Канада	170,1	182,9	195,4	209,8	216,1	218,8	236,6	257,7	263,5	252,0	267,1
5	Ирак	135,8	151,3	151,9	158,8	195,6	217,6	222,4	227,0	234,2	202	200,8
6	Китай	202,9	207,5	210	211,4	214,6	199,7	191,5	189,3	191,6	194,8	198,9
7	Иран	212,5	180,5	169,7	174,0	180,2	216,1	231,9	219,2	158,3	143,2	167,7
8	ОАЭ	150,5	156,2	162,8	163,4	176,1	182,4	176,2	176,7	180,5	166,6	164,4
9	Бразилия	114	112,4	110,2	122,5	132,2	136,7	142,6	140,6	151,2	159,3	156,8
10	Кувейт	140,9	154,0	151,4	150,2	148,2	152,7	145,0	146,8	143,4	130,3	131,1
	Всего в мире	4 010	4 119,6	4 126,2	4 223,3	4 364,9	4 379,6	4 386,4	4 486,8	4 477,6	4 170,9	4 221,4
	<i>ОЭСР</i>	906,4	953,8	1 008,6	1 095,5	1 140,7	1 106,6	1 138,1	1 246,2	1 326,8	1 280,4	1 285,6
	<i>Не-ОЭСР</i>	3 103,6	3 165,9	3 117,6	3 127,8	3 224,2	3 273,0	3 248,3	3 240,7	3 150,8	2 890,6	2 935,7
	<i>ОПЕК*</i>	1 641,6	1 712,5	1 656,9	1 651,1	1 732	1 786,2	1 768,6	1 755,8	1 652,9	1 458,2	1 494,2
	<i>Не-ОПЕК</i>	2 368,4	2 407,2	2 469,2	2 572,2	2 632,9	2 593,4	2 617,7	2 731,0	2 824,7	2 712,8	2 727,1
	<i>ЕС</i>	29,2	28,0	27,4	27,0	26,1	23,0	22,7	21,9	20,2	19,3	17,8

Примечание: составлено на основе [8]; * страны-члены: Алжир, Ангола, Венесуэла, Габон, Ирак, Иран, Конго, Кувейт, Ливия, Объединенные Арабские Эмираты, Нигерия, Саудовская Аравия, Экваториальная Гвинея (по состоянию на июнь 2023 г.).

В региональном разрезе Ближний Восток выделяется среди нефтедобывающих стран мира. Саудовская Аравия, Иран, Ирак, ОАЭ, Кувейт, Бахрейн, Катар – эти государства являются как крупнейшими добытчиками «черного золота», так и крупными экспортёрами данного вида сырья, одновременно диктующими правила игры на рынке. Именно с такой целью и была создана ОПЕК, в состав которой сегодня входит 14 государств. Следует заметить, что данная категория стран не относится к высокоразвитым с диверсифицированной структурой собственной экономики. В то же время в силу политических потрясений, крупных военных конфликтов и, соответственно, нестабильной экономической обстановки ряд стран блока ОПЕК (Венесуэла, Ливия, Ангола) не могут полноценно наладить добычу собственного минерального сырья. Например, за последнее десятилетие добыча нефти в Венесуэле быстрыми темпами стремится к нулю, что одновременно позволяет ей быть лидером по запасам нефти среди государств. Топ-6 стран по запасам нефти в процентном выражении согласно ежегодному статистическому отчету ВР за 2021 г. выглядит таким образом: Венесуэла – 17,5 % общих разведанных нефтяных резервов мира; Саудовская Аравия – 17,2 %; Канада – 9,7 %; Иран – 9,1 %; Ирак – 8,4 %; Россия – 6,2 %.

Газ. Согласно табл. 2 добыче природного газа присущи более турбулентные процессы по сравнению с добычей нефти. Если в 2011 г. Россия и США добывали приблизительно одинаковое количество газа, то к 2021 г. США смогли нарастить добычу за данный период в 1,5 раза. Россия за это время нарастила добычу всего в 1,16 раза. Наибольшие темпы показал Китай, увеличив темпы добычи почти в 2 раза со 106,2 до 209,2 млрд м³, что позволило ему выйти на 4-е место. Следует также выделить Австралию (абсолютный рост в 2,7 раза и 7-е место в 2021 г.), Иран (рост в 1,7 раза и 3-е место в 2021 г.).

В целом рынку природного газа присуще не такое резкое падение добычи в период пандемии COVID-19. Если, как говорилось ранее, добыча нефти упала на 7 % в 2020 г. по сравнению с 2018 г., то добыча природного газа в этот же период упала на 2,7 %. Но уже к 2021 г. динамика добычи природного газа восстановилась и смогла превзойти предыдущие годовые показатели и установить рекордные объемы за исследуемый период.

Десятка стран-лидеров добывает 72,6 % всего природного газа в мире (по данным за 2021 г.). Ближний Восток, Северная Америка, Россия и Китай – самые обеспеченные данным видом сырья регионы и государства.

Таблица 2. Добыча природного газа за 2011–2021 гг., млрд м³

Ранг	Государство/ объединение	Год										
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	США	617,4	649,1	655,7	704,7	740,3	727,4	746,2	840,9	928,1	915,9	934,2
2	Россия	616,8	601,9	614,5	591,2	584,4	589,3	635,6	669,1	679	637,3	701,7
3	Иран	151,0	156,9	157,5	175,5	183,5	199,3	213,9	224,9	232,9	249,5	256,7
4	Китай	106,2	111,5	121,8	131,2	135,7	137,9	149,2	161,4	176,7	194,0	209,2
5	Катар	150,4	162,5	167,9	169,4	175,9	174,8	170,5	175,2	177,2	174,9	177,0
6	Канада	151,1	150,3	151,9	159	160,8	165,1	171,3	176,8	169,8	165,7	172,3
7	Австралия	54,2	58,0	60,3	64,9	74,1	94,0	110,1	127,4	146,1	146,0	147,2
8	Саудовская Аравия	87,6	94,4	95,0	97,3	99,2	105,3	109,3	112,1	111,2	113,1	117,3
9	Норвегия	100,5	113,9	107,9	107,5	116,1	115,9	123,7	121,3	114,3	111,5	114,3
10	Алжир	79,6	78,4	79,3	80,2	81,4	91,4	93,0	93,8	87,0	81,5	100,8
	Всего в мире	3 257,3	3 326,2	3 365,4	3 433,3	3 511,1	3 544,7	3 673,5	3 851,7	3 967,7	3 861,5	4 036,9
	<i>ОЭСР</i>	1 151,0	1 187,0	1 196,5	1 242,1	1 281,0	1 289,8	1 328,0	1 431,7	1 511,6	1 483,5	1 503,0
	<i>Не-ОЭСР</i>	2 106,3	2 139,1	2 168,9	2 191,2	2 230,1	2 255,0	2 345,5	2 420,0	2 456,1	2 378,0	2 533,8
	<i>ЕС</i>	117,5	113,9	113,9	99,9	84,3	82,3	76,8	68,8	61,1	47,8	44,0

Примечание: составлено на основе [8].

Вместе с тем на рынке добычи природного газа происходят изменения в количествах не меньших, чем на рынке нефтепродуктов. Россия анонсировала в будущем создание совместного турецкого газового хаба. В 2022 г. началась проработка будущего проекта совместно с Анкарой. Одновременно с этим Россия наращивает поставки топлива в Китай. Все это происходит на фоне непростой ситуации на мировых энергетических рынках.

Уголь. Как видно из табл. 3, Восточная (Китай), Южная (Индия) и Юго-Восточная (Индонезия) Азия – крупнейший регион по добыче угля. Причем это уже традиционно. На протяжении XXI в. государства Азии – лидеры добычи. Китай существенно не наращивает добычу, а держит ее на уровне 80–85 экскаджоулей. На его долю в целом приходится более половины добычи всего угля в мире. Помимо названных государств свою добычу нарастили Австралия и Россия. Остальные государства в списке лидеров сворачивают постепенно проекты по добыче угля либо не наращивают ее. США сократили собственную добычу почти в 2 раза по сравнению с 2011 г.

Среди европейских государств лишь Польша присутствует в данном списке (лидер среди стран Западной Европы). Крупнейший район добычи – Верхнесилезский угольный бассейн. Польша неоднократно подвергалась критике остальными государствами Европы за чрезмерное использование угля в собственной промышленности. Причина, по которой она активно применяет уголь, – отсутствие либо несущественное наличие альтернативных вариантов в выборе иных источников генерации энергии.

В Европе активнее добывают именно бурый уголь. Основные добывающие государства – Германия, Чехия, Румыния, Болгария, Греция. Такие страны, как Испания, Хорватия, Италия, Франция и Австрия, полностью отказались от разработки бурого угля.

Крупнейшие экспортеры: Австралия – 39 % (47 млрд дол. США), Индонезия – 16 % (18,9 млрд дол. США), Россия – 13 % (16,1 млрд дол. США), США – 8,7 % (10,6 млрд дол. США), Колумбия – 6,3 % (7,63 млрд дол. США), ЮАР – 5,1 % (6,23 млрд дол. США).

Крупнейшими импортерами выступили: Япония – 16 % (19,5 млрд дол. США), Индия – 16 % (19,4 млрд дол. США), Китай – 15 % (17,8 млрд дол. США), Южная Корея – 11 % (13,3 млрд дол. США), другие страны Азии – 5,68 млрд дол. США [8, 9].

Таблица 3. Производство (добыча) угля* в 2011–2021 гг., в экскаджоулях

Ранг	Государство/объединение	Год										
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	Китай	77,53	78,44	79,32	78,05	76,59	70,82	73,17	76,87	79,76	80,51	85,15
2	Индонезия	8,72	9,52	11,70	11,30	11,39	11,25	11,38	13,76	15,2	13,91	15,15
3	Индия	10,49	10,68	10,71	11,28	11,77	11,89	11,99	12,80	12,60	12,63	13,47
4	Австралия	10,26	11,13	11,97	12,81	12,80	12,83	12,5	13,09	13,18	12,18	12,43
5	США	22,27	20,72	20,05	20,33	17,99	14,70	15,66	15,4	14,29	10,73	11,65
6	Россия	6,6	7,05	7,25	7,39	7,8	8,12	8,62	9,23	9,23	8,42	9,14
7	ЮАР	6,0	6,14	6,08	6,2	5,96	6,01	5,97	6,01	6,02	5,82	5,55
8	Казахстан	2,08	2,16	2,15	2,05	1,93	1,85	2,02	2,13	2,07	2,05	2,09
9	Польша	2,33	2,42	2,39	2,26	2,22	2,18	2,08	1,98	1,87	1,68	1,76
10	Колумбия	2,47	2,58	2,47	2,57	2,49	2,62	2,63	2,48	2,45	1,50	1,71
	Всего в мире	161,85	163,72	166,66	166,09	161,85	153,44	157,24	165,19	167,14	158,65	167,58
	ОЭСР	44,39	43,71	43,43	44,44	41,31	38,0	38,50	38,4	36,33	29,88	31,61
	Не-ОЭСР	117,46	120,01	123,23	121,65	120,54	115,44	118,74	126,79	130,81	128,77	135,97
	ЕС	6,57	6,57	6,23	5,98	5,80	5,61	5,59	5,37	4,41	3,67	3,93

Примечание: составлено на основе [8]; в статистике учитываются только коммерческие твердые виды топлива, то есть битуминозный уголь и антрацит (каменный уголь), лигнит и бурый (суббитумный) уголь и другие коммерческие твердые виды топлива, включая уголь, добываемый для преобразования угля в жидкость и преобразования угля в газ.

Уран при дальнейшей переработке является основным материалом для загрузки реакторов атомных электростанций (это делает данный вид МСР значимым для Беларуси с вводом в эксплуатацию собственной АЭС).

Наличие и добыча такого ресурса для многих государств – стратегически важное решение. Ведь на основе наличия и переработки урана можно судить, будет ли развиваться в государстве ядерная энергетика и какими темпами. Лидером по добыче урана является Казахстан, опередив Канаду с 2009 г. Казахстан экспортирует данный вид сырья в первую очередь в Российскую Федерацию, КНР и Среднюю Азию (за исключением Узбекистана). АО «НАК «Казатомпром» – крупнейшая компания в стране и в мире, на долю которой приходится более 22 % всей мировой добычи урана. Крупнейшие месторождения Казахстана – Мойнкум, Торткудук, Инкай, Буденовское, Центральный Мынкудук, Южный Инкай.

96 % мировой добычи урана приходится на 10 государств, представленных в табл. 4. В целом можно отметить такую тенденцию, что общемировая добыча урана постепенно снижается. Если же в 2015–2017 гг. его добыча составляла более 60 тыс. т, то к 2020–2021 гг. добыча составила порядка 47–48 тыс. т. Падение за пять лет в относительном выражении составило более 8 %.

Таблица 4. Производство (добыча) урана 2015–2021 гг., т

Ранг	Государство	Год						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	Казахстан	23 607	24 689	23 321	21 705	22 808	19 477	21 819
2	Австралия	5 654	6 315	5 882	6 517	6 613	6 203	4 192
3	Намибия	2 993	3 654	4 224	5 525	5 476	5 413	5 753
4	Канада	13 325	14 039	13 116	7 001	6 938	3 885	4 693
5	Узбекистан	2 385	3 325	3 400	3 450	3 500	3 500	3 500
6	Нигер	4 116	3 479	3 449	2 911	2 983	2 991	2 248
7	Россия	3 055	3 004	2 917	2 904	2 911	2 846	2 635
8	Китай	1 616	1 616	1 692	1 885	1 885	1 885	1 885
9	Украина	1 200	808	707	790	800	744	455
10	Индия	385	385	421	423	308	400	615
Всего в мире		60 304	63 207	60 514	54 154	54 742	47 731	48 332

Примечание: составлено на основе [8].

Намибия и Узбекистан существенно остальных в списке лидеров нарастили добычу собственного урана. Заметим, что один из основных экспортируемых товаров данных государств составляет уран. Одновременно с этим Канада и Украина значительно снизили собственную добычу (почти в 3 раза). Это объясняется достаточной загруженностью собственных АЭС сырьем, постепенным истощением собственных месторождений, а также дешевизной урана со стороны Намибии, Нигера и других государств. Иными словами, для некоторых государств экономически более оправданным шагом является закупка урана у других стран, чем дальнейшая разработка и эксплуатация собственных национальных месторождений.

По обнаруженным запасам урана первое место занимает Австралия, обогнав существенно Казахстан и Канаду. В целом лидеры по доказанным запасам урана более 300 тыс. т на 2020 г. выглядят таким образом [10]: Австралия – запасы в 1 693 тыс. т (28 % от всех мировых запасов), Казахстан – 907 тыс. т (15 %), Канада – 565 тыс. т (9 %), Россия – 486 тыс. т (8 %), Намибия – 448 тыс. т (7 %), ЮАР – 321 тыс. т (5 %).

Заключение. Исходя из проведенного исследования необходимо отметить, что в региональном разрезе прослеживается некая специализация. Так, Ближний Восток существенным образом ведет у себя добычу нефти и природного газа, активно экспортируя данные виды сырья в Европу, Австралию, Северную Америку. Южная и Юго-Восточная Азия в основном специализируется на добыче угля и руд. Австралия и Океания, а также африканский континент активно ведут добычу редкоземельных металлов и руд. Торговые партнеры Республики Беларусь по ЕАЭС – Россия и Казахстан – также активно осваивают собственные недра и в больших объемах добывают нефть, природный газ, уголь, уран, широкий спектр рудных полезных ископаемых и др. Последние же активно диверсифицируют собственную минерально-сырьевую базу, а это говорит о том, что на данный момент у этих государств имеется существенный потенциал в наращивании собственного производства и создании в первую очередь конечной продукции с высокой добавленной стоимостью. Для Республики Беларусь может также быть интересен опыт КНР, в частности, в использовании угольных месторождений и сухопутных месторождений горючих сланцев.

Основой пополнения минерально-сырьевой базы и стабильного экономического развития государства может быть ряд обстоятельств, при учете которых Беларусь способна оказаться в группе с комбинированной моделью минерально-сырьевого обеспечения с последующим сценарием развития за счет разработки собственных недр, вывоза излишков минерального сырья в другие страны, импорта недостающей минерально-сырьевой продукции за счет развития внешнеторговых связей и участия в освоении минерально-сырьевых баз других стран. Благодаря таким факторам, как детальная геологическая разведка и изученность недр, технологическая оснащенность компаний-недропользователей, благоприятная институциональная среда для инвесторов (речь идет о зарубежных и национальных), четкие закрепленные законодательные инициативы и разграничения между государством и компаниями-недропользователями, механизмы введения концессии на добычу, введение в эксплуатацию месторождений по извлечению сланцевого сырья и бурых углей исключительно по зарекомендовавшим себя технологиям и экологическим нормам способно изменить модель минерально-сырьевого обеспечения и сценарии развития данного комплекса.

Благодарности. Данная работа выполнена в рамках отчета о НИР «Теоретико-методологические основы и механизмы совершенствования инновационной и инвестиционной политики Республики Беларусь в контексте обеспечения устойчивого развития» по теме «Исследование передового международного опыта реализации инновационной и инвестиционной политики в целях обеспечения устойчивого развития и научно-технологической безопасности. Оценка потенциала использования минерально-сырьевых ресурсов для производства инновационной продукции» (2-й этап, промежуточный). Автор выражает благодарности заместителю руководителя НИР, руководителю центра инновационной и инвестиционной политики, кандидату экономических наук доценту Е. В. Пресняковой и заведующему сектором эффективности использования минерально-сырьевых ресурсов, кандидату технических наук В. М. Циблиной за ценные замечания и полезные корректировки при написании данной работы.

Список использованных источников

1. *Кривцов, А. И.* Национальная минерально-сырьевая безопасность: введение в проблему / А. И. Кривцов, Б. И. Беневольский, В. М. Минаков; под ред. А. Е. Наталенко, И. Ф. Мигачева. – М.: ЦНИГРИ, 2000. – 196 с.
2. *Деревянкин, Ю. А.* Основные направления в обеспечении минерально-сырьевой безопасности Республики Беларусь / Ю. А. Деревянкин // Природные ресурсы. – 2004. – № 1. – С. 51–57.

3. Деревянкин, Ю. А. Проблемы минерально-сырьевого обеспечения и национальной безопасности Республики Беларусь / Ю. А. Деревянкин // Социально-экономическая безопасность государства: оценка, обеспечение: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 11–12 дек. 2001 г.: в 2 т. – Минск: ИНБ, 2003. – Т. 1. – С. 270–276.
4. Деревянкин, Ю. А. Концептуальная модель минерально-сырьевой безопасности Республики Беларусь / Ю. А. Деревянкин // Літасфера. – 2008. – № 1. – С. 44–50.
5. Орлов, В. П. Минерально-сырьевые ресурсы и геополитика / В. П. Орлов // Минер. ресурсы России. Экономика и упр. – 2011. – № 2. – С. 23–26.
6. Минерально-сырьевые ресурсы мира: учеб. пособие / С. В. Петров [и др.]. – Изд. 2-е, доп. и испр. – СПб.: С.-Петербург. гос. ун-т, 2011. – 220 с.
7. Минерально-сырьевое обеспечение Республики Беларусь: состояние, проблемы, пути решения / под науч. ред. П. Г. Никитенко, Ин-т экономики НАН Беларуси. – Минск: Белорусская наука, 2012. – 188 с.
8. BP Statistical Review of World Energy 2022 [Electronic resource]. – URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf> (дата обращения 20.10.2022).
9. Ископаемый уголь [Electronic resource]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Ископаемый_уголь (дата обращения 21.10.2022).
10. World Uranium Mining Production [Electronic resource]. – URL: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx> (дата обращения: 17.12.2022).

Поступила 14.06.2023

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ**BIOLOGICAL RESOURCES****БІЯЛАГІЧНЫЯ РЭСУРСЫ**

ISSN 1810-9810 (Print)

УДК 592:502.4(476)

В. М. Байчоров, М. Д. Мороз, Ю. Г. Гигиняк, И. Ю. Гигиняк

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск,
e-mail: vbaitch@gmail.com, mdmoroz@bk.ru, antarctida_2010@mail.ru, i.giginyak@gmail.com

**МАКРОЗООБЕНТОС РЕК РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА
«СОРОЧАНСКИЕ ОЗЕРА» (БЕЛАРУСЬ)**

Аннотация. Проведенные исследования позволили выявить в реках Республиканского ландшафтного заказника «Сорочанские озера» 108 низших определяемых таксонов (НОТ), относящихся к трем типам беспозвоночных животных: Mollusca – 36, Annelida – 7 и Arthropoda – 65. До вида идентифицировано 88 таксономических элементов, из которых 72 оказались новыми для заказника «Сорочанские озера». Количество НОТ макрозообентоса в створах изученных рек изменялось в пределах от 23 до 43, среднее значение – 31 НОТ. Численность макрозообентоса находилась в пределах от 58 до 312 экземпляров, средняя величина этого показателя составила 181 экземпляр. Выявлен новый вид для фауны Беларуси – поденка *Ephemerella notata* Eaton, 1887. Следует также отметить чужеродный вид *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (тип Mollusca) и слабоизученный вид *Gomphus flavipes* Charpentier, 1825 (отр. Odonata). Среди коллектированных гидробионтов в реках Республиканского ландшафтного заказника «Сорочанские озера» охраняемыми и включенными в Красные списки ряда стран Европы оказался 21 вид. Таким образом, фауна изученных животных в водотоках Республиканского заказника «Сорочанские озера» относительно богата и представлена редкими и охраняемыми видами животных не только в Беларуси, но и в Европе.

Ключевые слова: макрозообентос, фауна, редкие и охраняемые виды, заказник

V. M. Baitchorov, M. D. Moroz, Ur. G. Hihiniak, I. U. Giginyak

Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Belarus,
e-mail: vbaitch@gmail.com, mdmoroz@bk.ru, antarctida_2010@mail.ru, i.giginyak@gmail.com

**MACROZOOBENTHOS OF THE RIVERS OF THE REPUBLICAN LANDSCAPE RESERVE
«SOROCHANSKY LAKES» (BELARUS)**

Abstract. The conducted research allowed to identify 108 lower defined taxa (LDT) belonging to 3 types of invertebrates in the rivers of the Republican landscape reserve «Sorochansky Lakes»: Mollusca – 36, Annelida – 7 and Arthropoda – 65. A total of 88 taxonomic elements were identified before the species, 72 of which were new to the «Sorochansky Lakes» Reserve. The number of the lowest determined macrozoobenthos taxa in the channels of the studied rivers varied from 23 to 43, with average values of 31 LDT. Macrozoobenthos abundance ranged from 58 to 312 specimens, with an average value of 181 specimens. A new species for the fauna of Belarus was identified – the mayfly *Ephemerella notata* Eaton, 1887. The alien species *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (Mollusca) and the poorly studied species *Gomphus flavipes* Charpentier, 1825 (Odonata) should also be noted. Among the collected hydrobionts in the rivers of the Republican landscape reserve «Sorochansky Lakes», 21 species are under protection and included in the Red Lists of a number of European countries. Thus, the fauna of the studied animals in the watercourses of the Republican Reserve «Sorochansky Lakes» is relatively rich and is represented by rare and protected by animal species rare and protected not only in Belarus, but also in Europe.

Keywords: macrozoobenthos, fauna, rare and protected species, reserve

У. М. Байчароў, М. Д. Мароз, Ю. Р. Гігіняк, І. Ю. Гігіняк

Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па біярэсурсах, Мінск, Беларусь,
e-mail: vbaitch@gmail.com, mdmoroz@bk.ru, antarctida_2010@mail.ru, i.giginyak@gmail.com

**МАКРАЗААБЕНТАС РЭК РЭСПУБЛІКАНСКАГА ЛАНДШАФТНАГА ЗАКАЗНИКА
«САРАЧАНСКІЯ АЗЁРЫ» (БЕЛАРУСЬ)**

Анотацыя. Праведзеныя даследаванні дазволілі выявіць у рэках Рэспубліканскага ландшафтнага заказніка «Сарачанскія азёры» 108 ніжэйшых вызначаемых таксонаў (НВТ), якія адносяцца да трох тыпаў беспазваночных жывёл: Mollusca – 36, Annelida – 7 і Arthropoda – 65. Да віду было ідэнтыфікавана 88 таксанамічных элементаў, з якіх 72 – новыя для заказніка «Сарачанскія азёры». Колькасць НВТ макразаабентаса ў створах вывучаных рэк змянялася ў межах ад 23 да 43, сярэдняе значэнне – 31 НВТ. Колькасць макразаабентаса знаходзілася ў межах ад 58 да 312 экзэмпляраў, сярэдняя велічыня гэтага паказчыка складала 181 экзэмпляр. Быў выяўлены новы від для фаўны Беларусі – аднадзёнка

Ephemerella notata Eaton, 1887. Варта адзначаць таксама чужародны від *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (тып Mollusca) і слабавывучаны від *Gomphus flavipes* Charpentier, 1825. Сярод калектаваных гідрабіёнтаў у рэках Рэспубліканскага ландшафтнага заказніка «Сарачанскія азёры» ахоўнымі і ўключанымі ў Чырвоныя спісы шэрагу краін Еўропы аказаўся 21 від. Такім чынам, фаўна вывучаных жывёл у вадацёках Рэспубліканскага заказніка «Сарачанскія азёры» адносна багатая і прадстаўлена рэдкімі і ахоўнымі відамі жывёл не толькі ў Беларусі, але і ў Еўропе.

Ключавыя словы: макразаабентас, фаўна, рэдкія і ахоўныя віды, заказнік

Введение. Реки являются важными системообразующими природными экосистемами, влияющими на формирование состава и структуры сообщества водных беспозвоночных на значительных территориях. Являясь одними из самых многочисленных континентальных водоемов, они служат биологическими коридорами, по которым происходит обмен представителями аборигенных и инвазивных фаун различных континентальных водных систем. Тем не менее необходимо признать, что базовых данных о видовом составе и численности макрозообентосных животных, обитающих в водоемах Республиканского ландшафтного заказника «Сорочанские озера», недостаточно или они фрагментарны [1], что и определило цель наших исследований.

Республиканский ландшафтный заказник «Сорочанские озера» расположен в северо-западной части Островецкого р-на Гродненской обл. Он образован в мае 1998 г. и в настоящее время занимает площадь 14 738,97 га. Ведущая роль в создании современного облика заказника принадлежит древним материковым оледенениям. Рельеф чаще всего представлен сочетанием удлиненных холмов и бугристых гряд с мелкими ложбинами и различных размеров котловинами. В северной части заказника и возле озерных котловин находятся камовые и озовые холмы. Общая лесистость заказника составляет около 65 %. Лесные сообщества представлены преимущественно сосной (около 80 % лесов), по берегам водоемов встречаются черноолыпаники. Болота и луга занимают около 15 % территории заказника. Болотные сообщества представлены различными типами болот, среди которых преобладают верховые (преимущественно лесные). Гидрографическая сеть заказника относится к бассейну р. Неман, системе притоков первого и второго порядка р. Вилия. Природным ядром заказника является группа Сорочанских озер, включающая 14 водоемов. Слабое гидродинамическое перемешивание воды в озерах способствует образованию резкого различия в химическом составе поверхностных и придонных слоев, полному отсутствию кислорода в основной части водной массы и высокому содержанию сероводорода. Такое явление в пределах Беларуси характерно только для Сорочанских озер. Общая минерализация в большинстве озер превышает 250 мг/л, величина pH в верхних слоях – щелочная, в придонных – нейтральная, иногда – слабокислая [2].

Материалы и методы исследования. Сборы и наблюдения, послужившие материалом для данного сообщения, были проведены в мае 2022 г. Взятие проб осуществлялось при помощи стандартного гидробиологического сачка (25 × 25 см, 500 мм) методом траления на глубине до 1,0 м. Для получения репрезентативных данных на каменистых грунтах и в местах развития макрофитов производилась выемка камней и коряг с их последующим осмотром и сбором выявленных животных. Полученный материал фиксировался 70%-м раствором этилового спирта.

При описании таксономического богатства макрозообентоса использовали термин «низший определяемый таксон» [3].

Были изучены 8 створов на реках: 1 – р. Страча (н. п. Большая Страча, Островецкий р-н), координаты: N54.861661°, E26.325968°; 2 – р. Страча (н. п. Малая Страча, Островецкий р-н), координаты: N54.831433°, E26.287144°; 3 – ручей между озерами Губезо и Воробьи (н. п. Воробьи, Островецкий р-н), координаты: N54.832449°, E26.290427°; 4 – р. Сорочанка (н. п. Лоси, Островецкий р-н), координаты: N54.851733°, E26.208988°; 5 – р. Сорочанка (н. п. Тумки, Островецкий р-н), координаты: N54.876352°, E26.222691°; 6 – р. Сорочанка (н. п. Каймина Дольная, Островецкий р-н), координаты: N54.892336°, E26.188819°; 7 – р. Клевель (н. п. Барани, Островецкий р-н), координаты: N54.921289°, E26.125407°; 8 – р. Вилия (н. п. Мельница Сорочья, Островецкий р-н), координаты: N54.835180°, E26.131378°.

За время исследований было собрано и идентифицировано 1 452 (экз.) животных, находящихся на личиночной и имагинальной стадиях развития.

Результаты и их обсуждение. Исследования позволили выявить 108 НОТ, относящихся к трем типам беспозвоночных: Mollusca – 36, Annelida – 7 и Arthropoda – 65 (таблица). До вида было идентифицировано 88 таксономических элементов, из которых 72 вида (81,81 % от выявленных) оказались новыми для территории Республиканского ландшафтного заказника «Сорочанские озера» [1].

Наибольшее количество выявленных НОТ было зарегистрировано в р. Вилия (н. п. Мельница Сорочья, Островецкий р-н) – 43 (39,82 % от всех идентифицированных гидробионтов). Наименьшие значения этого показателя были отмечены для р. Сорочанка (н. п. Лоси, Островецкий р-н) – 23 НОТ, что соответствует 21,30 %. Среднее количество выявленных НОТ в изученных створах рек – 31.

Наибольшая численность макрозообентоса была отмечена также в р. Вилия (н. п. Мельница Сорочья, Островецкий р-н) – 312 экз. (21,49 % от всех коллектированных водных беспозвоночных). Наименьшие значения этого показателя были отмечены в р. Сорочанка (н. п. Лоси, Островецкий р-н) – 58 экз. (3,99 %). Средняя численность макрозообентоса в изученных водотоках составила 181,5 экз.

Низший определяемый таксон и распределение макрозообентоса в реках на территории Республиканского ландшафтного заказника «Сорочанские озера»

Таксон	Створы*, экз.								Всего, экз.
	1	2	3	4	5	6	7	8	
ТИП MOLLUSCA									
Класс Gastropoda Отр. Neritopsina Сем. Neritidae									
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)								2	2
Отр. Architaenioglossa Сем. Viviparidae									
<i>Viviparus contectus</i> (Millet, 1813)			7			6	3		16
<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus 1758)	9	3	2		6	12	7	39	78
Отр. Neotaenioglossa Сем. Amnicolidae									
<i>Marstoniopsis scholtzi</i> (A. Schmidt, 1856)							2		2
Сем. Bithyniidae									
<i>Bithynia leachi</i> (Sheppard, 1823)	2			1					3
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	12	4	16		4	9	37	94	176
Отр. Ectobranchia Сем. Valvatidae									
<i>Valvata cristata</i> (O. F. Müller, 1774)				1	2				3
<i>Valvata piscinalis</i> (O. F. Müller, 1774)								1	1
Отр. Pulmonata Сем. Physidae									
<i>Physa fontinalis</i> (Linnaeus, 1761)		2						3	5
Сем. Lymnaeidae									
<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)		2		2	1		6	1	12
<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)		2						1	3
<i>Radix balthica</i> (Linnaeus, 1758)	2	1					1	5	9
<i>Radix</i> sp.				1					1
<i>Stagnicola corvus</i> (Gmelin, 1791)						3			3
<i>Stagnicola palustris</i> (O. F. Müller, 1774)	1		2		2				5
Сем. Planorbidae									
<i>Ancylus fluviatilis</i> O. F. Müller, 1774	9								9
<i>Anisus vortex</i> (Linnaeus, 1758)	1		1	1	1				4
<i>Bathyomphalus contortus</i> (Linnaeus, 1758)	1				4				5
<i>Gyraulus albus</i> (O. F. Müller, 1774)		1			1				2
<i>Planorbarius corneus</i> Linnaeus, 1758					2	1	2		5
<i>Planorbis planorbis</i> (Linnaeus, 1758)						1		1	2
Класс Bivalvia Отр. Unionoida Сем. Unionidae									
<i>Anodonta anatina</i> (Linnaeus, 1758)								1	1
<i>Anodonta cygnea</i> (Linnaeus, 1758)	1								1
<i>Anodonta</i> sp.							2		2
<i>Unio pictorum</i> (Linnaeus, 1758)							2	3	5
<i>Unio tumidus</i> (Linnaeus, 1758)					1			1	2
<i>Unio</i> sp.							1		1

Продолжение таблицы

Таксон	Створы*, экз.								Всего, экз.
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Отр. Veneroidea Сем. Sphaeriidae									
<i>Musculium lacustre</i> (O. F. Müller, 1774)							2		2
<i>Pisidium amnicum</i> (O. F. Müller, 1774)	23	23		12	2	6	1		67
<i>Pisidium henslowanum</i> (Sheppard, 1823)	3								3
<i>Pisidium subtruncatum</i> Malm, 1855	7			2					9
<i>Pisidium</i> sp.					2	1			3
<i>Sphaerium corneum</i> (Linnaeus 1758)			6		2		28	5	41
<i>Sphaerium rivicola</i> (Lamarck, 1818)		1							1
<i>Sphaerium</i> sp.								1	1
Сем. Dreissenidae									
<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)			1					1	2
ТИП ANNELIDA									
Класс Oligochaeta									
<i>Oligochaeta</i> gen. spp.	6	6	3	6	7	4	2	4	38
Класс Hirudinida Отр. Rhynchobdellida Сем. Glossiphoniidae									
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)							1		1
<i>Glossiphonia concolor</i> (Apathy, 1888)	2								2
<i>Glossiphonia heteroclita</i> (Linnaeus, 1761)						1			1
<i>Helobdella stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)						1	1		2
Отр. Arhynchobdellida Сем. Erpobdellidae									
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	2		1			8	3	8	22
<i>Erpobdella</i> sp.						1			1
ТИП ARTROPODA									
Класс Arachnida Отр. Araneae Сем. Dictynidae									
<i>Argyroneta aquatica</i> (Clerck, 1758)							1		1
Сем. Lycosidae									
<i>Pardosa</i> sp.		1							1
<i>Pirata piraticus</i> (Clerck, 1757)			1						1
<i>Pirata</i> sp.								1	1
Сем. Pisauridae									
<i>Dolomedes fimbriatus</i> (Clerck, 1757)							1		1
Сем. Tetragnathidae									
<i>Tetragnatha extensa</i> (Linnaeus, 1758)	1				1				2
Отр. Acari Класс Crustacea Отр. Isopoda Сем. Asellidae									
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)			8		2		8	19	37
Класс Insecta Отр. Plecoptera Сем. Perlodidae									
<i>Isoperla difformis</i> (Klapálek, 1909)	6								6

Таксон	Створы*, экз.								Всего, экз.
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Сем. Nemouridae									
<i>Amphinemura borealis</i> (Morton, 1894)	1								1
<i>Nemoura cinerea</i> (Retzius, 1783)							1		1
Отр. Ephemeroptera Сем. Baetidae									
<i>Cloeon simile</i> Eaton, 1870			1		2	1			4
<i>Baetis vernus</i> Curtis, 1834	1								1
<i>Baetis</i> sp.							3	1	4
Сем. Ephemeridae									
<i>Ephemera danica</i> Müller, 1764	9			5				2	16
Сем. Caenidae									
<i>Caenis horaria</i> Linnaeus, 1758			13		1	3			17
Сем. Leptophlebiidae									
<i>Leptophlebia marginata</i> (Linnaeus, 1767)		3				1			4
Сем. Heptageniidae									
<i>Heptagenia</i> sp.	1				1		1		3
Сем. Potamanthidae									
<i>Potamanthus luteus</i> (Linnaeus, 1767)	6								6
Сем. Ephemerellidae									
<i>Ephemerella notata</i> Eaton, 1887	28								28
Отр. Trichoptera Сем. Hydropsychidae									
<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)			54		6	3			63
<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)	1	1		3					5
Сем. Polycentropodidae									
<i>Neureclipsis bimaculata</i> (Linnaeus, 1761)					62	3	2	1	68
Сем. Lepidostomatidae									
<i>Lepidostoma hirtum</i> (Fabricius, 1775)	4	1							5
Сем. Limnephilidae									
<i>Anabolia</i> sp.	21	22	48	2	38	26	11	35	203
<i>Glyptotaelius pellucidus</i> (Retzius, 1783)								1	1
<i>Limnephilus flavicornis</i> (Fabricius, 1787)			7			3	2	5	17
<i>Limnephilus rhombicus</i> (Linnaeus, 1758)	3	3			1	9	24	7	47
<i>Potamophylax rotundipennis</i> (Brauer, 1857)								1	1
Сем. Brachycentridae									
<i>Micrasema setiferum</i> (Pictet, 1834)	2								2
Сем. Leptoceridae									
<i>Athripsodes aterrimus</i> (Stephens, 1836)			7						7
<i>Athripsodes cinereus</i> (Curtis, 1834)					2			2	4
<i>Mystacides azurea</i> (Linnaeus, 1761)								1	1
Сем. Goeridae									
<i>Silo pallipes</i> (Fabricius, 1781)	1								1
Сем. Molannidae									
<i>Molanna angustata</i> Curtis, 1834						1			1
Отр. Odonata Сем. Calopterygidae									
<i>Calopteryx splendens</i> (Harris, 1782)	1	11	3	4	2			16	37
<i>Calopteryx virgo</i> Linnaeus, 1758	7	2		1	4		4	3	21
<i>Calopteryx</i> sp.		3							3

Окончание таблицы

Таксон	Створы*, экз.								Всего, экз.
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Сем. Coenagrionidae									
<i>Coenagrion pulchellum</i> (Vander Linden, 1825)			1				1	2	4
<i>Coenagrion</i> sp.								2	2
<i>Erythromma najas</i> (Hansemann, 1823)							1		1
Сем. Platycnemididae									
<i>Platycnemis pennipes</i> (Pallas, 1771)		14		1	18	12	15	5	65
Сем. Gomphidae									
<i>Gomphus flavipes</i> Charpentier, 1825	12	7		1	12			4	36
<i>Gomphus vulgatissimus</i> (Linnaeus, 1758)	6	9					6		21
<i>Onychogomphus forcipatus</i> Linnaeus, 1758							1		1
Сем. Corduliidae									
<i>Cordulia aenea</i> (Linnaeus, 1758)						7			7
<i>Somatochlora flavomaculata</i> (Vander Linden, 1825)							9		9
Сем. Libellulidae									
<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)			4					11	15
<i>Sympetrum flaveolum</i> (Linnaeus, 1758)			6					6	12
Отр. Heteroptera									
Сем. Nepidae									
<i>Nepa cinerea</i> Linnaeus, 1758							3		3
<i>Ranatra linearis</i> (Linnaeus, 1758)		1				2		3	6
Сем. Aphelocheiridae									
<i>Aphelocheirus aestivalis</i> (Fabricius, 1794)	4				4		2		10
Сем. Naucoridae									
<i>Ilyocoris cimicoides</i> (Linnaeus, 1758)								3	3
Сем. Hydrometridae									
<i>Hydrometra gracilentata</i> Horváth, 1899								1	1
Сем. Gerridae									
<i>Gerris argentatus</i> Schummel, 1832			1						1
<i>Gerris lacustris</i> (Linnaeus, 1758)							4		4
Отр. Coleoptera									
Сем. Noteridae									
<i>Noterus</i> sp.							1		1
Сем. Dytiscidae									
<i>Ilybius fuliginosus</i> (Fabricius, 1792)							1		1
<i>Laccophilus hyalinus</i> (De Geer, 1774)		2						2	4
<i>Rhantus suturalis</i> (MacLeay, 1825)		1							1
Сем. Scirtidae									
<i>Scirtidae</i> gen. spp.							1		1
Отр. Diptera									
<i>Athericidae</i> gen. spp.	6	1		3	4				14
<i>Chironomidae</i> gen. spp.	2	2	6	11	8	9	4	6	48
<i>Limoniidae</i> gen. spp.	2							1	3
<i>Tabanidae</i> gen. spp.				1					1
Отр. Lepidoptera									
Сем. Crambidae									
<i>Nymphula nitidulata</i> (Hufnagel, 1767)					1				1
Количество видов и форм (НОТ) на каждом створе	37	27	23	18	32	26	41	43	
Число экземпляров	206	129	199	58	206	134	208	312	1 452

*Створы: 1 – р. Страча (н. п. Большая Страча); 2 – р. Страча (н. п. Малая Страча); 3 – ручей между озерами Губезо и Воробьи (н. п. Воробьи); 4 – р. Сорочанка (н. п. Лоси); 5 – р. Сорочанка (н. п. Тумки); 6 – р. Сорочанка (н. п. Каймина Дольная); 7 – р. Клевель (н. п. Барани); 8 – р. Вилия (н. п. Мельница Сорочья).

Проведенные исследования позволили коллектировать 28 экземпляров личинок поденки *Ephemerella notata* Eaton, 1887. Этот вид является новым для фауны Беларуси. *Ephemerella notata* имеет западноевропейский ареал [4, 5], обитает в Великобритании, Бельгии, Дании, Германии, Польше, в горах бывших стран Югославии и Болгарии [6, 7]. На постсоветском пространстве отмечена в Балтийском регионе. Личинки проявляют олигосапробные свойства, обитают в реках под камнями и среди растений весной [4]. Вид охраняется: в Польше (категория охраны NT) [8], Чехии (категория охраны EN) [9], является уязвимым в Австрии и Германии [10, 11]. Можно предположить, что в Беларуси проходит восточная граница распространения *Ephemerella notata*.

Материал: р. Страча (н. п. Большая Страча, Островецкий р-н, Гродненская обл.), координаты: N54.51420°, E26.19335°, 21.05.2022 – 28 личинок.

Среди выявленных водных беспозвоночных животных следует отметить также чужеродный вид моллюска *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) и слабоизученный в Беларуси вид стрекозы *Gomphus flavipes* Charpentier, 1825.

У *Dreissena polymorpha* исходным ареалом был Понто-Каспийский регион. В настоящее время кроме почти всей Европы он включает также Северную Америку [12]. Необходимо отметить, что вид впервые регистрируется в Островецком р-не.

Материал: 1 – ручей между озерами Губезо и Воробьи (д. Воробьи, Островецкий р-н), 21.05.2022 – 1 экз.; 2 – р. Виляя (д. Мельница Сорочья, Островецкий р-н), 21.05.2022, – 1 экз.

Gomphus flavipes Charpentier, 1825 является слабоизученным видом, требующим внимания, имеет категорию охраны DD национального природоохранного статуса [13]. Вид охраняется в ряде европейских стран – Люксембурге (категория охраны CR), Великобритании (категория охраны V с 1818 г.), Латвии. Распространение: Евразия, кроме тропических районов и крайнего севера. Личинки живут в реках, глубоко зарываясь в ил или песок [14].

Материал: 1 – р. Страча (н. п. Большая Страча, Островецкий р-н), 21.05.2022 – 12 личинок; 2 – р. Страча (н. п. Малая Страча, Островецкий р-н), 21.05.2022 – 7 личинок; 3 – р. Сорочанка (н. п. Лоси, Островецкий р-н), 21.05.2022 – 1 личинка; 4 – р. Сорочанка (н. п. Тумки, Островецкий р-н), 21.05.2022 – 12 личинок; 5 – р. Виляя (н. п. Мельница Сорочья, Островецкий р-н), 21.05.2022 – 4 личинки.

Среди коллектированных гидробионтов охраняемыми и включенными в Красные списки ряда стран Европы оказался 21 вид: *Viviparus contectus* (Millet, 1813); *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758); *Bithynia leachii* (Sheppard, 1823); *Physa fontinalis* (Linnaeus, 1761); *Anodonta cygnea* Linnaeus, 1758; *Musculium lacustre* (O. F. Müller, 1774); *Pisidium amnicum* O. F. Müller, 1774; *Sphaerium rivicola* (Lamarck, 1818); *Isoperla difformis* (Klapálek, 1909); *Amphinemura borealis* (Morton, 1894); *Potamanthus luteus* (Linnaeus, 1767); *Ephemerella notata* Eaton, 1887; *Micrasema setiferum* (Pictet, 1834); *Calopteryx splendens* (Harris, 1782); *Platycnemis pennipes* (Pallas, 1771); *Gomphus flavipes* Charpentier, 1825; *Gomphus vulgatissimus* (Linnaeus, 1758); *Onychogomphus forcipatus* Linnaeus, 1758; *Orthetrum cancellatum* (Linnaeus, 1758); *Somatochlora flavomaculata* (Vander Linden, 1825); *Aphelocheirus aestivalis* (Fabricius, 1794) [8–11, 15–24]. Некоторые из этих видов также являются редкими в Беларуси.

Заключение. Проведенные исследования позволили выявить в реках Республиканского ландшафтного заказника «Сорочанские озера» 108 НОТ, относящихся к трем типам беспозвоночных: Mollusca – 36, Annelida – 7 и Arthropoda – 65. До вида было идентифицировано 88 таксономических элементов, из которых 72 ранее для территории заказника не регистрировались.

Количество НОТ макрозообентоса в изученных створах рек находилось в пределах от 23 до 43. Среднее значение этого показателя – 31 НОТ.

Численность макрозообентоса изменялась от 58 до 312 экземпляров. Средняя величина этого показателя составила 182 экземпляра.

Проведенные исследования позволили коллектировать 28 экземпляров личинок поденки *Ephemerella notata* Eaton, 1887. Этот западноевропейский вид является новым для фауны Беларуси.

Среди выявленных водных беспозвоночных животных следует отметить чужеродный вид моллюска *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), а также слабоизученный в Беларуси вид стрекозы *Gomphus flavipes* Charpentier, 1825.

Среди коллектированных гидробионтов в реках республиканского ландшафтного заказника «Сорочанские озера» охраняемыми и включенными в красные списки ряда стран Европы оказался 21 вид. Некоторые из этих видов также являются редкими и в Беларуси.

Таким образом, фауна изученных животных в водотоках Республиканского заказника «Сорочанские озера» относительно богата и представлена редкими и охраняемыми видами животных не только в Беларуси, но и в Европе.

Благодарности. Исследование выполнено при поддержке НИР БРФФИ «Оценить экологическое качество (экологический статус) речных экосистем и провести сравнительный анализ их состояния на основе биотических индексов с использованием индикаторных групп гидробионтов (макрозообентос) на особо охраняемых природных территориях в условиях Беларуси и Узбекистана».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мороз, М. Д. Макрозообентос озер Тумское и Каймин (заказник «Сорочанские озера»), Берштовское и Долгое (заказник «Озеры») / М. Д. Мороз, В. В. Вежновец, Е. В. Винчек // Природные ресурсы». – 2013. – № 2. – С. 69–73.
2. Особо охраняемые природные территории Беларуси: справочник / Н. А. Юргенсон, Е. В. Шушкова, Е. А. Шляхтич, В. В. Устин, ГНПО «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по биоресурсам». – Минск: ГУ «БелИСА», 2012. – 204 с.
3. Баканов, А. И. Использование характеристик разнообразия зообентоса для мониторинга состояния пресноводных экосистем / А. И. Баканов // Мониторинг биоразнообразия. – М., 1997. – С. 278–282.
4. Казлаускас, Р. С. Отряд поденки Ephemeroptera / Р. С. Казлаускас // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – С. 288–303.
5. Ключе, Н. Ю. Отряд поденки Ephemeroptera / Н. Ю. Ключе // Определитель пресноводных беспозвоночных России. – 1997. – Т. 3. – С. 176–220.
6. Landa, V. Fauna ČSSR / Československá akad. věd. Sv. 18: Jepice - Ephemeroptera. – 1969. – 351 p.
7. Elliot, J. M. Larvae of the British Ephemeroptera: a key with ecological notes / J. M. Elliot, U. H. Humpesch, T. T. Macan. – Freshwater biological association scientific publication, 1988. – 145 p.
8. Kłonowska-Olejnik, M. Ephemeroptera Jętki / M. Kłonowska-Olejnik // Czerwona lista zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce. – Krakow, 2002. – S. 128–132.
9. Soldan, T. Ephemeroptera (jepice) / T. Soldan // Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí / Eds. J. Farač, D. Král, M. Škorpík. – Praha, 2005. – P. 122–124.
10. Bauernfeind, E. Die Eintagsfliegen Zentraleuropas (Insecta: Ephemeroptera) / E. Bauernfeind, U. H. Humpesch // Bestimmung und Ökologie. – Wien: Verlag des Naturhistorischen Museums, – 2001. – 240 p.
11. Jedicke, E. Die Roten Listen / E. Jedicke (ed.). – Stuttgart: Ulmer, 1997. – 577 p.
12. Лаенко, Т. М. Фауна водных моллюсков Беларуси / Т. М. Лаенко. – Минск: Беларуская навука, 2012. – 128 с.
13. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дико-растущих растений / редкол.: И. М. Качановский (пред.), М. Е. Никифоров, В. И. Парфенов [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 448 с.
14. Попова, А. Н. Отряд стрекозы Odonata / А. Н. Попова // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. – Л.: Гидрометеоздат. 1977. – С. 266–288.
15. Beran, L. Molluska (měkkyši) / L. Beran, L. Juříčková, M. Horzák // Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí / Eds. J. Farač, D. Král, M. Škorpík. – Praha, 2005. – P. 69–74.
16. Sneli, J.-A. Mollusca / J.-A. Sneli, J. Eventsen, P. Johanessen // The Norwegian Red List for Species. – Artstabanken, 2010. – P. 387–390.
17. Fiałkowski, W. Plecoptera Widelnice / W. Fiałkowski, R. Sowa // Czerwona lista zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce. – Krakow, 2002. – S. 122–124.
18. Helešic, J. Plecoptera (pošvatky) / J. Helešic, T. Sodan, J. Špaček // Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Farač J., Král D., Škorpík M. (eds.). – Praha, 2005. – P. 128–131.
19. Timm, H. Distribution of stoneflies (Insecta: Plecoptera) in Estonia / H. Timm // Proc. Estonia Acad. Sci. Biol. Ecol. – 2000. – T. 49, № 3. – P. 277–288.
20. Szczęsny, B. Chruściki (Trichoptera) / B. Szczęsny // Czerwona lista zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce. Głowaciński Z. (red.). – Krakow: Instytut Ochrony Przyrody PAN, 2002. – P. 76–79.
21. Chvojka, P. Trichoptera (chrosici) / P. Chvojka, E. Novak, E. Sedlak // Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Farač J., Král D., Škorpík M. (eds.). – Praha, 2005. – P. 160–180.
22. Kjærstad, G. Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera / G. Kjærstad, T. Andersen, J. Brittain, H. Olsvik // The Norwegian Red List for Species. – Artstabanken, 2010. – P. 227–240.
23. Hanel, L. Odonata (važky) / L. Hanel, A. Dolný, J. Zelény // Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí / Eds. J. Farač, D. Král, M. Škorpík. – Praha, 2005. – P. 125–127.
24. Kment, P. Heteroptera (plošyice) / P. Kment, J. Vilimova // Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí / Eds. J. Farač, D. Král, M. Škorpík. – Praha, 2005. – P. 139–146.

Поступила 09.03.2023

П. А. Пакуль, М. Г. Дмитренко, В. Ч. Домбровский, О. А. Островский,
М. В. Таранович, Р. В. Вечерко

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск, Беларусь,
e-mail: anderer@tut.by, marinabittern@gmail.com, valdombr@rambler.ru, oleostro@gmail.com,
tarantovich@gmail.com, ruzanka1998@gmail.com

СОВРЕМЕННАЯ ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ И ХАРАКТЕР РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЧЕРНОГО АИСТА (*CICONIA NIGRA* L., 1758) В БЕЛАРУСИ

Аннотация. Учеты черного аиста проводились с 2013 по 2022 г. на рандомизированных площадках по всей территории Беларуси. Исследованиями охвачено около 11 % лесов страны. Экстраполированная оценка численности на основании учетов составила 2050 ± 180 пар. Плотность гнездования черного аиста в разных геоботанических округах существенно отличается и составляет от 0,91 пары/100 км² леса в Оршано-Могилевском геоботаническом округе до 5,77 пары/100 км² леса – в Полесско-Приднепровском геоботаническом округе. Это объясняется относительно меньшим облесением и высоким антропогенным прессингом в регионах с наименьшей плотностью населения вида. Согласно данным экстраполяции и экспертной оценки, основанной на абсолютном учете черного аиста на мониторинговых площадках, получена численность черного аиста для административных районов (Минский, Мядельский, Столинский, Светлогорский, Рогачевский) Беларуси.

Ключевые слова: черный аист, *Ciconia nigra*, экстраполяция, учет, лес, Красная книга

P. A. Pakul, M. G. Dmitrenok, V. C. Dombrovsky, O. A. Ostrovsky, M. V. Tarantovich, R. V. Viacorka

Scientific Practical Centre of National Academy of Sciences of Belarus for Biological Resources, Minsk, Belarus,
e-mail: anderer@tut.by, marinabittern@gmail.com, valdombr@rambler.ru, oleostro@gmail.com, tarantovich@gmail.com,
ruzanka1998@gmail.com

BLACK STORK (*CICONIA NIGRA* L., 1758) NUMBER AND ITS DISTRIBUTIONAL PATTERN IN BELARUS

Abstract. Black Stork counts were carried out from 2013 to 2022 at randomized sites throughout the territory of Belarus. About 11% of the country's forests were covered by the count. This allows us to estimate the number of species in the country with high accuracy. Estimated number of Black Stork in Belarus amounted to 2050 ± 180 pairs according to extrapolation data. Official data on Black Stork numbers are 950–1300 pairs. The distribution of Black Stork in geobotanical regions is uneven (0.91–5.77 pairs/100 km²). Highest density was observed in Polesie-Dnieper geobotanical district in the south-east of the country, and the lowest density – in Orsha-Mogilev geobotanical district in the north-east of the country. Estimated number of Black Stork species obtained for every administrative district of Belarus.

Keywords: Black Stork, *Ciconia nigra*, extrapolation, counts, forests, Red Book

П. А. Пакуль, М. Р. Дзмітрак, В. Ч. Дамброўскі, А. А. Астроўскі, М. В. Тарановіч, Р. В. Вячорка

Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па біярэсурсах, Мінск, Беларусь,
e-mail: anderer@tut.by, marinabittern@gmail.com, valdombr@rambler.ru, oleostro@gmail.com, tarantovich@gmail.com,
ruzanka1998@gmail.com

СУЧАСНАЯ АЦЭНКА КОЛЬКАСЦІ І ХАРАКТАР РАСПАЎСЮДЖАННЯ ЧОРНАГА БУСЛА (*CICONIA NIGRA* L., 1758) У БЕЛАРУСІ

Анацыя. Улікі чорнага бусла праводзіліся з 2013 па 2022 г. на рандамізаваных пляцоўках па ўсёй тэрыторыі Беларусі. Даследаваннямі ахоплены каля 11 % лясоў краіны. Экстрапаляваная ацэнка колькасці на падставе ўлікаў складала 2050 ± 180 пар. Шчыльнасць гнездавання чорнага бусла ў розных геабатанічных акругах істотна адрозніваецца (мінімальная шчыльнасць – у Аршанска-Магілёўскай геабатанічнай акрузе, максімальная – у Палеска-Прыдняпроўскай геабатанічнай акрузе). Гэта тлумачыцца адносна меншым аблесеннем і высокім антрапагенным прэсінгам у рэгіёнах з найменшай шчыльнасцю засялення відам. На падставе даных экстрапаляцыі і абсалютнага ўліку на маніторынгавых пляцоўках атрымана колькасць чорнага бусла для адміністрацыйных раёнаў (Мінскі, Мядзельскі, Столінскі, Светлагорскі, Рагачоўскі) Беларусі.

Ключавыя словы: чорны бусел, *Ciconia nigra*, экстрапаляцыя, улік, лес, Чырвоная кніга

Введение. Черный аист – редкий, малочисленный вид, включенный в список МСОП (VU), приложение 1 к Директиве Евросоюза по охране диких птиц, приложение 2 к Бернской конвенции, приложение 2 к Боннской конвенции, красные книги Беларуси (3-я категория), Российской Федерации, Литвы, Латвии, Украины [1]. Первые упоминания о черном аисте на территории современной Беларуси относятся к XVIII в. [2]. В 1895 г. М. А. Мензбир [3] указывает на гнездование черного аиста в губерниях, находящихся на территории современной Беларуси. Данные по численности черного аиста опубликованы В. Н. Шнитниковым в 1913 г. – 3 пары на 10 тыс. десятин (3 пары/100 км²) в оптимальных

условиях [4]. Автором отмечается отсутствие черного аиста в лесах, в которых ведется хозяйственная деятельность, даже если они большие по площади. В обзорной работе 1936 г. приводятся сведения о количестве жилых гнезд (50 гнезд) в Пинском повете Полесского воеводства [5] (на момент публикации Полесское воеводство входило в состав Польши, а в настоящее время соответствует территории Столинского р-на Брестской обл.). В период до 2011 г. исследования черного аиста в Беларуси проводились локально на территориях Беловежской пуши [6, 7], Березинского заповедника [8] и отдельных районов страны [9, 10]. К концу 1980-х гг. для оценки численности белого и черного аистов начали применять метод анкетных учетов [11]. Последняя современная оценка численности черного аиста (950–1300 пар) была проведена в конце XX в. и основывалась в первую очередь на анкетных данных, полученных от работников лесного хозяйства [9, 12–15].

Результаты исследований по мониторингу и кадастру лесных видов птиц публикуются достаточно редко и еще реже охватывают всю территорию страны. В южной части Беларуси В. В. Сахном проводились мониторинговые исследования черного аиста в 1999–2009 гг. как на территории заказника «Средняя Припять», так и на других площадках в Полесском регионе [16, 17]. По его данным, в 2000-х гг. на участке площадью 22 км² локальная плотность гнездования черного аиста достигала 43 пары/100 км². Но к 2009 г. автор отметил снижение плотности гнездования до 10 пар/100 км². Основным фактором отрицательной динамики он называл усиление лесохозяйственной деятельности человека. Одной из важных работ подобного рода является статья В. Ч. Домбровского и В. В. Ивановского о дневных хищных птицах Беларуси [18], в которой рассматривалась плотность населения этой группы птиц во всех геоботанических округах Беларуси. Следует отметить, что учет количества черного аиста в масштабах всей страны ранее не проводился.

В 2009–2011 гг. были заложены новые мониторинговые площадки для ежегодного отслеживания изменений численности и успеха гнездования черного аиста, начала использоваться новая методика учета численности территориальных пар [19], проведены учеты численности черного аиста на территории Брестской обл. [20].

В Красной книге Республики Беларусь издания 2015 г. [1] указана численность черного аиста (950–1300 пар), приведенная на основе данных 1990-х гг. [13]. Изменения в составе лесов, лесохозяйственной и сельскохозяйственной деятельности, а также изменение климата требуют пересмотра и актуализации оценки количества этих птиц в Беларуси.

Материалы и методы. Для работы были использованы учеты численности черного аиста, проведенные с 2013 по 2022 г. на территории всех геоботанических округов Беларуси. Мониторинговые исследования 2013–2022 гг. в Брестской, Минской и Витебской обл. (в зоне широколиственно-сосновых, грабово-дубово-темнохвойных и дубово-темнохвойных лесов соответственно) показали, что численность вида на мониторинговых площадках оставалась относительно стабильной (рис. 1), что позволяет при анализе данных, полученных в разных регионах страны в разные годы, допускать возможность их сравнения и экстраполяции. Всего в стране выделяют три геоботанические подзоны (дубово-темнохвойные, грабово-дубово-темнохвойные и широколиственно-сосновые леса) и семь геоботанических округов – Западно-Двинский, Ошмяно-Минский, Оршанско-Могилевский, Неманско-Предполесский и Полесско-Приднепровский. Они выделены на основании географических особенностей формационного состава лесной растительности и охарактеризованы по ведущим признакам природного районирования [21] (рис. 2).



Рис. 1. Динамика численности черного аиста на стационарах в Брестской, Витебской и Минской областях

В работе использовался метод абсолютного учета территориальных пар черного аиста на рандомизированных пробных площадках во всех распространенных в стране типах лесов. Всего обследовано 76 площадок площадью от 10 до 720 км² леса. В сумме обследованная площадь леса составила 9 443,01 км², или около 11 % общей площади лесов Беларуси.

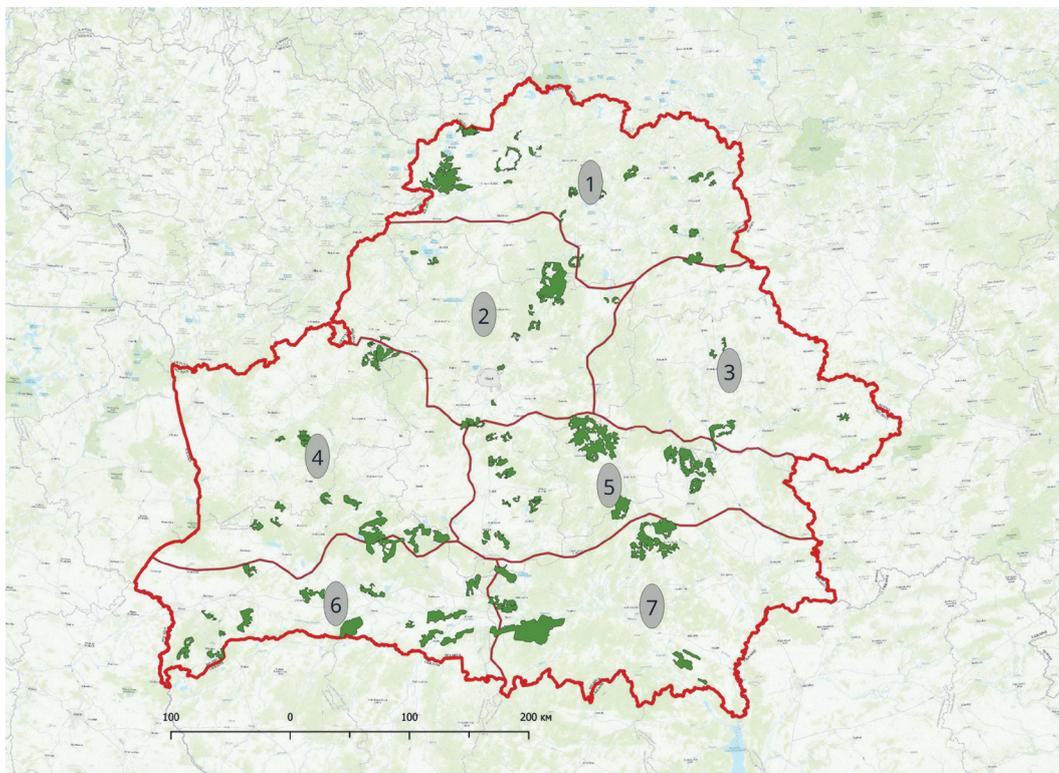


Рис. 2. Расположение учетных площадок на территории Беларуси¹

Пробные площадки обследовались с помощью бинокля и подзорной трубы из ряда точек, удаленных друг от друга на 3–4 км [19]. Далее все отмеченные территориальные пары черных аистов наносились на карту, после обработки в ГИС определялось общее количество территориальных пар и площадь леса на площадке.

Сбор официальных данных по количеству переданных под охрану гнезд черного аиста осуществлялся при посещении лесхозов и районных инспекций природных ресурсов и охраны окружающей среды в каждом из исследуемых районов.

Расчет плотности гнездования черного аиста в геоботанических округах проводился по фактическим результатам учетов на площадках, входящих в территорию каждого из геоботанических округов, как среднее \pm SE количество пар вида в пересчете на 100 км² леса. Данные по площади леса для геоботанических округов Беларуси отсутствуют, поэтому численность черного аиста для округа не рассчитывалась.

Для административных районов расчет численности черного аиста проводился для каждого района отдельно на основании средней плотности гнездования вида в геоботаническом округе, в котором расположен район, и официальных данных по площади лесов [22, 23]. Для районов с высокой степенью изученности (Минский, Мядельский, Столинский, Светлогорский, Рогачевский) численность вида оценивалась на основании учетов, проведенных непосредственно в этих районах. Полученная численность черного аиста по районам суммировались для оценки общей численности вида в Беларуси. Погрешность оценки высчитывалась как ошибка среднего для плотности населения черного аиста на основании всех проведенных учетов. Статистический анализ данных осуществлялся в свободно распространяемом программном обеспечении GraphPad Prism 5.

Результаты и их обсуждение. За время исследования на территории Беларуси было учтено 262 территориальные пары черного аиста (таблица).

¹ Отмечены границы геоботанических округов, нумерация которых соответствует нумерации геоботанических округов, указанных в таблице.

Результаты учета черного аиста на территории Беларуси

№	Геоботанический округ	Обследовано леса, км ²	Выявлено пар	Средняя плотность населения черного аиста, пар/100 км ² леса (средняя ± SE)
1	Западно-Двинский	1 125,72	23	2,04 ± 0,62
2	Ошмяно-Минский	725,94	15	2,07 ± 0,55
3	Оршано-Могилевский	220,42	2	0,91 ± 1,90
4	Неманско-Предполесский	1960,22	42	2,14 ± 1,16
5	Березинско-Предполесский	1 732,20	17	0,98 ± 0,78
6	Бугско-Полесский	1 423,56	62	4,36 ± 2,54
7	Полесско-Приднепровский	1 750,02	101	5,77 ± 1,74

Средняя плотность населения черного аиста в геоботанических округах варьировала от 0,91 до 5,77 пары/100 км² леса (рис. 3).

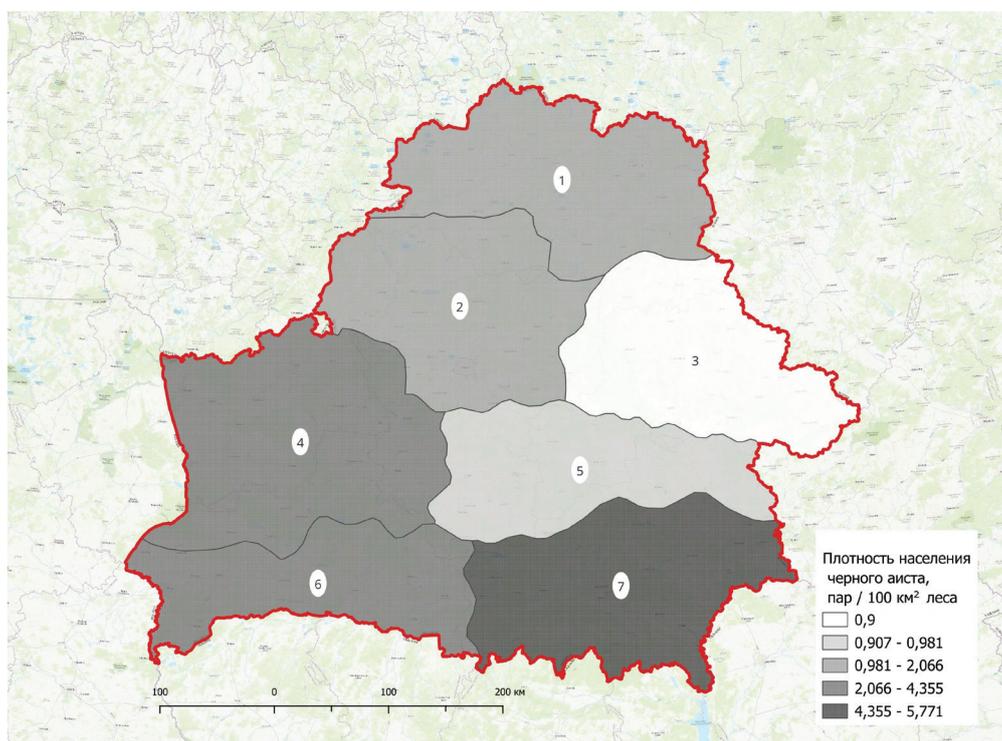


Рис. 3. Плотность населения черного аиста в геоботанических округах Беларуси (кластеризация интервалов по Дженксу)

Максимальная зарегистрированная в процессе данного исследования локальная плотность гнездования черного аиста была отмечена в Столинском р-не Брестской обл. в ландшафтном заказнике республиканского значения «Средняя Припять» – 25 пар/100 км² леса в 2013 г. Численность черного аиста в районах Беларуси варьировала от 1 до 85 пар. Средняя плотность гнездования черного аиста в республике составила 2,74 ± 0,24 пары/100 км² леса.

На основании полученных сведений была выполнена экстраполяция численности черного аиста для административных районов Беларуси. Для расчетов брались официальные данные площади леса в районе и рассчитанная плотность гнездования черного аиста в соответствующем геоботаническом округе (рис. 4). Суммарная экстраполированная численность черного аиста в Беларуси составляет 2 050 ± 180 пар.

Мониторинговые учеты на стационарных площадках показывали незначительные колебания численности черного аиста в последние 9 лет [24, 25]. Наблюдался незначительный тренд ($R^2 = 0,07$) на снижение численности территориальных пар на стационаре «Средняя Припять» (Брестская обл.). Вероятно, это связано с засушливыми годами (2014–2018 гг.) и очевидным ухудшением условий гнездования. В 2018–2023 гг. ситуация постепенно восстанавливалась [24]. На основании этих исследований можно предполагать, что численность вида в целом по стране в период исследований также существенно не менялась.

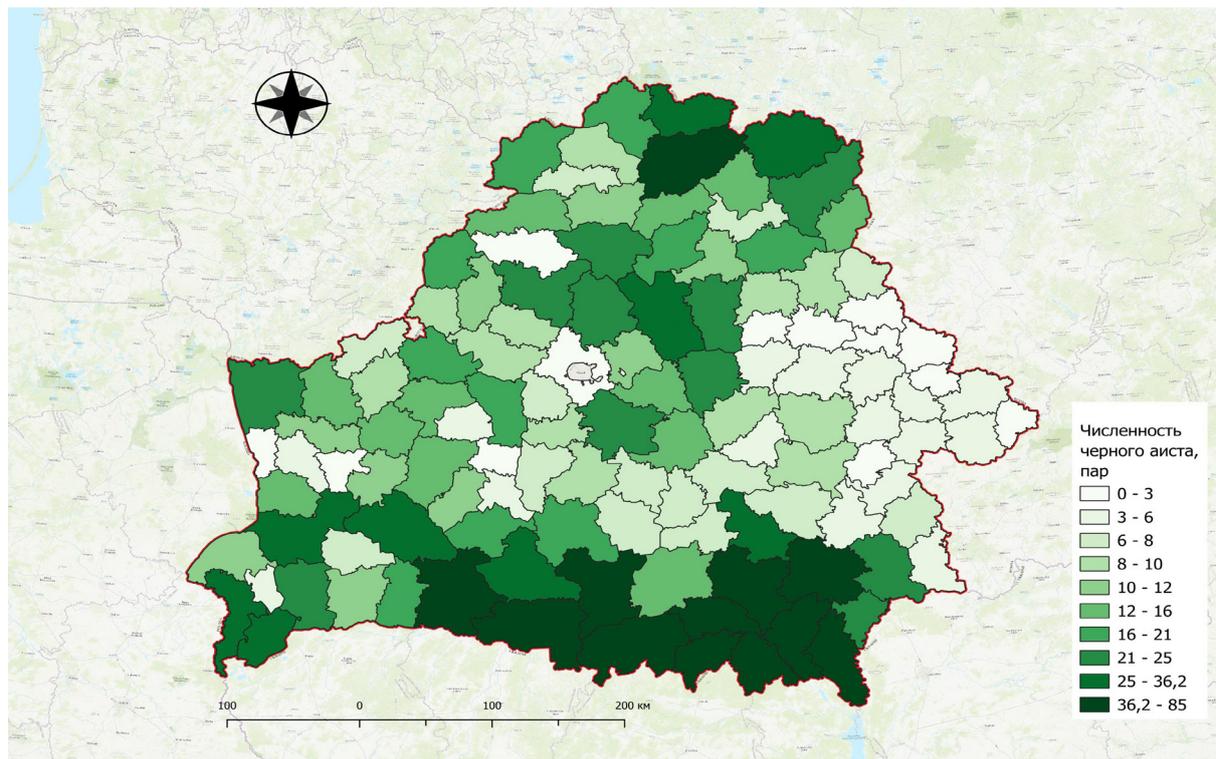


Рис. 4. Прогнозная численность черного аиста по административным районам Беларуси (кластеризация интервалов по равным квантилям)

По данным наших учетов, наиболее высокая плотность населения черного аиста отмечается в южной части Беларуси, а именно в Полесском регионе, приуроченном к пойменным лесам крупных рек (Припять, Днепр) [20, 24, 25]. Очень высокая локальная плотность гнездования черного аиста в пойме р. Припять была зафиксирована в заказнике «Средняя Припять» – до 25 пар/100 км² леса [19], в припойменных лесах Национального парка «Припятский» – 20 пар/100 км² леса [26].

Наибольшая плотность гнездования черного аиста для геоботанических округов в целом получена для Бугско-Полесского, Полесско-Приднепровского и Березинско-Предполесского округов – 4,36, 5,77 и 2,14 пары/100 км² леса соответственно. В этих подзонах протекают крупные реки (Припять, Днепр, Сож) с широкой поймой и сильно выраженными половодьями, обеспечивающими богатство кормовых угодий. Бугско-Полесский и Полесско-Приднепровский округа составляют подзону широколиственно-сосновых лесов. Черный аист предъявляет высокие требования к выбору гнездового дерева, так как крупное гнездо требует надежной опоры. Особенно пригодными для гнездования видами деревьев являются дубы, старые сосны, осины, ольхи, клены [14]. Наибольшая доля дубрав среди лесных формаций, представленных в геоботанических подзонах Беларуси, находится в подзоне широколиственно-сосновых лесов (60,7 %) [21]. Это дает черным аистам возможность выбора гнездопригодных деревьев. Лесистость Полесско-Приднепровского округа значительно выше, чем Бугско-Полесского [21, 23], что может приводить к увеличению плотности населения черного аиста в регионе. Доля дубрав в Немано-Предполесском округе также довольно высока (13,7%) [21]. Немано-Предполесский округ включает в себя и территорию Национального парка «Беловежская пуща», в котором плотность гнездования черного аиста может достигать 20 пар/100 км² леса [27]. В оптимальных местах обитания в Польше и Латвии плотность гнездования может достигать высоких значений от 5 до 20 пар/100 км² леса, что сопоставимо с белорусскими значениями [28, 29]. В пойме р. Дунай плотность населения черного аиста достигает 21,1 пары/100 км², что является максимальной зарегистрированной плотностью гнездования черного аиста в Западной Европе [29].

Крупные лесные массивы, большое количество озер, поймы рек в западной и северной частях республики также способствуют повышению локальной плотности гнездования черного аиста в Ошмяно-Минском и Западно-Двинском геоботанических округах. Западно-Двинский геоботанический округ характеризуется высокой облесенностью [23]. Невысокая доля дубрав в лесных формациях компенсируется наличием отдельных дубов в составе лесных формаций, также высока доля осинников (25,8 %) [21]. Известно, что в прибалтийских странах черный аист часто гнездится на осинах [30].

Наименьшая плотность населения черного аиста (0,91–0,98 пары/100 км² леса) была отмечена в Оршано-Могилевском и Березинско-Предполесском геоботанических округах. Эти территории характеризуются очень высокой преобразованностью ландшафтов, интенсивным сельским хозяйством и отсутствием больших площадей старых, преимущественных широколиственных лесов [23].

Официальные данные по охраняемым гнездам редких видов птиц хранятся в лесхозах и районных инспекциях природных ресурсов и охраны окружающей среды в виде решений местных исполнительных комитетов о передаче под охрану мест обитания диких животных, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, паспортов мест обитания и охранных обязательств. Эти сведения являются единственным официальным источником для оценки численности охраняемых видов птиц в районе. Использование такой информации, как правило, приводит к занижению численности черного аиста. Так, в Брестской обл., по официальным данным, охраняется 117 пар черного аиста. Брестская обл. изучена нами наиболее полно (обследовано 28,42 % общей площади леса) [20]. Экстраполированная численность черного аиста в Брестской обл., по нашим данным, составляет около 344 гнездящихся пар. Очевидно, что под охрану передано менее половины всех возможных гнезд. Можно предположить, что такая ситуация не является уникальной и, скорее, характерна для всех областей Беларуси. Это объясняется тем, что работа по поиску гнезд и передаче их под охрану намного более трудоёмка, чем учёт, и требует привлечения значительных сил и средств. Таким образом, проведение массовых учётов в рамках работ по мониторингу и кадастру является необходимым и важным для оценки состояния популяции черного аиста.

Заключение. Результаты учётов показывают, что черный аист на территории Беларуси распространён достаточно неравномерно и в силу биологии вида приурочен к местам наиболее облесенным. Можно также проследить тенденцию к повышению плотности населения черного аиста в геоботанических округах с высокой долей дубрав среди формаций, участвующих в формировании лесов. Проведение учётов современными методами на больших территориях – необходимый аспект контроля и прогнозирования в изучении и охране редких видов птиц. Использование исключительно существующих официальных данных может приводить к искажению представления о состоянии популяции изучаемого вида. Современная оценка численности черного аиста на территории Беларуси составляет 1 870–2 230 пар (официальное значение в Красной книге Республики Беларусь – 900–1 300 пар). Данная разница объясняется не увеличением численности вида, а совершенствованием методик учёта. Максимальная плотность населения черного аиста рассчитана для Полесско-Приднепровского геоботанического округа, наименьшая – для Оршано-Могилевского.

Благодарности. Авторы выражают благодарность фонду «Цикония» (Лихтенштейн) за финансовую поддержку исследования, сотруднику лаборатории орнитологии НАН Беларуси – В. В. Натянцу, преподавателям – А. М. Мухле, М. В. Цвирко и учащимся МГТЭЦДиМ за помощь в сборе материала.

Список использованных источников

1. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / гл. редкол.: И. М. Качановский (пред.) [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 317 с.
2. *Rzaczynski, P. G.* Historia naturalis curiosa regni Polonia, magiducatus Litvania, annexarum, provinciarum / P. G. Rzaczynski // Tractatus XX divisa. – Typis Collegii Soc. Jesu., 1721. – P. 274–276.
3. *Мензбир, М. А.* Птицы России М. А. Мензбира, профессора Императорского Московского Университета: в 2 т. / М. А. Мензбир. – М.: Изд-во Типо-литограф. Выс. утв. Т-ва И. Н. Кушнерев и К°, 1895. – Т. 1. – 964 с.
4. *Шнитников, В. Н.* Птицы Минской губернии. Материалы к познанию флоры и фауны Российской империи / В. Н. Шнитников. – М., 1913. – Вып. 12. – С. 1–475.
5. *Dunajewski, A.* Materiały do występowania czarnego bociana (*Ciconia nigra*, Linn.) w Polsce / A. Dunajewski // Acta Ornitol. – 1936. – Т. 2, № 1. – P. 1–26.
6. *Шостак, С. В.* Аисты в Беловежской пуще / С. В. Шостак, А. И. Шостак // Аисты: Распространение, экология, охрана. – Минск, 1992. – С. 238–239.
7. *Крапивный, А. П.* Экология и хозяйственное значение европейского белого аиста, черного аиста и обыкновенной серой цапли в Белоруссии / А. П. Крапивный: автореф. дис. ... канд. биол. наук / АН БССР, отд. зоологии и паразитологии. – Минск, 1958. – 20 с.
8. *Бышневу, И. И.* Черный и белый аисты в Березинском заповеднике / И. И. Бышневу // Аисты: распространение, экология, охрана : материалы II (Минск, окт. 1990 г.) и III (Канев, сент. 1991 г.) Всесоюз. совещ. рабочей группы по аистам Всесоюз. орнитол. о-ва / редкол.: И. Э. Самусенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Навука і тэхніка, 1992. – С. 212–216.
9. *Самусенко, И. Э.* Некоторые закономерности распространения белого и черного аистов в Минской области / И. Э. Самусенко, А. П. Шкурдюк, В. А. Копцевич // Аисты: распространение, экология, охрана : материалы II (Минск, окт. 1990 г.) и III (Канев, сент. 1991 г.) Всесоюз. совещ. рабочей группы по аистам Всесоюз. орнитол. о-ва / редкол.: И. Э. Самусенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Навука і тэхніка, 1992. – С. 228–232.
10. Формирование структуры орнитокомплексов и популяций модельных видов птиц / М. Е. Никифоров [и др.] // Животный мир в зоне аварии на Чернобыльской АЭС. – Минск: Навука і тэхніка, 1995. – С. 158–193.

11. Самусенко, Э. Г. Распространение черного аиста в Белоруссии / Э. Г. Самусенко, И. Э. Самусенко // Опыт кадастровой характеристики, результаты учетов, материалы к кадастру по непромысловым птицам, пресмыкающимся, земноводным и рыбам. – Уфа, 1989. – С. 203–205.
12. Самусенко, И. Э. Распространение и численность черного аиста в Белоруссии / И. Э. Самусенко // Влияние антропогенной трансформации ландшафта на население наземных позвоночных животных: тез. Всесоюз. совещ., Москва, 1987 г.: в 2 ч. / ВНИИ охраны природы и заповедного дела Гоагропрома СССР; редкол.: Т. В. Кошкина [и др.]. – М., 1987. – Ч. 2. – С. 143–144.
13. Птицы Беларуси на рубеже XXI века / М. Е. Никифоров [и др.]. – Минск: Изд. Королев, 1997. – 187 с.
14. Ивановский, В. В. Черный аист на Витебщине в 1991 году / В. В. Ивановский // Аисты: распространение, экология, охрана: материалы II (Минск, окт. 1990 г.) и III (Канев, сент. 1991 г.) Всесоюз. совещ. рабочей группы по аистам Всесоюз. орнитол. о-ва / редкол.: И. Э. Самусенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Наука і тэхніка, 1992. – С. 198–199.
15. Якубец, З. Международная методика учета аистов и замечания о программе и направлениях дальнейших исследований / З. Якубец, И. Самусенко // Аисты: распространение, экология, охрана: материалы II (Минск, окт. 1990 г.) и III (Канев, сент. 1991 г.) Всесоюз. совещ. рабочей группы по аистам Всесоюз. орнитол. о-ва / редкол.: И. Э. Самусенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Наука і тэхніка, 1992. – С. 164–172.
16. Сахвон, В. В. Роль пойменных лесов ландшафтного заказника «Средняя Припять» в сохранении редких и малочисленных видов птиц / В. В. Сахвон // Заповед. дело в Украине. – 2009. – Т. 15, вып. 2. – С. 67–70.
17. Сахвон, В. В. Результаты 10-летнего мониторинга черного аиста (*Ciconia niger* L., 1758) в пойменных лесах нижнего течения реки Случь / В. В. Сахвон // Красная книга Республики Беларусь: состояние, проблемы, перспективы: материалы междунар. науч. конф., Витебск, 13–15 дек. 2011 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол: В. Я. Кузьменко (отв. ред.) [и др.]. – Витебск: УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2011. – С. 154–156.
18. Dombrowski, V. C. New data on numbers and distribution of birds of prey breeding in Belarus / V. C. Dombrowski, V. V. Ivanovski // Acta Zool. Litu. – 2005. – Vol. 15, № 3. – P. 218–227.
19. Dmitrenok, M. A methods of estimating numbers and searching for Black Stork's nests: results of a study in Belarus / M. Dmitrenok, V. Dombrowski, P. Pakul // Ornithos. – 2016. – P. 142–147.
20. Дмитриенок, М. Г. К вопросу об оценке численности черного аиста в Полесском регионе Беларуси / М. Г. Дмитриенок, П. А. Пакуль // XIV Международная орнитологическая конференция Северной Евразии (Алматы, 18–24 авг. 2015 г.): тез.; ответ. ред.: А. Ф. Ковшарь. – Алматы, 2015. – С. 170–172.
21. Юркевич, И. Д. Растительность Белоруссии, ее картографирование, охрана и использование / И. Д. Юркевич, Д. С. Голод, В. С. Адерихо. – Минск: Наука и техника, 1979. – 248 с.
22. Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь: Лесной фонд [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mlh.by/our-main-activities/forestry/forests>. – Дата доступа: 17.01.2023.
23. Лясістасць // Нацыянальны атлас Беларусі / Кам. па зямел. рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэсп. Беларусь; рэдкал.: М. У. Мясніковіч (старш. гал. рэдкал.) [і інш.]. – Мінск, 2002. – С. 117.
24. The impact of climate change on Black Stork (*Ciconia nigra*) population in Belarus / M. Dmitrenok [et al.] // SIS Conservation. – 2021. – Vol. 3. – P. 142–147.
25. Современная оценка численности черного аиста (*Ciconia nigra*) в Беларуси / П. А. Пакуль [и др.] // Зоологические чтения: сб. науч. ст., посвящ. 125-летию д-ра биол. наук И. Н. Сержанина / ГрГУ им. Янки Купалы; редкол.: О. В. Янчуревич (гл. ред.), А. В. Рыжая. – Гродно: ГрГУ, 2023. – С. 220–221.
26. Атлас млекопитающих и птиц Национального парка «Припятский» / В. Ч. Домбровский [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 327 с.
27. Pugaciewicz, E. Stan populacji bociana czarnego (*Ciconia nigra*) na Nizinie Północnopodlaskiej w latach 1985–1994 // Not. Orn. – 1994. – Vol. 35, № 3–4. – P. 297–308.
28. Keller, M. Present situation, reproduction and food of the Black Stork in Poland / M. Keller, P. Profus, // Meriaux J. L., Schierer C., Tombal C., Tombal J.-C. (Eds.). The Storks of Europe, Proceedings of the International Conference, 3–5 June 1991. – France: Metz. Institut Européen d'Ecologie. – P. 227–236.
29. Strazds, M. Organisation spatiale des territoires de la Cigogne noire dans le Parc National de Kemeru – Lettonie / M. Strazds, A. Liepa, J. Kuze // Proceedings of the Third International Conference on the Black Stork, 28–31 March, 2001 / G. Jadoul, R. Libois, W. van den Bossche, M. Strazds (Eds.). – Belgique: Fourneau Saint Michel, 2001. – P. 51.
30. Strazds, M. Conservation Ecology of the Black Stork in Latvia: dissertation for a PhD in biology / M. Strazds. – Riga: University of Latvia, 2011. – 86 p.

Поступила 15.12.2023

С. В. Ребко, Л. Ф. Поплавская, П. В. Тупик*Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь,
e-mail: rebko@belstu.by, poplavskaya@belstu.by, pavel_tupik@belstu.by***РОСТ И СОСТОЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЭКОТИПОВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В БЕЛАРУСИ**

Аннотация. Приведены результаты оценки роста и продуктивности шести климатических экотипов (климатипов) ели европейской, произрастающих в Беларуси, выявлены климатипы с низкой устойчивостью к язвенному раку и изменившимся погодно-климатическим условиям. Проведена селекционная инвентаризация всех климатипов с распределением их по селекционным категориям. Установлена корреляция между показателями роста, продуктивности, устойчивости, селекционной ценности и погодно-климатическими факторами мест происхождения семян. Выявлена наиболее тесная связь между показателями роста, устойчивостью к язвенному раку и средней температурой, а также с географическими координатами мест заготовки семян. Дана ранговая оценка климатических экотипов ели европейской для условий Беларуси при селекции ее на продуктивность и устойчивость.

Ключевые слова: ель европейская, климатип, географические культуры, рост, продуктивность, устойчивость, селекционная ценность, климатические факторы, ранговая оценка

S. U. Rabko, L. F. Paplauskaya, P. V. Tupik*Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus,
e-mail: rebko@belstu.by, poplavskaya@belstu.by, pavel_tupik@belstu.by***GROWTH AND STATE OF CLIMATIC ECOTYPES OF EUROPEAN SPRUCE IN BELARUS**

Abstract. The results of the assessment of the growth and productivity of six climatic ecotypes (climatypes) of European spruce growing in Belarus are presented, climatotypes with low resistance to ulcerative cancer and changed weather and climatic conditions are identified. Breeding inventory of all climatotypes was carried out with their distribution by breeding categories. Correlation between the indicators of growth, productivity, resistance, breeding value and weather and climatic factors of the places of origin of seeds has been established. The closest relationship revealed growth rates, resistance to ulcerative cancer and average temperature, as well as with the geographical coordinates of seed harvesting sites was established. The rank assessment of climatic ecotypes of European spruce for the conditions of Belarus in its selection for productivity and sustainability is given.

Keywords: European spruce, climatype, geographical crops, growth, productivity, stability, breeding value, climatic factors, ranking

С. У. Рабко, Л. Ф. Паплаўская, П. В. Тупік*Беларускі дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь,
e-mail: rebko@belstu.by, poplavskaya@belstu.by, pavel_tupik@belstu.by***РОСТ І СТАН КЛІМАТЫЧНЫХ ЭКАТЫПАЎ ЕЛКІ ЕЎРАПЕЙСКАЙ У БЕЛАРУСІ**

Анотацыя. Прыведзены вынікі ацэнкі росту і прадуктыўнасці шасці кліматычных экатыпаў (кліматыпаў) елкі еўрапейскай, якія растуць у Беларусі, выяўлены кліматыпы з нізкай устойлівасцю да язвавага раку і пагодна-кліматычных умоў, якія змяніліся. Праведзена селекцыйная інвентарызацыя ўсіх кліматыпаў з размеркаваннем іх па селекцыйных катэгорыях. Устаноўлена карэляцыя паміж паказчыкамі росту, прадуктыўнасці, устойлівасці, селекцыйнай каштоўнасці і пагодна-кліматычнымі фактарамі месцаў паходжання насення. Выяўлена найбольш цесная сувязь паміж паказчыкамі росту, устойлівасцю да язвавага раку і сярэдняй тэмпературай, а таксама з геаграфічнымі каардынатамі месцаў нарыхтоўкі насення. Дадзена рангавая ацэнка кліматычных экатыпаў елкі еўрапейскай для ўмоў Беларусі пры селекцыйнае на прадуктыўнасць і ўстойлівасць.

Ключавыя словы: елка еўрапейская, кліматып, геаграфічныя культуры, рост, прадуктыўнасць, устойлівасць, селекцыйная каштоўнасць, кліматычныя фактары, рангавая ацэнка

Введение. Ель европейская является одной из главных лесообразующих хвойных пород на территории Беларуси. В настоящее время еловые насаждения произрастают на площади 611,5 тыс. га и занимают 9,3 % от всей лесопокрытой площади. За последнее десятилетие площадь еловых насаждений сократилась из-за массового усыхания ели, обусловленного изменением климатических условий и, как следствие, ослабления еловых насаждений и поражения их вредителями и болезнями. В этой связи является актуальным поиск климатических экотипов, которые в большей степени будут соответствовать изменившимся условиям и позволят выращивать высокопродуктивные и устойчивые насаждения на территории Беларуси.

Проблемой устойчивости лесных древесных пород, выращиваемых в новых условиях среды, лесоводы стали заниматься в конце XIX в., когда в ряде стран стали использовать для создания лесных культур семена из других географических районов, при этом очень часто такие культуры оказыва-

лись нежизнеспособными или значительно уступали местным по продуктивности, качеству стволов и устойчивости. Проведенные в дальнейшем исследования показали генетическую неоднородность видов древесных растений, произрастающих в различных климатических зонах, и обусловили необходимость выделения географических (климатических) рас, или климатипов.

Географические культуры ели европейской с целью изучения влияния происхождения семян на продуктивность, сохранность и устойчивость закладывают уже более 100 лет. Цель создания таких культур – поиск в пределах ареала более выгодных в хозяйственном отношении экотипов, чем местные, а также определение возможности завоза семян ели из других регионов [1]. Рост и устойчивость древесных растений в географических культурах зависит от климатических и эдафических факторов, а также от наследственных свойств климатипа. Изучению роста географических культур ели посвящены работы П. Г. Мельника, М. Д. Мерзленко [2–4], М. А. Николаевой [5], О. В. Прониной [6], А. В. Иванова [7], О. А. Гвоздухиной [8], Н. А. Деминой [9], И. Т. Кищенко [10], А. М. Шутяева [11], С. Ю. Краснобаевой [12], А. В. Ежова и О. А. Юдиной [13]. В Беларуси изучением географических культур ели занимались П. И. Волович [14], С. А. Савченко и З. С. Поджарова [15], С. Н. Клименкова [16, 17] и др. Особенности формирования еловых лесов в Беларуси и проблемы массового их усыхания изучали Н. И. Федоров, В. В. Сарнацкий, А. А. Сазонов, В. Н. Кухта, В. Б. Звягинцев, А. И. Блинцов [18, 19] и др.

Знание внутривидовой географической изменчивости ели позволили выделить ее климатические экотипы. На территории СССР О. Г. Каппером были выделены четыре климатипа: ель кольская, ель хвойных лесов северо-западного типа, ель хвойных лесов северо-восточного типа и ель хвойно-широколиственных лесов [1]. Однако в пределах этих климатипов условия среды неоднородны, что приводит к необходимости проведения дальнейших исследований и выделения наиболее полным соответствующих экологических типов.

Цель работы – анализ роста и устойчивости шестидесятилетних географических культур ели европейской в условиях Беларуси в связи с изменением погодно-климатических условий для выявления наиболее перспективных климатипов, позволяющих повысить продуктивность и устойчивость еловых насаждений.

Объекты и методы исследований. Первые географические культуры ели на территории Беларуси были в Негорельском учебно-опытном лесхозе (Дзержинский р-н, Минская обл.) весной 1961 г. на площади 0,5 га и включали шесть географических вариантов: минский, витебский, новгородский, вологодский, ивано-франковский, гродненский. Участок, отведенный под географические культуры, представлял собой старую вырубку, вышедшую из-под елового насаждения. Почва на участке – дерново-подзолистая, сильнооподзоленная, супесчаная, на супеси связной, подстилаемой моренным суглинком, а с глубины 180 см – песком связным. Тип условий местопроизрастания – С₂. В качестве посадочного материала использовали трехлетние саженцы ели. Размещении посадочных мест – 2,0 × 0,7 м, исходная густота культур – 7 140 шт./га. Один климатип ели европейской представлен одним участком.

Для создания географических культур ели в Негорельском учебно-опытном лесхозе были получены семена от шести лесохозяйственных учреждений: трех лесохозяйственных учреждений Беларуси, расположенных в двух геоботанических подзонах и трех геоботанических округах, двух предприятий лесного хозяйства России, находящихся в подзоне южной тайги в округе Русской равнины и одного лесохозяйственного предприятия Украины в подзоне широколиственных лесов в округе Восточных Карпат.

Изучение особенностей роста и определение средних показателей высоты, диаметра, класса бонитета и др. проводили по общепринятой в лесоводстве методике [20]. Селекционная инвентаризация насаждений осуществлялась в соответствии с Инструкцией о порядке создания (формирования), выделения и эксплуатации объектов постоянной лесосеменной базы на участках лесного фонда в зависимости от потребности в семенах и посадочном материале лесных растений для лесовосстановления и лесоразведения, утвержденной постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь № 73 от 19 декабря 2016 г. Коэффициенты корреляции и составление корреляционной матрицы определены с использованием программы Statistic 6.0.

Результаты и их обсуждение. Различия мест происхождения семян обуславливают изменение важнейших экологических факторов внешней среды (табл. 1) [1]. Например, средняя температура воздуха в Новгородской обл. составляет 3,8 °С против 6,8 °С в Ивано-Франковской, сумма осадков соответственно 695 и 582 мм.

Наибольший показатель суммы температур более 10 °С характерен для Неманско-Предполеского геоботанического округа, где произрастает гродненский климатип, а минимальное значение этого показателя – для условий южной тайги (вологодский и новгородский климатипы). В условиях

Таблица 1. Характеристика климата района происхождения семян географических культур ели европейской

Происхождение семян			Продолжительность вегетационного периода, дней	Сумма температур, °С		Среднегодовая температура, °С	Сумма осадков, мм	Гидротермический коэффициент
Лесорастительная подзона	Геоботанический округ	Наименование климатипа		5°С	10°С			
Елово-грабовые дубравы	Березинско-Предполесский	Минский	195	2 540	2 190	5,2	570	1,55
Широколиственно-еловые леса	Западно-Двинский	Витебский	185	2 440	2 110	5,1	660	1,62
Южная тайга	Русская равнина	Новгородский	170	2 190	1 820	3,8	695	1,65
		Вологодский	165	2 070	1 710	2,6	590	1,58
Широколиственные леса	Восточные Карпаты	Ивано-Франковский	210	2 455	1 760	6,8	582	1,32
Елово-грабовые дубравы	Неманско-Предполесский	Гродненский	195	2 630	2 270	6,2	580	1,45

Восточных Карпат показатель суммы температур более 10 °С также ниже по сравнению с условиями Беларуси. Эти показатели иллюстрируют в основном влагообеспеченность территории и выражаются через гидротермический коэффициент Селянинова.

Наиболее низкий уровень влагообеспеченности наблюдается в условиях Восточных Карпат, а наиболее высокий – в условиях южной тайги Русской равнины.

Территория Беларуси характеризуется неоднородностью экологических условий. Наибольшее отличие между условиями произрастания белорусских климатипов проявляется в количестве осадков и показателях средней температуры. Сравнивая гидротермические коэффициенты, можно отметить, что в местах произрастания гродненского климатипа наблюдается более низкий уровень влагообеспеченности по сравнению с условиями витебского и минского климатипов.

При перенесении растений из одной широты в другую важно учитывать также фотопериодическую реакцию растений. Так, продолжительность самого длинного дня в северных широтах (Вологодская и Новгородская обл.) на два часа больше, чем в условиях Восточных Карпат (Ивано-Франковская обл.). Продолжительность самого длинного дня в условиях Беларуси составляет 17 ч 20 мин. Южный климатип, который представлен растениями короткого дня, в Беларуси оказался в условиях более длинного дня, а северные климатипы – в условиях укороченного дня.

Негорельский учебно-опытный лесхоз, в котором созданы географические культуры ели, в соответствии с существующим лесорастительным районированием территории республики относится к зоне хвойно-широколиственных лесов, подзоне елово-грабовых дубрав Неманско-Предполесского лесорастительного района.

По данным Института природопользования НАН Беларуси, установлено, что в 1881–1990 гг. колебания годовой температуры варьировали в пределах нормы (5,9 °С). Период изменения температурного режима в Беларуси наблюдается с 1970-х гг. XX в., причем более значимые климатические изменения фиксируются с 1989 г. [21].

Важной особенностью нынешнего периода потепления является не только его продолжительность, но и более высокая температура, которая в 1989–2018 гг. превысила климатическую норму на 1,3 °С. Из 73 самых теплых лет в течение послевоенного периода (1945–2018 гг.) 20 лет пришлось на 1989–2018 гг. [21, 22]. В период потепления годовое количество осадков значительно не изменилось, однако отмечалось усиление пространственной неравномерности выпадения осадков и формирование засушливых условий. Начиная с 70-х гг. XX в. на фоне потепления в Беларуси наблюдается снижение средней скорости ветра.

Изменение климата в сторону потепления и часто повторяющиеся засухи сказываются на продуктивности и устойчивости лесных насаждений, так как в первую очередь страдают насаждения с участием бореальных видов, находящиеся на границе своего сплошного распространения, к которым относится ель европейская.

Ареал ели на территории Европы состоит из трех областей сплошного распространения: бореальной, или скандинавско-восточноевропейской, карпатской и альпийско-балканской. Территория Беларуси находится в юго-западной части бореальной области, выходя за ее пределы на юге. Основными климатическими факторами, ограничивающими продвижение ели на юг, являются неустой-

чивое увлажнение атмосферными осадками, высокая теплообеспеченность и низкая влажность воздуха в период ее интенсивной вегетации. На территории Полесья при сумме температур выше 10 °С, равной 2 480, и длительности периода с температурой выше 10 °С более 155 дней сплошного распространения ели уже не наблюдается. Повышенная теплообеспеченность сочетается с высоким дефицитом влажности воздуха, который в Полесье составляет в мае – июне 6,7–7,0 мбар [23].

На юго-западной окраине бореальной области, где произрастают еловые насаждения с участием гродненского климатипа, ель распространена повсеместно, хотя теплообеспеченность этого региона достаточно высокая. По сравнению с Полесьем климат здесь более влажный, а также более богатые моренные почвы, что и предопределяет успешный рост такой древесной породы, как ель европейская. Однако при изменении климатических условий (длительные засушливые периоды, снижение уровня грунтовых вод) наблюдалось массовое усыхание ельников в этом регионе. Климатические характеристики мест происхождения семян ели различаются по протяженности вегетационного периода, сумме температур выше 5 и 10 °С, средней температуре, количеству осадков, влагообеспеченности, которая выражается через гидротермический коэффициент, что обусловлено географическими координатами мест происхождения климатипов.

Корреляционные связи показателей роста, продуктивности и устойчивости с климатическими и географическими показателями представлены в табл. 2.

Наиболее тесная связь наблюдается между климатическими характеристиками мест происхождения семян и устойчивости ели к язвенному раку. Коэффициенты корреляции довольно высокие и составляют от –0,54 с суммой осадков и до –0,80 с северной широтой. Существенное влияние на устойчивость ели к язвенному раку оказывает средняя температура, протяженность вегетационного периода и географическое расположение мест происхождения семян.

Таблица 2. Корреляционные связи между характеристикой мест происхождения семян, показателями роста и качественными параметрами деревьев климатипов ели европейской

Характеристика мест происхождения семян	Коэффициенты корреляции						
	Высота	Диаметр	Запас	Сохранность	Степень поражения язвенным раком	Соотношение лучших и худших деревьев	Селекционный выигрыш
Продолжительность вегетационного периода	0,60	0,47	0,22	–0,29	0,79	0,06	0,06
Сумма температур > 5 °С	0,54	0,51	0,07	–0,53	0,44	–0,09	0,05
Сумма температур > 10 °С	0,18	0,27	0,22	–0,66	–0,11	–0,43	0,07
Средняя температура	0,75	0,67	0,37	0,22	0,76	0,19	0,18
Сумма осадков	0,13	0,11	0,07	0,25	–0,54	–0,45	0,54
Северная широта	–0,62	–0,49	–0,26	–0,25	–0,80	–0,23	0,01
Восточная долгота	–0,73	–0,67	–0,39	0,21	–0,65	–0,04	0,26

Примечание: полужирным шрифтом выделены значения коэффициентов корреляции, статистически достоверные при уровне значимости $p = 0,05$.

Показатели роста (средний диаметр и средняя высота) имеют достаточно тесную корреляционную связь с суммой температур выше 5 °С, средней температурой, гидротермическим коэффициентом и северной широтой и восточной долготой. С продвижением на юг и запад показатели роста увеличиваются, а устойчивость к язвенному раку снижается. Общая сохранность географических культур показывает среднюю связь с суммой температур выше 5 °С (–0,53) и более тесную с суммой температур выше 10 °С (–0,66).

Рост ели в высоту, по диаметру и объему определяет характер и скорость накопления запаса древесины в единицу времени с определенной площади. От интенсивности физиологических процессов, протекающих в географических культурах ели под влиянием новых условий внешней среды, зависят высота, диаметр деревьев и запас стволовой древесины.

При адаптации лесных пород к климатическим изменениям значительную роль играет внутри- и межвидовая дифференциация, связанная с фенотипической пластичностью видов и уровнем влияния природных факторов [24].

В ходе исследований экотипов ели европейской установлено, что западные климатипы при переброске семян даже за пределы ареала распространения данной породы достаточно успешно произрастают в культуре. Так, по данным Г. И. Редько, А. Д. Дурсина, в условиях Ленинградской обл. лучшим ростом в молодом возрасте характеризуются культуры ели из семян Белорусско-Балтийского, Днепровско-Припятского и Восточно-Карпатского округов. Установлена положительная корреляционная связь между высотой культур и климатическим индексом ($R = 0,50$) и между высотой и гидротермическим коэффициентом ($R = 0,70 \pm 0,12$) [1].

П. Г. Мельник, Ф. Н. Воронин и М. Д. Мерзленко показали перспективность использования в лесокультурной практике семян происхождения из Восточных Карпат, Беларуси, Прибалтики [4].

Наши исследования показали, что в первые годы жизни наиболее успешным ростом характеризовалась ель из южных и западных районов (ивано-франковская и гродненская). Замедленный рост наблюдался у ели северных вариантов (вологодская и новгородская). Ель минского и витебского происхождения занимала промежуточное место по энергии роста. Данные роста 60-летних культур показывают, что все географические варианты ели европейской в условиях Неманско-Предполесского геоботанического округа подзоны елово-грабовых дубрав являются высокопродуктивными насаждениями, произрастают по I и I^a классам бонитета.

По высоте все исследуемые насаждения климатипов ели европейской имеют близкие значения, данный показатель колеблется от 22,5 м у минского до 23,5 м у гродненского климатипа. Вместе с тем насаждения южного (ивано-франковский) и западного (гродненский) климатипов имеют некоторое преимущество в росте по высоте. Более низкие показатели высоты у древостоев минского и вологодского климатипов. Запас стволовой древесины в возрасте 60 лет колеблется от 409 м³/га в насаждении минского до 737 м³/га на участке гродненского климатипов (табл. 3).

Таблица 3. Лесоводственно-таксационная характеристика насаждений ели европейской в географических культурах

Климатип	Тип леса	Тип условий местопроизрастания	Характеристика по элементу леса										Средний объем одного ствола, м ³	
			Ярус	Состав		Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей поперечного сечения, м ² /га	Полнота	Бонитет	Количество деревьев, шт./га		Запас стволовой древесины, м ³ /га
				Элемент леса	Коэффициент участка									
Минский	Ельник кисличный	C ₂	1	Е	100	60	22,5 ± 0,40	18,2 ± 0,56	39,33	0,94	I	1 457	409	0,28
Витебский	Ельник кисличный	C ₂	1	Е	100	60	23,0 ± 0,45	20,8 ± 0,72	44,01	1,00	I	1 286	491	0,38
Новгородский	Ельник кисличный	C ₂	1	Е	100	60	22,8 ± 0,47	19,9 ± 0,40	61,60	1,50	I	2 014	677	0,34
Вологодский	Ельник кисличный	C ₂	1	Е	100	60	22,6 ± 0,43	18,5 ± 0,62	50,09	1,23	I	1 829	539	0,30
Ивано-Франковский	Ельник кисличный	C ₂	1	Е	100	60	23,4 ± 0,50	21,1 ± 0,52	64,26	1,55	I	1 843	718	0,39
Гродненский	Ельник кисличный	C ₂	1	Е	100	60	23,5 ± 0,50	22,0 ± 0,72	65,67	1,58	I ^a	1 714	737	0,43

Более низкий запас стволовой древесины характерен для насаждений местных климатипов (минский и витебский), у которых этот показатель составляют соответственно 409 и 491 м³ на 1 га, что на более чем 50 % ниже по сравнению с древостоями южного и западного климатипов. Северные климатипы (вологодский и новгородский) по запасам стволовой древесины занимают промежуточное положение. Большое различие в запасах стволовой древесины у географических вариантов связано с показателями роста (средние диаметр и высота), с одной стороны, и количеством сохранившихся растений, с другой, что проявляется в полноте насаждений. Все исследуемые климатипы являются высокополнотными с относительной полнотой от 0,94 в насаждении минского до 1,58 в древостое гродненского климатипов. Древостои местных климатипов (минский и витебский) имеют более низкую полноту, что свидетельствует о быстрой дифференциации деревьев в насаждении и отпаду менее устойчивых генотипов к изменившимся климатическим условиям в последние десятилетия.

Древостои западного и южного климатипов характеризуются высокими запасами стволовой древесины, более 700 м³ на 1 га, что объясняется наследственно обусловленной быстротой роста большинства генотипов данных происхождений. Повышение средней температуры не является для этих климатипов лимитирующим фактором, так как средняя температура их мест происхождения значительно выше.

Неплохие результаты по запасу стволовой древесины показали северные варианты, которые при более низких средних показателях высоты и диаметра имеют более высокую сохранность.

Низкие средние температуры воздуха в местах их произрастания сформировали экотипы, наиболее адаптированные к изменившимся условиям среды, отличающиеся более медленным ростом

и большей устойчивостью к неблагоприятным условиям произрастания. Попад в условия с большей теплообеспеченностью и такими же условиями влагообеспеченности, они имеют показатели роста на уровне местных климатипов, хотя с большей долей в составе древостоя мелких отстающих в росте деревьев. Влияние условий среды наиболее значимо сказывается на сохранности растений.

В табл. 4 приведены сведения о сохранности деревьев ели европейской на исследуемых участках.

Таблица 4. Сохранность географических культур ели европейской

Климатип	Первоначальная густота культур, шт./га	Количество сохранившихся растений, шт./га	Сохранность растений, %
Минский	7 140	1 157	16,2
Витебский	7 140	1 286	18,0
Новгородский	7 140	2 014	28,2
Вологодский	7 140	1 829	25,6
Ивано-Франковский	7 140	1 843	25,8
Гродненский	7 140	1 714	24,0

Анализ полученных данных свидетельствует о наиболее низкой сохранности местных экотипов, что объясняется изменением климатических условий на территории республики за последние десятилетия, к которым местные 60-летние растения оказались менее приспособленными. В этих же изменившихся условиях инорайонные климатипы оказались более приспособленными и показали более высокую сохранность.

Для оценки жизнеспособности географических культур все деревья каждого климатипа разделили на три категории: здоровые без признаков повреждения, ослабленные и сухостойные (табл. 5).

В результате детального обследования было установлено, что основной причиной ослабления деревьев ели является поражение их язвенным раком. Наибольшее количество здоровых деревьев отмечено у северных климатипов – от 68 до 77 %.

Самая высокая степень поражения деревьев ели язвенным раком отмечена у южного ивано-франковского климатипа.

Таблица 5. Распределение деревьев ели европейской по категориям состояния

Климатип	Число деревьев			
	Всего на пробной площади, шт.	Здоровых, шт. (%)	Ослабленных (поврежденных раком), шт. (%)	Сухостойных, шт. (%)
Минский	135	91 (67,4)	11 (8,1)	33 (24,5)
Витебский	126	82 (65,1)	8 (6,3)	36 (28,6)
Новгородский	198	135 (68,2)	6 (3,0)	57 (28,8)
Вологодский	150	116 (77,3)	12 (8,0)	22 (14,7)
Ивано-Франковский	170	63 (37,1)	66 (38,8)	41 (24,1)
Гродненский	152	86 (56,5)	34 (22,4)	32 (21,1)

Среди местных белорусских менее устойчивым к язвенному раку оказался гродненский климатип, у которого степень поражения деревьев составила 22,4 %. Насаждения минского и витебского происхождения показали средний уровень устойчивости к данному заболеванию.

Для проведения селекционной оценки географических культур была проведена селекционная инвентаризация, в результате которой климатипы были распределены по категориям в зависимости от доли участия в них деревьев высокого качества (плюсовые и лучшие нормальные), нормальных и минусовых (табл. 6).

Таблица 6. Селекционная характеристика географических культур ели европейской

Климатип	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Полнота	Доля участия деревьев, %			Очищаемость ствола от сучьев, %	Селекционная категория насаждения
					высокого качества	нормальных	минусовых		
Минский	22,5	18,2	I	0,94	21,5	61,9	16,6	47,5	нормальное
Витебский	23,0	20,8	I	1,07	17,7	64,6	17,7	41,3	нормальное
Новгородский	22,8	19,9	I	1,50	18,4	67,5	14,1	34,2	нормальное
Вологодский	22,6	18,5	I	1,23	10,1	67,3	22,6	39,2	нормальное
Ивано-Франковский	23,4	21,1	I	1,55	17,0	31,9	51,1	29,9	минусовое
Гродненский	23,5	22,0	I ^a	1,58	21,6	50,1	28,3	52,0	нормальное

В результате селекционной инвентаризации насаждение из семян ивано-франковского климатипа, которое имеет высокие таксационные показатели, отнесено к категории минусовых, что обусловлено значительным поражением деревьев язвенным раком. Остальные климатипы отнесены к категории нормальных. Анализируя качественные показатели насаждений ели различных климатипов, можно отметить высокую долю содержания высококачественных деревьев у гродненского и минского климатипов, которая составляет соответственно 21,6 и 21,5 %. Кроме того, гродненский климатип характеризуется и самыми высокими таксационными показателями (средняя высота, средний диаметр, бонитет, полнота, запас стволовой древесины), однако из-за наличия большого количества деревьев, пораженных язвенным раком, насаждение не может быть отнесено к категории плюсовых.

У северных климатипов к категории минусовых отнесены мелкие, отстающие в росте деревья (диаметр ствола – 8–12 см). Степень поражения деревьев язвенным раком минимальная. Лучшие показатели по соотношению высококачественных и минусовых деревьев у новгородского климатипа, имеющего и более высокие таксационные показатели среди северных климатипов. Оценка географических культур должна учитывать все важнейшие их количественные и качественные показатели. Каждому климатипу по признакам, принятым для оценки, присваивается ранг. Число рангов равно числу климатипов в культурах. Ранг 1 присваивается климатипу, деревья которого имели лучшие показатели, а ранг 6 – с наихудшими показателями (табл. 7).

Таблица 7. Сравнительная оценка климатипов ели европейской в географических культурах Негорельского учебно-опытного лесхоза

Климатип	Ранг по отдельным показателям							
	Высота	Диаметр	Запас	Сохранность	Степень поражения язвенным раком	Доля высококачественных деревьев	Доля минусовых деревьев	Средний ранг
Минский	6	6	6	6	4	2	2	4,6
Витебский	3	3	5	5	2	4	3	3,6
Новгородский	4	4	3	1	1	3	1	2,4
Вологодский	5	5	4	3	3	6	4	4,3
Ивано-Франковский	2	2	2	2	6	5	6	3,6
Гродненский	1	1	1	4	5	1	5	2,6

Самый высокий ранг (2,4 и 2,6) имеют культуры, выращенные из семян новгородского и гродненского климатипов. Хорошо растут культуры ивано-франковского климатипа, однако они значительно уступают остальным вариантам по устойчивости и качественным показателям. Аналогичный ранг с ивано-франковским имеют культуры из семян, культивированных в витебском регионе. По большинству показателей у них средний ранг, за исключением сохранности и, следовательно, запаса стволовой древесины. Хуже показатели роста у культур, выращенных из семян минского и вологодского климатипов, хотя у первых хорошие селекционные показатели, которые оценены рангом 2. Медленный рост и низкую сохранность минского климатипа можно объяснить изменившимися климатическими условиями, к которым местный экотип не смог адаптироваться. В начальном периоде роста, когда климатические условия были стабильны, рост культур данного климатипа оценивался как средний.

Заключение. Таким образом, в условиях Беларуси при селекции ели на продуктивность необходимо использовать лучшие генотипы гродненского, ивано-франковского и витебского климатипов, на устойчивость к абиотическим и биотическим факторам – новгородский климатип. Из белорусских климатипов заслуживает внимания витебский, который имеет средние показатели роста, устойчивости и селекционной ценности. В дальнейших исследованиях нами будут продолжены работы по изучению товарности древостоев различных климатипов ели европейской и определению физико-механических свойств древесины.

Список использованных источников

1. Редько, Г. И. Географические культуры ели / Г. И. Редько, А. Д. Дурсин. – Ленинград: ЛТА, 1982. – 59 с.
2. Мельник, П. Г. Развитие и рост всходов ели разного географического происхождения в зависимости от числа семян / П. Г. Мельник // Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов: сб. науч. тр. МГУЛ. – 1994. – № 275. – С. 110–116.
3. Мерзленко, М. Д. Лесоводственная и генетическая ценность географических лесокультур / М. Д. Мерзленко, П. Г. Мельник // Докл. ТСХА. – 1997. – № 268. – С. 102–106.
4. Мельник, П. Г. Географическая изменчивость экотипов ели в фазе чащи / П. Г. Мельник, Ф. Н. Воронин, М. Д. Мерзленко // Лесной вестн. Экология. – № 6. – 2013. – С. 148–154.
5. Николаева, М. А. Рост и репродуктивные особенности ели в географических культурах Ленинградской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 / М. А. Николаева; С.-Петербург. науч.-исслед. ин-т лес. хоз-ва. – СПб., 2005. – 24 с.

6. *Пронина, О. В.* Качество древесины ели разного географического происхождения в условиях Центральной России: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 / О. В. Пронина; Моск. гос. ун-т леса. – М., 2008. – 21 с.
7. *Иванов, А. В.* Особенности фенологии и репродукции ели в географических культурах южной подзоны тайги: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 / А. В. Иванов; Моск. гос. ун-т леса. – М.: МГУЛ, 2012. – 20 с.
8. *Гвоздухина, О. А.* Географические культуры ели в Архангельской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 / О. А. Гвоздухина; Арханг. гос. техн. ун-т. – Архангельск, 2014. – 20 с.
9. *Демина, Н. А.* Состояние, рост и продуктивность климатипов ели в географических культурах Республики Коми: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 / Н. А. Демина. – Сев. (Аркт.) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова. – Архангельск, 2014. – 23 с.
10. *Кищенко, И. Т.* Влияние климатических факторов на сезонное развитие хвойных лесообразующих видов в таежной зоне / И. Т. Кищенко // Изв. вузов. Лесной журн. – 2020. – № 3. – С. 72–82.
11. *Шутяев, А. М.* Географические культуры видов ели в Центральном Черноземье / А. М. Шутяев // Лесоведение. – 1995. – № 3. – С. 8–18.
12. *Краснобаева, С. Ю.* Лучшие климатипы ели обыкновенной в географических культурах Республики Татарстан / С. Ю. Краснобаева // Лесотехн. журн. – 2013. – № 2 (10). – С. 31–37.
13. *Ежов, А. В.* Формовое разнообразие географических культур ели на Европейском Севере России (Архангельская область) / А. В. Ежов, О. А. Юдина // Успехи соврем. естествознания. – 2022. – № 2. – С. 7–13.
14. *Волович, П. И.* Изменчивость ели обыкновенной разного географического происхождения и лесосеменное районирование в БССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 / П. И. Волович; Белорус. технол. ин-т им. С. М. Кирова. – Минск, 1987. – 18 с.
15. *Савченко, С. А.* Культуры сосны и ели разного географического происхождения в Белорусской ССР / С. А. Савченко, З. С. Поджарова // Ботаника. – 1977. – Вып. 19. – С. 53–58.
16. *Клименкова, С. Н.* Зависимость продуктивности климатипов ели европейской в географических культурах Северного лесосеменного подрайона Белорусского лесосеменного района от условий мест происхождения семян / С. Н. Клименкова // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. – Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2021. – Вып. 81. – С. 135–144.
17. *Кончиц, А. П.* Влияние эколого-климатических характеристик мест происхождения климатипов ели европейской в географических культурах Северного лесосеменного подрайона Белорусского лесосеменного района на их фенотипические признаки / А. П. Кончиц, А. И. Ковалевич, С. Н. Клименкова // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. – Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2021. – Вып. 81. – С. 154–162.
18. *Федоров, Н. И.* Особенности формирования еловых лесов Беларуси в связи с их периодическим массовым усыханием / Н. И. Федоров, В. В. Сарнацкий. – Минск: Технология, 2001. – 180 с.
19. Проблема массового усыхания ельников Беларуси и пути ее решения / А. А. Сазонов [и др.] // Лесное и охотничье хоз-во. – 2013. – № 7. – С. 10–15.
20. Справочник таксатора / В. С. Мирошников [и др.]; под общ. ред. В. С. Мирошникова. – Минск: Ураджай, 1980. – 360 с.
21. Разработать прогноз состояния окружающей среды Беларуси на период до 2035 года: отчет о НИР (закл.) / Ин-т природопользования НАН Беларуси; рук. С. А. Лысенко; исполн. В. С. Хомич [и др.]. – Минск, 2020. – 512 с. – № ГР 20192690.
22. *Логинов, В. Ф.* Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования / В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко, В. И. Мельник. – Минск: УП «Энциклопедикс», 2020. – 218 с.
23. *Гельтман, В. С.* Географический и типологический анализ лесной растительности Беларуси / В. С. Гельтман. – Минск: Наука и техника, 1982. – 306 с.
24. *Прожерина, Н. А.* Изменение климата и его влияние на адаптацию и внутривидовую изменчивость хвойных пород Европейского Севера России / Н. А. Прожерина, Е. Н. Наквасина // Изв. вузов. Лесной журн. – 2022. – № 2. – С. 9–25. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-2-9-25

Поступила 12.05.2022

ISSN 1810-9810 (Print)
УДК 634.737:581. 5:581.522.4(476)

**Ж. А. Рупасова, К. А. Добрянская, В. С. Задаля, Д. О. Сулим, Н. Б. Павловский,
А. Г. Павловская, О. В. Дрозд, П. Н. Белый**

*Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by*

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА НАКОПЛЕНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЛОДАХ НОВЫХ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Аннотация. Приведены результаты сравнительного исследования в южной агроклиматической зоне Беларуси в контрастные по гидротермическому режиму сезоны 2021 и 2022 гг. параметров накопления основных групп биофлавоноидов и дубильных веществ в плодах шести новых интродуцированных сортов голубики высокорослой разных сроков созревания – раннеспелых Chanticleer, Hannah's Choice, среднеспелых Bluegold, Harrison и позднеспелых Aurora, Rubel, а также соответствующих данным группам спелости районированных сортов Weymouth, Bluecrop и Elliott, показавшие существенную зависимость межсезонных различий в содержании указанных соединений от сроков созревания плодов. Пониженный и весьма неравномерный температурный фон второго сезона при остром дефиците влаги в июне и августе 2022 г. способствовал активизации накопления антоциановых пигментов только у раннеспелых сортов голубики, что при отсутствии влияния на содержание катехинов и флавонолов обуславливало увеличение выхода биофлавоноидов, тогда как у таксонов с более поздними сроками созревания плодов обнаружено заметное ослабление биосинтеза всех компонентов Р-витаминного комплекса, приводившее к снижению их общего количества на 7–22 % относительно предыдущего сезона, более благоприятного по гидротермическому режиму. При этом у раннеспелых сортов голубики и ранее исследованных растений жимолости синей выявлено отчетливое сходство в обогащении антоцианового комплекса плодов, обусловленное близостью сроков их созревания и связанное в первом случае с активизацией биосинтеза лейкоантоцианов, а во втором – собственно антоцианов. В плодах раннеспелых и позднеспелых сортов голубики установлен идентичный характер неоднозначного проявления межсезонных различий в содержании дубильных веществ, обусловленный генотипом растений, на фоне усиления накопления данных соединений по сравнению с предыдущим сезоном у среднеспелых сортов, наиболее значительного у сорта Harrison. В таксономическом ряду голубики среднеспелый сорт Bluegold характеризовался наименее выраженными межсезонными различиями в содержании в плодах комплекса фенольных соединений, указывавшими на наибольшую его устойчивость к воздействию абиотических факторов.

Ключевые слова: погодные условия, голубика высокорослая, сорт, плод, дубильные вещества, биофлавоноиды, антоциановые пигменты, катехины, флавонолы

**Zh. A. Rupasova, K. A. Dobryanskaya, V. S. Zadala, D. O. Sulim, N. B. Pavlovsky, A. G. Pavlovskaya,
O. V. Drozd, P. N. Bely**

Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS IN THE VEGETATION PERIOD ON THE ACCUMULATION OF PHENOLIC COMPOUNDS IN THE FRUIT OF NEW INTRODUCED VARIETIES OF NORTHERN Highbush OF BLUEBERRY (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) UNDER THE CONDITIONS OF BELARUS

Abstract. The results of a comparative study in the southern agro-climatic zone of Belarus in the contrasting hydrothermal regime seasons of 2021 and 2022 are presented. Parameters of accumulation of the main groups of bioflavonoids and tannins in the fruits of six new introduced varieties of highbush blueberry of different ripening periods – early ripening Chanticleer, Hannah's Choice, mid-ripening Bluegold, Harrison and late-ripening Aurora, Rubel, as well as zoned varieties corresponding to these ripeness groups Weymouth, Bluecrop and Elliott. The results showed a significant dependence of interseasonal differences in the content of these compounds on the timing of fruit ripening periods. Reduced and very uneven temperature background of the second season with an acute moisture deficit in June and August of 2022 contributed to the activation of anthocyanin pigments accumulation only in early-ripening blueberry varieties, which, in the absence of an effect on the content of catechins and flavonols, caused an increase in bioflavonoid yield. Simultaneously, taxa with later fruit ripening dates showed a marked weakening of all components of the P-vitamin complex was found, which led to a decrease in their total number by 7–22 % relative to the previous season, more favorable in terms of hydrothermal regime. At the same time, early ripening blueberry varieties and previously studied blue honeysuckle plants showed a distinct similarity in the enrichment of anthocyanin complex of fruits due to the proximity of their ripening dates and associated in the first case with the activation of leucoanthocyanins biosynthesis, and in the second case – with anthocyanins proper. In the fruits of early-ripening and late-ripening blueberry varieties, an identical character of ambiguous manifestation of inter-seasonal differences in the content of tannins, due to the plant genotype, was established against the background of increased accumulation of these compounds compared to the previous season in mid-ripening varieties, the most significant in the variety Harrison. In the taxonomic series of blueberries, the med-maturing variety Bluegold was characterized by the least pronounced interseasonal differences in the content of phenolic compounds complex in fruits, indicating the greatest resistance to abiotic factors.

Keywords: weather conditions, highbush blueberry, varieties, fruits, tannins, bioflavonoids, anthocyanin pigments, catechins, flavonols

Ж. А. Рупасова, К. А. Дабранская, В. С. Задаля, Д. А. Сулім, М. Б. Паўлоўскі, А. Г. Паўлоўская,
В. У. Дрозд, П. М. Белы

Цэнтральны батанічны сад Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь,
e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

УПЛЫЎ НАДВОР'Я ВЕГЕТАЦЫЙНАГА ПЕРЫЯДУ НА НАКАПЛЕННЕ ФЕНОЛЬНЫХ ЗЛУЧЭННЯЎ У ПЛАДАХ НОВЫХ ІНТРАДУЦЫРАВАННЫХ САРТОЎ БУЯКОЎ ВЫСАКАРОСЛЫХ (*VACCINIUM CORYMBOSUM L.*) ВА ЁМОВАХ БЕЛАРУСІ

Анотацыя. Прыведзены вынікі параўнальнага даследавання ў паўднёвай агракліматэчнай зоне Беларусі ў кантрастных па гідратэрмічнаму рэжыму сезонах 2021 і 2022 гг. назапашвання асноўных груп біафлаваноідаў і дубільных рэчываў у пладах шасці новых інтрадуцыраваных сартоў буякоў высакарослых розных тэрмінаў выспявання – ранне-спелых Chanticleer, Hannah's Choice, сярэднеспелых Bluegold, Harrison і познаспелых Aurora, Rubel, а таксама адпаведных групам спеласці раяніраваных сартоў Weymouth, Bluecrop і Elliott, якія паказалі істотную залежнасць межсезонных адрозненняў у ўтрыманні паказаных злучэнняў ад тэрмінаў выспявання пладоў. Паніжаны і вельмі нераўнамерны тэмпературны фон пры вострым дэфіцыце вільгаці ў чэрвені і жніўні 2022 г. спрыяў актывізацыі назапашвання антацыянавых пігментаў толькі ў раннеспелых сартах буякоў, што пры адсутнасці ўплыву на ўтрыманне катэхінаў і флаванолаў абумоўлівала павелічэнне выхаду біафлаваноідаў, тады як у таксонаў з больш познімі тэрмінамі выспявання пладоў выяўлена значнае паслабленне біясінтэзу ўсіх кампанентаў Р-вітаміннага комплексу, якое прыводзіць да зніжэння іх агульнай колькасці на 7–22 % у параўнанні з папярэднім сезонам, больш спрыяльным па гідратэрмічным рэжыме. Пры гэтым у раннеспелых сартах буякоў і раней даследаванага брусніцы сінга выяўлена выразнае падабенства ў абагачэнні антацыянавага комплексу пладоў, вызванае блізкасцю тэрмінаў іх выспявання і звязанае ў адным выпадку з актывацыяй біясінтэзу лейкаантацытаў, а ў другім – уласна антацыянаў. У пладах раннеспелых і познаспелых сартоў буякоў устаноўлены аднолькавы характар неадназначнага выяўлення межсезонных адрозненняў у саставе дубільных рэчываў, абумоўленых генатыпам раслін, на фоне ўзмацнення назапашвання дадзеных злучэнняў у параўнанні з папярэднім сезонам у сярэднеспелых сартах, найбольш значнага ў сорта Harrison. У таксанамічным радзе буякоў сярэднеспелы сорт Bluegold характарызаваўся найменшымі выяўленымі межсезоннымі адрозненнямі ў колькасці ў пладах фенольных злучэнняў, якія паказваюць на найбольшую яго ўстойлівасць да ўздзеяння абіятычных фактараў.

Ключавыя словы: пагодныя ўмовы, буякі высакарослыя, сорт, плод, дубільныя рэчывы, біафлаваноіды, антацыянавыя пігменты, катэхіны, флаванолы

Введение. Важнейшим аспектом интродукционных исследований, связанных с сортоизучением малораспространенных культур плодовоговодства, является сравнительная оценка биохимического состава плодов в многолетнем цикле наблюдений, дающая представление не только о его генотипических особенностях, но и о степени зависимости содержания действующих веществ от гидротермического режима сезона. В исследованиях с голубикой высокорослой особое внимание следует уделить изучению его влияния на накопление в плодах фенольных соединений, прежде всего биофлавоноидов, обладающих разносторонним позитивным физиологическим действием на организм человека [1–4]. Рассмотрение реакции новых, ранее не изучавшихся интродуцированных сортов голубики высокорослой на комплексное воздействие метеорологических факторов представляется весьма актуальным, поскольку крайне неустойчивый характер погодных условий в период вегетации растений и созревания их плодов, свойственный белорусскому региону, существенно влияет на темпы накопления тех или иных соединений и оказывает корректирующее действие на питательную и витаминную ценность ягодной продукции [5, 6]. Наши более ранние исследования с голубикой высокорослой в разных агроклиматических зонах республики показали значительное влияние данного фактора на содержание в ягодной продукции биофлавоноидов, обладающих чрезвычайно выраженным антиоксидантным Р-витаминным действием [7–11]. Изучение же данного вопроса в настоящих исследованиях позволяет выявить сорта голубики, наиболее перспективные для выращивания в Беларуси не только по вкусовым свойствам плодов, обусловленным особенностями их биохимического состава, но и по степени устойчивости их фенольного комплекса к воздействию метеорологических факторов в районе интродукции.

Материалы и методика исследований. Исследования выполнены в 2021–2022 гг. в опытных посадках голубики высокорослой на экспериментальном участке отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси (Ганцевичский р-н Брестской обл.), находящемся на территории южной агроклиматической зоны Беларуси в районе распространения легких песчаных дерново-подзолистых почв и осушенных верховых торфяников. Почва на экспериментальном участке – торфяно-глебовая, мелиорированная, с pH_{H_2O} 4,9–6,2 и содержанием P_2O_5 – 131 мг/кг, K_2O – 180, Са – 246, Mg – 32 мг/кг, развитая на слое пушицево-сфагнового верхового торфа, подстилаемом с глубины 50 см рыхлым, разнозернистым песком.

Объектами исследований являлись достигшие стадии съемной зрелости плоды шести новых интродуцированных сортов голубики высокорослой разных сроков созревания – раннеспелых

Chanticleer, Hannah's Choice, среднеспелых Bluegold, Harrison и позднеспелых Aurora, Rubel, для оценки характеристик фенольного комплекса которых в качестве эталонов сравнения были использованы соответствующие районированные сорта Weymouth, Bluescop и Elliott.

В высушенных при температуре 60 °С пробах растительного материала определяли суммарное содержание антоциановых пигментов по методу Т. Swain, W. E. Hillis [12] с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [13]; собственно антоцианов и суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотозлектроколориметрическим методом [14, 15]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [15]; дубильных веществ (танинов) – титрометрическим методом Левенталя [16]. Все аналитические определения выполнены в двукратной биологической и трехкратной аналитической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Результаты и их обсуждение. Сравнительный анализ погодных условий в годы исследований показал их выраженную контрастность (табл. 1).

Таблица 1. Среднемесячные характеристики гидротермического режима вегетационного периода в районе исследований в годы наблюдений (по данным Белгидромета)

Месяц	Температура воздуха, °С					Осадки, мм		
	Средняя	Норма	% от нормы	Максимальная	Минимальная	Сумма	Норма	% от нормы
2021 г.								
Апрель	6,6	7,5	88	21,3	-4,0	34	38	89
Май	12,4	13,5	92	23,8	1,5	136	63	216
Июнь	19,9	16,4	121	35,5	1,8	44	89	49
Июль	22,6	18,5	122	35,1	10,1	76	91	84
Август	17,2	17,4	99	29,3	5,9	160	62	258
Сентябрь	11,1	12,2	91	26,6	1,5	84	55	153
2022 г.								
Апрель	5,6	7,5	75	18,7	-5,1	92	38	242
Май	12,0	13,5	89	29,3	-3,1	40	63	63
Июнь	19,1	16,4	117	32,4	5,4	48	89	54
Июль	18,5	18,5	100	30,9	7,4	86	91	95
Август	20,7	17,4	119	33,0	7,7	19	62	31
Сентябрь	10,5	12,2	86	21,2	0,4	76	55	138

Так, в первый год наблюдений среднемесячная температура воздуха в апреле и мае на 12 и 8 % соответственно уступала средним многолетним значениям за 1981–2010 гг., тогда как в июне и июле установилась сухая и жаркая погода с превышением на 21–22 % многолетней нормы, а в августе и сентябре средние температурные показатели почти соответствовали последней. При этом в мае на фоне заметного похолодания количество выпавших осадков более чем вдвое превысило многолетнюю норму, что, по нашим предположениям, могло негативно сказаться на дальнейшем прохождении сезонного цикла развития растений и даже отразиться на качестве их плодов. Вместе с тем избыточное выпадение атмосферных осадков в августе и сентябре должно было способствовать успешной закладке цветковых почек, являющейся необходимой предпосылкой для получения высокого урожая ягодной продукции в следующем сезоне.

Температурный фон вегетационного периода 2022 г., особенно в весенние месяцы, был заметно ниже, чем в предыдущем году наблюдений, при чрезмерном избытке атмосферных осадков, в 2,4 раза превосходившем среднюю многолетнюю норму в апреле и сменившем его дефиците влаги в мае и июне. Лишь в июле их количество приблизилось к средним многолетним значениям. При этом температурные показатели на протяжении весенних и первого летнего месяцев характеризовались заметными колебаниями. В августе они оказались выше обычных при остром дефиците влаги, тогда как сентябрь, напротив, был отмечен пониженным температурным фоном при избыточном выпадении атмосферных осадков. Таким образом, вегетационный период 2022 г. характеризовался более низким, причем весьма неравномерным температурным фоном по сравнению с предыдущим сезоном, особенно во время формирования плодов опытных растений, что привело к значительному запаздыванию сроков их созревания. Разумеется, это не могло не отразиться на накоплении в них исследуемых фенольных соединений.

По нашим оценкам, приведенным в табл. 2, плоды интродуцированных сортов *V. corymbosum* характеризовались весьма высоким содержанием биофлавоноидов, изменявшимся в условиях сезона

2021 г. в ряду раннеспелых сортов от 6 756 до 7 856 мг/100 г сухой массы, среднеспелых – от 12 078 до 13 555 мг/100 г и позднеспелых – от 13 137 до 20 404 мг/100 г при расхождении крайних позиций в приведенных диапазонах соответственно в 1,2, 1,1 и 1,6 раза, что было сопоставимо с ранее полученными нами данными для других сортов голубики при их выращивании на мелиорированных землях и торфяных выработках Беларуси [8, 17, 18] и что убедительно свидетельствовало об определенных генотипических различиях в накоплении полифенолов. При этом содержание дубильных веществ (танинов) варьировалось в таксономических рядах в диапазонах 1,08–1,69, 1,85–3,60 и 2,12–2,72 % соответственно.

Доминирующее положение в составе биофлавоноидного комплекса плодов у всех исследуемых сортов голубики принадлежало антоциановым пигментам, общая доля которых в нем при суммарном содержании в анализируемых рядах составляла 4 385–5 547, 9 464–10 539 и 10 192–16 623 мг/100 г соответственно и варьировалась от 65–71 % у раннеспелых сортов до 78–81 % у среднеспелых и позднеспелых (табл. 3). Превалирующей фракцией антоциановых пигментов являлись собственно антоцианы, содержание которых в сортовых рядах составляло 3 933–4 947, 5 453–6 800 и 5 480–10 570 мг/100 г соответственно и существенно превосходило количество лейкоантоцианов, особенно у раннеспелых сортов, в 5–29 раз, тогда как у среднеспелых и позднеспелых этот разрыв был существенно меньшим и составлял лишь 1,2–1,8 раза. Подобный состав антоцианового комплекса плодов голубики был показан нами и в более ранних исследованиях [8, 17, 18]. При этом долевое участие флавонолов в Р-витаминном комплексе плодов голубики в анализируемых сортовых рядах при содержании 1 642–1 843, 1 843–23 143 и 2 096–2 598 мг/100 г сухой массы составляло соответственно 21–26, 16–17 и 13–16 %, тогда как относительная доля катехинов при содержании 641–702, 702–771 и 849–1 183 мг/100 г изменялась от 8–10 % у раннеспелых сортов до 5–6 % у среднеспелых и позднеспелых. Как видим, раннеспелые сорта голубики характеризовались заметно меньшим долевым участием антоциановых пигментов в составе Р-витаминного комплекса плодов по сравнению с сортами более поздних сроков созревания при более значительном участии в нем катехинов и особенно флавонолов.

На фоне погодных условий вегетационного периода 2022 г., как и в предыдущем сезоне, доминирующее положение в составе биофлавоноидного комплекса плодов всех исследуемых сортов голубики, обусловленное генотипом данного вида, принадлежало антоциановым пигментам, общая доля которых в нем при суммарном содержании в анализируемых рядах (4 940–6 578, 7 306–8 788 и 7 800–13 936 мг/100 г соответственно) варьировалась в сходных с предыдущим сезоном диапазонах значений – от 66–74 % у раннеспелых сортов до 72–81 % у среднеспелых и позднеспелых (табл. 3 и 4).

Таблица 2. Содержание фенольных соединений в сухой массе плодов интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* в 2021 г.

Сорт	Биофлавоноиды, мг/100 г.							
	Собственно антоцианы		Лейкоантоцианы		Сумма антоциановых пигментов		Катехины	
	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}
Weymouth (st)	4 946,7 ± 173,3		600,0 ± 37,2		5 546,7 ± 91,7		667,3 ± 6,8	
Chanticleer	3 933,3 ± 81,1	-5,3*	798,7 ± 8,1	5,2*	4 732,0 ± 120,1	-5,4*	702,0 ± 3,5	4,6*
Hannah,s Choice	4 240,0 ± 46,2	-3,9*	145,3 ± 47,2	-7,6*	4 385,3 ± 91,7	-9,0*	641,3 ± 7,3	-3,4*
Bluecrop (st)	5 453,3 ± 26,7		4 600,0 ± 53,3		10 053,3 ± 34,7		707,2 ± 15,9	
Bluegold	5 640,0 ± 23,1	5,3*	3 824,0 ± 83,1	-7,9*	9 464,0 ± 60,0	-8,5*	771,3 ± 11,8	3,2*
Harrison	6 800,0 ± 23,1	38,2*	3 738,7 ± 50,7	-11,7*	10 538,7 ± 69,3	6,3*	702,0 ± 15,0	-0,2
Elliott (st)	7 520,0 ± 122,2		4 405,3 ± 113,2		11 925,3 ± 151,1		927,3 ± 6,8	
Aurora	5 480,0 ± 5,8	-16,7*	4 712,0 ± 7,2	2,8*	10 192,0 ± 2,3	-11,5*	849,3 ± 9,8	-6,5*
Rubel	10 570,0 ± 106,9	18,8*	6 052,7 ± 227,2	6,5*	16 622,7 ± 121,3	24,2*	1 183,0 ± 52,5	4,8*
Сорт	Биофлавоноиды, мг/100 г						Дубильные вещества,%	
	Флавонолы		Флавонолы / катехины		Сумма			
	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}
Weymouth (st)	1 641,9 ± 15,4		2,5 ± 0,1		7 855,9 ± 72,7		2,11 ± 0,01	
Chanticleer	1 842,7 ± 38,1	4,9*	2,6 ± 0,1	2,7	7 276,7 ± 113,9	-4,3*	1,62 ± 0,02	-17,8*
Hannah,s Choice	1 729,0 ± 27,5	2,8*	2,7 ± 0,1	2,4	6 755,7 ± 98,6	-9,0*	1,48 ± 0,01	-33,8*
Bluecrop (st)	2 174,6 ± 30,3		3,1 ± 0,1		12 935,1 ± 30,4		1,21 ± 0,02	
Bluegold	1 842,7 ± 38,1	-6,8*	2,4 ± 0,1	-5,0*	12 078,1 ± 52,1	-14,2*	3,06 ± 0,01	71,7*
Harrison	2 314,3 ± 18,9	3,9*	3,3 ± 0,1	1,5	13 555,0 ± 75,1	7,6*	0,83 ± 0,02	-11,6*
Elliott (st)	2 192,1 ± 9,2		2,4 ± 0,1		15 044,7 ± 152,6		2,52 ± 0,01	
Aurora	2 096,0 ± 30,3	-3,0*	2,5 ± 0,1	1,5	13 137,3 ± 19,4	-12,4*	2,73 ± 0,01	10,2*
Rubel	2 598,2 ± 76,4	5,3*	2,2 ± 0,1	-1,4	20 403,8 ± 69,1	32,0*	1,48 ± 0,01	-55,9*

Примечание: * статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с соответствующим стандартным сортом при p < 0,05.

Таблица 3. Долевое участие основных групп биофлавоноидов в составе Р-витаминного комплекса плодов интродуцированных таксонов *Vaccinium corymbosum* в годы исследований, %

Сорт	Собственно антоцианы	Лейкоантоцианы	Сумма антоциановых пигментов	Катехины	Флавонолы
2021 г.					
Weymouth (st)	63	8	71	8	21
Chanticleer	54	11	65	10	25
Hannah,s Choice	63	2	65	9	26
Bluecrop (st)	42	36	78	5	17
Bluegold	47	31	78	6	16
Harrison	50	28	78	5	17
Elliott (st)	50	29	79	6	15
Aurora	42	36	78	6	16
Rubel	52	29	81	6	13
2022 г.					
Weymouth (st)	59	15	74	7	19
Chanticleer	46	20	66	9	25
Hannah,s Choice	48	24	72	8	20
Bluecrop (st)	50	22	72	7	21
Bluegold	48	28	76	6	18
Harrison	48	30	78	6	16
Elliott (st)	44	25	79	6	15
Aurora	49	25	74	8	18
Rubel	62	19	81	6	13

Таблица 4. Содержание фенольных соединений в сухой массе плодов интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* в 2022 г.

Сорт	Биофлавоноиды, мг%							
	Собственно антоцианы		Лейкоантоцианы		Сумма антоциановых пигментов		Катехины	
	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}
Weymouth (st)	5 260,0 ± 80,0		1 318,0 ± 84,0		6 578,0 ± 4,0		642,2 ± 11,3	
Chanticleer	3 440,0 ± 52,9	-19,0*	1 500,0 ± 56,7	2,8*	4 940,0 ± 104,0	-15,7*	676,0 ± 1,6	3,0*
Hannah,s Choice	3 980,0 ± 52,9	-13,3*	2 052,0 ± 119,5	5,0*	6 032,0 ± 68,8	-7,9*	634,4±6,9	-0,6
Bluecrop (st)	5 040,0 ± 34,6		2 266,0 ± 62,5		7 306,0 ± 52,0		689,0 ± 2,6	
Bluegold	5 440,0 ± 20,0	10,0*	3 140,0 ± 107,9	7,0*	8 580,0 ± 90,1	12,3*	715,0 ± 6,9	3,5*
Harrison	5 460,0 ± 69,3	5,4*	3 328,0 ± 190,3	5,3*	8 788,0 ± 137,6	10,1*	691,6 ± 6,9	0,4
Elliott (st)	7 260,0 ± 91,7		3 426,0 ± 140,1		10 686,0 ± 90,1		800,8 ± 1,6	
Aurora	5 160,0 ± 34,6	-21,4*	2 640,0 ± 55,4	-5,2*	7 800,0 ± 90,1	-22,7*	780,0 ± 4,5	-4,3*
Rubel	10 560,0 ± 69,3	28,7*	3 376,0 ± 158,0	-0,2	13 936,0 ± 226,7	13,3*	1 016,6 ± 20,3	10,6*
Сорт	Биофлавоноиды, мг%						Дубильные вещества,%	
	Флавонолы		Флавонолы / катехины		Сумма		X ± st	t _{CT}
	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}		
Weymouth (st)	1 720,0 ± 7,6	3,4*	2,68 ± 0,06		8 940,2 ± 1,6		1,08 ± 0,05	
Chanticleer	1 873,3 ± 45,1	-2,8*	2,77 ± 0,07	1,0	7 489,3 ± 64,7	-22,4*	1,64 ± 0,01	11,8*
Hannah,s Choice	1 668,9 ± 17,6		2,63 ± 0,06	-0,6	8 335,3 ± 59,2	-10,2*	1,69 ± 0,01	12,5*
Bluecrop (st)	2 077,7 ± 17,0	-4,2*	3,02 ± 0,02		10 072,7 ± 61,6		1,85 ± 0,01	
Bluegold	1 958,5 ± 22,8	-4,6*	2,74 ± 0,02	-10,0*	11 253,5 ± 101,6	9,9*	3,60 ± 0,18	9,5*
Harrison	1 856,3 ± 45,1		2,68 ± 0,06	-5,5*	11 335,9 ± 186,2	6,4*	1,96 ± 0,01	9,5*
Elliott (st)	1 975,5 ± 17,0	-4,2*	2,47 ± 0,02		13 462,3 ± 75,0		2,12 ± 0,01	
Aurora	1 873,3 ± 17,0	6,5*	2,40 ± 0,01	-2,6	10 453,3 ± 74,1	-28,5*	2,72 ± 0,04	14,4*
Rubel	2 196,9 ± 29,5		2,16 ± 0,07	-4,0*	17 149,5 ± 222,4	15,7*	2,62 ± 0,04	12,0*

Примечание: * статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия со стандартным сортом при p < 0,05.

При этом содержание собственно антоцианов – преобладающей фракции данных соединений составляло 3 440–5 260, 5 040–5 460 и 5 160–10 560 мг/100 г соответственно и значительно превосходило количество лейкоантоцианов. Следует заметить, что у раннеспелых сортов данный разрыв (в 1,9–4,0 раза) заметно уступал таковому в предыдущем сезоне, тогда как у среднеспелых и поздне-

спелых он, наоборот, оказался более значительным и составлял 1,6–3,1 раза. Долевое же участие флавонолов в Р-витаминном комплексе плодов голубики в анализируемых сортовых рядах при содержании 1 669–1 873, 1 856–2 078 и 1 873–2 197 мг/100 г сухой массы составляло соответственно 19–25, 16–21 и 13–18 %, тогда как относительная доля катехинов при содержании 634–676, 689–715 и 780–1 017 мг/100 г несколько снизилась – от 7–9 % у раннеспелых сортов до 6–8 % у среднеспелых и позднеспелых.

Нетрудно убедиться, что погодные условия вегетационного периода не оказали существенного влияния ни на содержание отдельных компонентов биофлавоноидного комплекса плодов голубики, ни на их соотношение в его составе. При этом, как и годом ранее, раннеспелые сорта характеризовались несколько меньшим долевым участием в нем антоциановых пигментов по сравнению с сортами более поздних сроков созревания при более значительном участии в нем катехинов и особенно флавонолов.

В годы наблюдений для новых тестируемых сортов голубики были показаны весьма выразительные различия в содержании в плодах фенольных соединений с соответствующими срокам их созревания стандартными районированными сортами – раннеспелым Weymouth, среднеспелым Bluescop и позднеспелым Elliott (табл. 5). Весьма обстоятельно анализ данных различий в условиях сезона 2021 г. представлен в работе Ж. А. Рупасовой и др. [19]. Во второй же год наблюдений, как и в предыдущий, для новых тестируемых сортов голубики были показаны весьма выразительные, хотя и проявившиеся в иной степени, чем годом ранее, различия со стандартными сортами в накоплении в плодах фенольных соединений. При этом все тестируемые объекты характеризовались более активным по сравнению с эталонными сортами накоплением в плодах дубильных веществ при сходной в оба сезона ориентации выявленных различий лишь у двух из них – Bluegold и Aurora (см. табл. 5). Вместе с тем в оба года исследований для компонентов биофлавоноидного комплекса плодов голубики установлено выраженное совпадение направленности, а в большинстве случаев и степени расхождений с соответствующими эталонными сортами параметров их накопления.

Таблица 5. Относительные различия интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* с соответствующими срокам их созревания районированными сортами Weymouth, Bluescop и Elliott по характеристикам биохимического состава плодов в годы исследований, %

Показатель	Раннеспелые сорта Weymouth		Среднеспелые сорта Bluescop		Позднеспелые сорта Elliott	
	Chanticleer	Hannah,s Choice	Bluegold	Harrison	Aurora	Rubel
2021 г.						
Собственно антоцианы	-20,5	-14,3	+3,4	+24,7	-27,1	+40,6
Лейкоантоцианы	+33,1	-75,8	-16,9	-18,7	+7,0	+37,4
Сумма антоциановых пигментов	-14,7	-20,9	-5,9	+4,8	-14,5	+39,4
Катехины	+5,2	-3,9	+9,1	-	-8,4	+27,6
Флавонолы	+12,2	+5,3	-15,3	+41,0	-4,4	+18,5
Сумма биофлавоноидов	-7,4	-14,0	-6,6	+4,8	-12,7	+35,6
Дубильные вещества	-23,2	-29,9	+152,9	-31,4	+8,3	-41,3
2022 г.						
Собственно антоцианы	-34,6	-24,3	+7,9	+8,3	-28,9	+45,5
Лейкоантоцианы	+13,8	+55,7	+38,6	+46,9	-22,9	-
Сумма антоциановых пигментов	-24,9	-8,3	+17,4	+20,3	-27,0	+30,4
Катехины	+5,3	-	+3,8	-	-2,6	+26,9
Флавонолы	+8,9	-3,0	-5,7	-10,7	-5,2	+11,2
Сумма биофлавоноидов	-16,2	-6,8	+11,7	+12,5	-22,4	+27,3
Дубильные вещества	+51,9	+56,5	+94,6	+5,9	+28,3	+23,6

Примечание: прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с соответствующими стандартными сортами при $p < 0,05$.

Исключением в этом плане явились лишь лейкоформы антоциановых пигментов, для которых в условиях сезона 2022 г. в отличие от предыдущего была показана на 39–56 % более выраженная, чем у районированных сортов, активизация накопления у обоих среднеспелых сортов и раннеспелого Hannah,s Choice на фоне значительного отставания позднеспелого сорта Aurora от сорта Elliott по данному признаку. При этом межсезонные различия темпов биосинтеза лейкоантоцианов в плодах тестируемых таксонов голубики не повлияли на направленность расхождений с эталонными объектами по общему содержанию в них антоциановых пигментов, однако заметно отразились на степени их проявления. Так, у обоих среднеспелых сортов усиление биосинтеза лейкоантоцианов во второй год наблюдений обусловило не только превышение на 17–20 % суммарного количества антоциано-

вых пигментов относительно сорта Bluecrop, но и на 12 % более значительный, чем у него, общий выход полифенолов.

В отличие от среднеспелых у тестируемых позднеспелых сортов голубики неблагоприятные по гидротермическому режиму погодные условия вегетационного периода 2022 г. способствовали обеднению плодов биофлавоноидами по сравнению с предыдущим сезоном, что подтверждалось усилением их отставания от сорта Elliott по данному признаку. Аналогичная картина наблюдалась и у раннеспелого сорта Chanticleer, плоды которого на 16 % уступали таковым сорта Weymouth по общему количеству Р-витаминов. Но, как и годом ранее, в ряду тестируемых таксонов голубики лидирующее положение по содержанию последних занимал позднеспелый сорт Rubel.

На основании результатов биохимического скрининга в пределах соответствующих групп спелости сортов *V. corymbosum* были выявлены объекты с наибольшим и соответственно наименьшим содержанием в плодах фенольных соединений (табл. 6). Оказалось, что в условиях сезона 2021 г. среди раннеспелых районированный сорт Weymouth характеризовался наибольшим содержанием дубильных веществ и биофлавоноидов, в том числе собственно антоцианов и катехинов, тогда как Chanticleer – лейкоантоцианов и флавонолов. Среди среднеспелых районированный сорт Bluecrop занимал лидирующие позиции в накоплении в плодах лейкоантоцианов, сорт Bluegold – катехинов и дубильных веществ, а сорт Harrison – в общем количестве биофлавоноидов, в том числе собственно антоцианов и флавонолов. Среди таксонов голубики с поздними сроками созревания плодов сорт Aurora был отмечен наибольшим содержанием дубильных веществ, сорт Rubel – всех компонентов биофлавоноидного комплекса, что косвенно свидетельствовало о чрезвычайно высоком уровне их антиоксидантной активности.

Таблица 6. Интродуцированные сорта *Vaccinium corymbosum* с наибольшими (*max*) и наименьшими (*min*) в пределах групп спелости характеристиками биохимического состава плодов в годы исследований

Показатель	Раннеспелые сорта			Среднеспелые сорта			Позднеспелые сорта		
	Weymouth (st)	Chanticleer	Hannah,s Choice	Bluecrop (st)	Bluegold	Harrison	Elliott (st)	Aurora	Rubel
2021 г.									
Собственно антоцианы	<i>max</i>	<i>min</i>		<i>min</i>		<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Лейкоантоцианы		<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>min</i>		<i>max</i>
Сумма антоциановых пигментов	<i>max</i>		<i>min</i>		<i>min</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Катехины	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Флавонолы		<i>max</i>	<i>min</i>		<i>min</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Сумма биофлавоноидов	<i>max</i>		<i>min</i>		<i>min</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Дубильные вещества	<i>max</i>		<i>min</i>		<i>max</i>	<i>min</i>		<i>max</i>	<i>min</i>
2022 г.									
Собственно антоцианы	<i>max</i>	<i>min</i>		<i>min</i>	<i>max</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Лейкоантоцианы	<i>min</i>		<i>max</i>	<i>min</i>		<i>max</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
Сумма антоциановых пигментов	<i>max</i>	<i>min</i>		<i>min</i>		<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Катехины	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Флавонолы		<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>		<i>min</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Сумма биофлавоноидов	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Дубильные вещества	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>	

Наряду с этим в соответствующих сортовых рядах голубики выявлены таксоны с минимальными значениями исследуемых биохимических характеристик. Так, в группе ранних сортов для сорта Chanticleer установлено наименьшее содержание в плодах собственно антоцианов, а для сорта Hannah,s Choice – дубильных веществ и биофлавоноидов, в том числе лейкоантоцианов, флавонолов и катехинов. Среди среднеспелых районированный сорт Bluecrop характеризовался минимальным накоплением собственно антоцианов и катехинов, сорт Bluegold – антоциановых пигментов и флавонолов, а сорт Harrison был отмечен самым низким в этой группе содержанием дубильных веществ, лейкоантоцианов и сопоставимым с установленным у стандартного сорта Bluecrop минимальным содержанием катехинов. Среди позднеспелых сортов районированный сорт Elliott в наибольшей степени отставал от сравниваемых с ним сортов лишь в содержании в плодах лейкоантоцианов, сорт Aurora был отмечен наиболее выраженным отставанием от них в общем накоплении биофлавоноидов, в том числе собственно антоцианов, катехинов и флавонолов, а сорт Rubel отличался минимальным содержанием дубильных веществ.

Как видим, в условиях сезона 2021 г. среди новых тестируемых сортов голубики высокорослой наибольшим богатством биофлавоноидного комплекса плодов с его выраженным Р-витаминным

действием выделялись сорта Harrison и особенно Rubel, а наименее обеспеченными ими были признаны сорта Hannah,s Choice, Bluegold и Aurora.

На фоне менее благоприятных погодных условий сезона 2022 г. среди раннеспелых сортов голубики высокорослой районированный сорт Weymouth, как и годом ранее, характеризовался наибольшим накоплением в плодах Р-витаминов преимущественно за счет наиболее активного биосинтеза антоциановых пигментов, но минимальным содержанием дубильных веществ, лейкоантоцианов и близких им по химической природе катехинов (см. табл. 6). Заметим, что тестируемый раннеспелый сорт Chanticleer подтвердил выявленное годом ранее лидирующее положение лишь в содержании флавонолов при наиболее выраженном отставании в накоплении собственно антоцианов. При этом на фоне наиболее высокой активности в накоплении катехинов и дубильных веществ данный сорт был отмечен минимальным содержанием в плодах антоциановых пигментов и биофлавоноидов в целом. Среди раннеспелых сорт Hannah,s Choice характеризовался, как и в предыдущем сезоне, наименьшим содержанием катехинов, флавонолов и биофлавоноидов в целом, но при этом наиболее активным накоплением лейкоантоцианов и дубильных веществ (см. табл. 6).

Среднеспелый районированный сорт Bluescor подтвердил установленное годом ранее наиболее выраженное отставание от тестируемых объектов в накоплении собственно антоцианов и катехинов. При этом во втором сезоне у него выявлено максимальное содержание в плодах флавонолов при минимальном накоплении дубильных веществ, лейкоантоцианов и биофлавоноидов. Для сорта Bluegold в оба года наблюдений отмечено наиболее высокое содержание в плодах катехинов и дубильных веществ, а во втором сезоне – также собственно антоцианов и биофлавоноидов в целом. Для сорта Harrison также было показано значительное совпадение в оба сезона темпов биосинтеза ряда соединений, что подтверждалось максимальным содержанием в плодах собственно антоцианов и биофлавоноидов, сопоставимым с таковым у предыдущего объекта, и минимальным катехинов, сопровождавшимся в условиях сезона 2022 г. наиболее активным накоплением лейкоантоцианов и наименее активным флавонолов (см. табл. 6).

В группе позднеспелых во втором сезоне эталонный сорт Elliott характеризовался наименьшим содержанием в плодах дубильных веществ, сочетавшимся с максимальным количеством лейкоантоцианов. В то же время для двух других сортов из этой группы было отмечено наибольшее число совпадений в оба сезона темпов биосинтеза фенольных соединений, что косвенно свидетельствовало о менее выраженной их зависимости от погодных условий вегетационного периода по сравнению с раннеспелыми и среднеспелыми сортами. Так, сорт Augusto, как и в предыдущем сезоне, отличался самым высоким содержанием в плодах дубильных веществ при минимальных параметрах накопления всех компонентов биофлавоноидного комплекса. В отличие от данного таксона сорт Rubel в оба года исследований занимал лидирующие позиции в накоплении последних, что косвенно подтверждало чрезвычайно высокий уровень антиоксидантной активности его плодов (см. табл. 6).

Нетрудно убедиться, что в условиях сезона 2022 г. среди новых тестируемых сортов голубики высокорослой разных сроков созревания наряду с сортами Harrison и Rubel, подтвердившими выявленное годом ранее наиболее высокое содержание в плодах биофлавоноидов с их чрезвычайно выраженным Р-витаминным антиоксидантным действием, столь же значительным, как и у сорта Harrison, их накоплением был отмечен также сорт Bluegold. При этом, как и в предыдущем сезоне, наименее обеспеченными данными соединениями в соответствующих сортовых рядах голубики следовало признать сорта Hannah,s Choice, Aurora и Chanticleer.

Как видим, погодные условия вегетационного периода оказывали весьма значительное влияние на накопление фенольных соединений в плодах голубики высокорослой, о степени которого можно судить по данным табл. 7. При этом значительные перепады пониженных температур воздуха на протяжении сезона 2022 г. на фоне острого дефицита влаги в июне и августе обусловили не только запаздывание сроков созревания плодов относительно предыдущего сезона, но и оказали весьма существенное, причем неоднозначное влияние на темпы биосинтеза данных соединений. У сортов разных групп спелости обозначились весьма выразительные различия в изменении содержания биофлавоноидов по сравнению с предыдущим сезоном. Как следует из табл. 7, только для раннеспелых сортов было показано усиление накопления в плодах лейкоантоцианов на 88–1312 % (наиболее существенное – у сорта Hannah,s Choice), сопровождавшееся незначительным снижением у обоих тестируемых объектов из этой группы (в пределах 6–13 %) содержания в них собственно антоцианов. Лишь у стандартного сорта Weymouth отмечено весьма слабое, не превышавшее 6–7 %, обогащение плодов данными соединениями. На наш взгляд, столь выраженная активизация во втором сезоне биосинтеза лейкоформ антоциановых пигментов, скорее всего, обусловлена их физиологической ролью в создании механизмов защиты растительного организма от неблагоприятных факторов среды [1]. В нашем случае пониженный и весьма неравномерный температурный фон в период формирова-

ния плодов раннеспелых сортов голубики способствовал заметному обогащению их антоцианового комплекса лейкоантоцианами. В свою очередь, сдерживание процесса их превращения в собственно антоцианы указывало на запаздывание окрашивания плодов из-за смещения в этот год наблюдений сроков их созревания на более поздний период.

Заметим, что в проводимых в эти же годы аналогичных исследованиях с интродуцированными сортами жимолости синей, несмотря на более ранние, чем у большинства сортов голубики, сроки плодоношения, на фоне погодных условий сезона 2022 г. у ряда таксонов данного вида со сходными с раннеспелыми сортами голубики сроками созревания плодов также наблюдалось увеличение выхода антоциановых пигментов по сравнению с предыдущим сезоном, но в отличие от них это происходило в основном за счет фракции собственно антоцианов (табл. 8). У обоих видов растений это сопровождалось значительным обеднением плодов сухими и пектиновыми веществами, а также растворимыми сахарами (у жимолости) и гидроксикоричными кислотами (у голубики), расходуемыми на построение молекул соединений их антоцианового комплекса.

Т а б л и ц а 7. Межсезонные (2022/2021 гг.) различия количественных показателей биохимического состава плодов интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* (в сухом веществе), %

Показатели	Раннеспелые сорта			Среднеспелые сорта			Позднеспелые сорта		
	Weymouth (st)	Chanticleer	Hannah,s Choice	Bluecrop (st)	Bluegold	Harrison	Elliott (st)	Aurora	Rubel
Сухие вещества	-25,4	-	-8,9	-16,0	-21,4	-35,4	-	-	-10,1
Свободно органические кислоты	+252,0	+137,9	+51,8	+17,5	+27,6	+188,5	-44,8	-47,3	+116,2
Аскорбиновая кислота	+32,2	-20,9	+16,4	-	+34,1	+43,4	+8,6	+12,3	+18,0
Гидроксикоричные кислоты	-15,3	-27,3	-25,5	-13,6	-	-17,4	-14,1	-	+6,7
Растворимые сахара	-	-11,9	-18,2	-	+9,3	-	-	+8,6	-
Сахарокислотный индекс	-73,0	-63,4	-45,9	-12,9	+13,0	-66,0	+87,8	+106,9	-52,6
Пектиновые вещества	-8,0	-9,5	-4,7	-7,1	-	-6,0	-4,6	-	-10,4
Суммарный эффект	+162,5	+4,9	-35,0	-32,1	+62,6	+107,1	+32,9	+80,5	+67,8
Собственно антоцианы	+6,3	-12,5	-6,1	-7,6	-	-19,7	-	-5,8	-
Лейкоантоцианы	+119,7	+87,8	+1 312,3	-50,7	-17,9	-11,0	-22,2	-44,0	-44,2
Сумма антоциановых пигментов	+18,6	-	+37,6	-27,3	-9,3	-16,6	-10,4	-23,5	-16,2
Катехины	-	-	-	-	-7,3	-	-13,6	-8,2	-14,1
Флавонолы	-	-	-	-	+6,3	-19,8	-9,9	-10,6	-15,4
Сумма биофлавоноидов	+13,8	-	+23,4	-22,1	-6,8	-16,4	-10,5	-20,4	-15,9
Дубильные вещества	-48,8	-	+14,2	+52,9	+17,6	+136,1	-15,9	-	+77,0
Суммарный эффект	+109,6	+75,3	+1381,4	-54,8	-17,4	+52,6	-82,5	-112,5	-28,8

Примечание: прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий при $p < 0,05$

Т а б л и ц а 8. Межсезонные (2022/2021 гг.) различия количественных показателей биохимического состава плодов интродуцированных сортов *Lonicera edulis*, %

Показатель	Сорт					
	Ленинградский великан	Aurora	Zojka	Wojtek	Indigo gem	Honey bee
Сухие вещества	-30,6	-25,0	-22,1	-27,7	-30,0	-7,5
Свободные органические кислоты	+125,0	+59,5	+33,0	+92,6	+49,2	-
Аскорбиновая кислота	+36,1	+18,0	-	+17,0	+33,5	-
Гидроксикоричные кислоты	-	-	-	-	-	-
Растворимые сахара	-14,3	-20,8	-12,6	-9,7	-6,9	+6,6
Сахарокислотный индекс	-61,8	-51,4	-34,8	-52,0	-37,5	+11,1
Пектиновые вещества	-15,8	-13,4	-	-	-20,4	-10,9
Суммарный эффект	+38,6	-33,1	-36,5	+20,2	-12,1	-0,7
Собственно антоцианы	-	+29,6	+10,9	+8,4	-28,8	+50,0
Лейкоантоцианы	+9,6	-22,2	-16,3	-14,0	-38,2	+37,4
Сумма антоциановых пигментов	-	+5,6	-	-	-31,8	+45,5
Катехины	-	-5,9	+9,3	-14,3	-	-11,2

Показатель	Сорт					
	Ленинградский великан	Aurora	Zojka	Wojtek	Indigo gem	Honey bee
Флавонолы	–	–	–	–	–	–
Сумма биофлавоноидов	–	–	–	–	–22,3	+30,3
Дубильные вещества	+39,5	+13,4	+13,4	+14,3	+43,4	+13,1
Суммарный эффект	+49,1	+20,5	+17,3	–5,6	–77,7	+165,1

Примечание: прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента межсезонных различий при $p < 0,05$.

Несмотря на существенную активизацию биосинтеза лейкоантоцианов в плодах голубики относительно предыдущего сезона, из-за доминирующего положения в составе данного комплекса собственно антоцианов достоверное увеличение общего выхода антоциановых пигментов на 19 и 38 % обнаружено только у сортов Weymouth и Hannah,s Choice. В свою очередь, это способствовало увеличению у этих таксонов общего выхода биофлавоноидов даже при отсутствии межсезонных различий в содержании катехинов и флавонолов, что косвенно свидетельствовало о повышении уровня Р-витаминной активности их ягодной продукции (см. табл. 7). Заметим, что и в плодах упомянутой выше жимолости синей влияние погодных условий на накопление катехинов и флавонолов оказалось также малозначительным и существенного влияния на общий выход биофлавоноидов не оказало (см. табл. 8).

В отличие от данной группы сортов голубики для таксонов с более поздними сроками созревания плодов во второй год наблюдений показано заметное ослабление биосинтеза в них всех компонентов биофлавоноидного комплекса, что привело к сопоставимому по относительным размерам снижению на 7–22 и 11–20 % соответственно общего количества этих соединений, наиболее значительному у среднеспелого сорта Bluecgor и позднеспелого Aurora и обусловленному преимущественным ингибированием биосинтеза в них антоциановых пигментов. Как видим, если у раннеспелых сортов, созревание плодов которых приходилось на период со значительными перепадами температуры воздуха, способствовавшими активизации биосинтеза в них защитных антоциановых пигментов, то у средне- и позднеспелых сортов в трансформации биофлавоноидного комплекса доминировали уже негативные тенденции.

Что касается дубильных веществ, то влияние гидротермического режима сезона на их накопление в плодах исследуемых сортов голубики оказалось также весьма выразительным, хотя и неоднозначным. На фоне погодных условий сезона 2022 г. в таксономических рядах с ранними и поздними сроками созревания плодов для стандартных районированных сортов было установлено снижение их содержания относительно предыдущего сезона, тогда как у тестируемых объектов в обоих случаях выявлено либо его увеличение, либо отсутствие межсезонных различий по данному признаку (см. табл. 7). Лишь у всех среднеспелых сортов голубики обнаружено усиление накопления дубильных веществ на 18–136 % по сравнению с предыдущим сезоном, наиболее значительное у сорта Harrison.

При столь разноплановой картине трансформации фенольного комплекса плодов голубики в зависимости от гидротермического режима сезона для интегральной оценки степени влияния на него данного фактора, как и у жимолости съедобной, был определен суммарный эффект. При этом для каждого таксона было осуществлено суммирование относительных размеров межсезонных различий исследуемых показателей с учетом их знака (см. табл. 7). Как и следовало ожидать, только у раннеспелых сортов значения данного показателя имели положительную направленность, варьируясь от 75 % у сорта Chanticleer до 1 381 % у сорта Hannah,s Choice, что свидетельствовало о преобладании позитивного влияния гидротермического режима второго сезона на совокупность характеристик фенольного комплекса плодов. Вместе с тем для большинства сортов с более поздними сроками их созревания влияние данного фактора на результирующий показатель оказалось весьма неблагоприятным, поскольку значения суммарного эффекта, варьировавшиеся в диапазоне 17–113 %, имели отрицательную направленность, что свидетельствовало об определенном обеднении фенольного комплекса их плодов. Лишь в единичном случае (для среднеспелого сорта Harrison) установлено увеличение данного показателя, обусловленное исключительно активизацией накопления в них дубильных веществ. Вместе с тем нельзя не признать, что наименее выраженными в таксономическом ряду межсезонными различиями совокупности исследуемых характеристик, несмотря на их отрицательную направленность, был отмечен среднеспелый сорт Bluegold, что указывало на наибольшую устойчивость у него фенольного комплекса плодов к воздействию погодных условий вегетационного периода.

Заключение. В результате сравнительного исследования в южной агроклиматической зоне Беларуси в контрастные по гидротермическому режиму сезоны 2021 и 2022 гг. параметров накопления дубильных веществ и основных групп биофлавоноидов – антоциановых пигментов, флавонолов и катехинов в плодах шести новых интродуцированных сортов голубики высокорослой разных сроков созревания – раннеспелых Chanticleer, Hannah's Choice, среднеспелых Bluegold, Harrison и позднеспелых Aurora, Rubel, а также соответствующих данным группам спелости районированных сортов Weymouth, Bluescop и Elliott, установлена отчетливо выраженная зависимость межсезонных различий в содержании указанных соединений от сроков созревания плодов.

В условиях сезона 2022 г. с неблагоприятным по гидротермическому режиму характером погодных условий вегетационного периода среди новых тестируемых сортов с разными сроками созревания наряду с сортами Harrison и Rubel, подтвердившими выявленное годом ранее наиболее высокое содержание в плодах биофлавоноидов, столь же значительным, как и у сорта Harrison, их накоплением, был отмечен также сорт Bluegold. Наименее обеспеченными данными соединениями в соответствующих сортовых рядах голубики, как и в предыдущем сезоне, признаны сорта Hannah's Choice и Aurora, наряду с которыми минимальным их содержанием в плодах характеризовался сорт Chanticleer.

Пониженный и весьма неравномерный температурный фон сезона 2022 г. при остром дефиците влаги в июне и августе способствовал активизации накопления в плодах антоциановых пигментов только у раннеспелых сортов голубики, что при отсутствии его влияния на содержание катехинов и флавонолов обеспечивало более высокий общий выход биофлавоноидов, тогда как у таксонов с более поздними сроками созревания плодов обнаружено заметное ослабление биосинтеза всех компонентов Р-витаминного комплекса, обусловившее снижение их общего количества на 7–22 % относительно предыдущего, более благоприятного по гидротермическому режиму сезона.

В условиях сезона 2022 г. у раннеспелых сортов голубики и одновременно изучавшихся растений жимолости синей выявлено отчетливое сходство в обогащении антоцианового комплекса плодов, обусловленное близостью сроков их созревания и связанное в первом случае с активизацией биосинтеза лейкоантоцианов, тогда как во втором – собственно антоцианов. В плодах раннеспелых и позднеспелых сортов голубики установлен идентичный характер неоднозначного проявления межсезонных различий в содержании дубильных веществ, обусловленный генотипом растений, на фоне усиления накопления данных соединений по сравнению с предыдущим сезоном у среднеспелых сортов, наиболее значительного у сорта Harrison.

В таксономическом ряду голубики высокорослой наименее выраженными межсезонными различиями в содержании в плодах комплекса фенольных соединений, указывавшими на наибольшую его устойчивость к воздействию погодных условий вегетационного периода, характеризовался среднеспелый сорт Bluegold.

Список использованных источников

1. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений. / И. А. Карабанов. – Минск: Ураджай, 1981. – 80 с.
2. Шмерко, Е. П. Лечение и профилактика растительными средствами / Е. П. Шмерко, И. Ф. Мазан. – Баку: Азербайджан, 1992. – 316 с.
3. Ballington, J. R. The deerberry [Vaccinium stamineum L.] Vaccinium section Polycodium (Raf.) Sleumer / J. R. Ballington: A potential new small fruit crop: [Pap] 7th N. Amer. Blueberry Res. Extens. Work. Conf., Beltsville, Md, July 5–8, 1994. Pt 1. // J. Small Fruit and Viticult. – 1995. – Vol. 3, № 2–3. – P. 21–28.
4. Haffner, K. Qualität – seigenschaften von Kulturheidelbeersorten Vaccinium corymbosum L. / K. Haffner, S. Vestrheim, K. Gronnerod // Erwerbs – Obstbau. – 1998. – Bd. 40, № 4. – S. 112–116.
5. Влияние погодных условий вегетационного периода на биохимический состав плодов шиповника и калины обыкновенной при интродукции в Беларусь / Ж. А. Рупасова [и др.] // Плодоводство. – 2013. – Т. 25, № 1. – С. 309–325.
6. Межсезонные различия биохимического состава плодов рябины обыкновенной (Sorbus aucuparia L.) при интродукции в Беларусь / Ж. А. Рупасова [и др.] // Плодоводство. – 2016. – Т. 28, № 1. – С. 227–236.
7. Сравнительная оценка влияния биотического и абиотических факторов на биохимический состав плодов интродуцированных в Беларусь видов сем. Ericaceae / Ж. А. Рупасова [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2011. – Т. 55, № 1. – С. 81–85.
8. Формирование биохимического состава плодов видов семейства Ericaceae (Вересковые) при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]; под ред. акад. В. И. Парфенова. – Минск: Беларуская навука, 2011. – 307 с.
9. Влияние метеорологических факторов на изменчивость количественных характеристик биохимического состава плодов голубики при внесении удобрений на севере Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Плодоводство. – 2019. – Т. 31, № 1. – С. 188–199.
10. Влияние метеорологических факторов на изменчивость биохимического состава плодов интродуцированных видов семейств Ericaceae и Actinidiaceae в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – Т. 65, № 1. – С. 59–70.

11. Влияние абиотических факторов на антиоксидантную и ферментативную активность плодов голубики на выработанном торфянике низинного типа / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вестн. Фонда фундам. исслед. – 2020. – № 4 (94). – С. 15–28.
12. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus Domenstica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // J.Sci. Food Agric. – 1959. – Vol. 10, № 1. – P. 63–68.
13. Скорикова, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорикова, Э. А. Шафтан // Труды 3-го Всесоюзного семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. – Свердловск: [б. и.], 1968. – С. 451–461.
14. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В. Ю. Андреев [и др.] // Фармация. – 2013. – № 3. – С. 19–21.
15. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.
16. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье. Общие методы анализа // Государственная фармакопея Союза Советских Социалистических Республик. – М.: Медицина, 1987. – С. 286–287.
17. Голубика высокорослая. Оценка адаптационного потенциала при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]; под ред. В. И. Парфенова. – Минск: Беларуская наука, 2007 – 442 с.
18. Возделывание жимолости и голубики на рекультивируемых торфяниках низинного типа с использованием органических удобрений и микроэлементного стимулятора Наноплант / Ж. А. Рупасова [и др.]. – Минск: Беларуская наука, 2021. – 229 с.
19. Биохимический состав плодов интродуцированных сортов голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) в условиях южной агроклиматической зоны Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Ботаника: сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси. – Минск: Колорград, 2022. – Вып 51. – С. 202–211.

Поступила 17.03.2023

Н. В. Синчук, С. В. Буга

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ТОПОЛЕЙ МОЛЮ-ПЕСТРЯНКОЙ
PHYLLONORYCTER POPULIFOLIELLA В ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ МИНСКА
В 2013 И 2023 ГОДАХ**

Аннотация. На основе результатов обследования в октябре 2023 г. 147 местопроизрастаний тополей (*Populus* L.) оценены параметры их повреждаемости личинками моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) в зеленых насаждениях Минска. В 109 обследованных местопроизрастаниях заселенность минером составляла более 75 %, в 23 – от 25 до 75 %, в 12 – не превышала 25 %, в 3 местопроизрастаниях тополя были свободны от повреждений данным фитофагом. Среднее число мин (плотность мин) на листовых пластинках тополя канадского (*Populus* × *canadensis* Moench) варьировало от $1,87 \pm 0,25$ до $17,12 \pm 2,12$ экз./лист, относительная площадь поврежденной листовой поверхности составляла от $9,89 \pm 0,94$ до $25,11 \pm 3,92$ %, расчетные потери растениями суммарной фотосинтезирующей поверхности – от 7,9 до 22,6 %. Плотность мин личинок *Ph. populifoliella* на листовых пластинках тополей берлинского (*Populus* × *berolinensis* K. Koch) и китайского (*Populus simonii* Carriere) варьировала от 1,18 до 21,83 экз./лист, мины занимали от 6,00 до 39,17 % листовой поверхности. Относительная площадь поврежденной листовой поверхности составляла от $6,00 \pm 0,44$ до $39,17 \pm 5,25$ %, расчетные потери растениями суммарной фотосинтезирующей поверхности – от 1,2 до 38,8 %. Для большинства местопроизрастаний зарегистрированные в 2023 г. уровни заселенности и относительной площади поврежденной листовой поверхности превысили указанные в литературе для 2013 г., и данный листовой минер остается опасным вредителем тополей в зеленых насаждениях Минска.

Ключевые слова: Беларусь, вредоносность, вспышки массового размножения, минирующие фитофаги, моли-пестрянки

N. V. Sinchuk, S. V. Buga

Belarusian State University, Minsk, Belarus

**ASSESSMENT OF DAMAGE OF POPLARS BY LEAF MINER PHYLLONORYCTER POPULIFOLIELLA
IN GREEN AREAS OF MINSK IN 2013 AND 2023**

Abstract. Based on registrations in October 2023, have been estimated parameters of susceptibility of 147 poplar (*Populus* L.) habitats to the larvae of the leaf miner *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) in the green stands of Minsk. Among the surveyed habitats, 109 ones have an occurrence rate of over 75 %, 23 registered an occurrence rate from 25 to 75 %, 12 – below 25 %, and 3 of the poplar habitats remained unaffected by the colonization of the poplar leaf miner. The average number of mines (mining density) on the leaf blades of the Canadian poplar (*Populus* × *canadensis* Moench) ranged from 1.87 ± 0.25 to 17.12 ± 2.12 mines/leaf. The relative area of damaged leaf surface varied from 9.89 ± 0.94 to 25.11 ± 3.92 %, resulting in calculated losses to the plants' total photosynthesizing surface ranging from 7.9 to 22.6 %. The density of *Ph. populifoliella* larvae mines on the leaf blades of Berlin poplar (*Populus* × *berolinensis* K. Koch) and Chinese poplar (*Populus simonii* Carriere) fluctuated between 1.18 and 21.83 mines/leaf, occupying 6 to 39.17 % of the leaf surface. The relative area of damaged leaf surface ranged from 6 ± 0.44 to 39.17 ± 5.25 %, resulting in calculated losses to the plants' total photosynthesizing surface ranging from 1.2 to 38.8 %. For the majority of the surveyed habitats in 2023, the recorded infestation levels and relative areas of damaged leaf surface exceed those documented in the literature for 2013, underscoring the persistent threat posed by this leaf miner to poplars in the green areas of Minsk.

Keywords: Belarus, Gracillariidae, Lepidoptera, pestfulness, leaf miners, outbreaks of mass reproduction

Н. У. Сінчук, С. У. Буга

Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь

**ПАРАЎНАЛЬНАЯ АЦЭНКА ПАШКОДЖАННЯ ТАПОЛЯЎ МОЛЮ-СТРАКАТКАЙ
PHYLLONORYCTER POPULIFOLIELLA Ў ЗЯЛЁНЫХ НАСАДЖЭННЯХ МИНСКА Ў 2013 І 2023 ГАДАХ**

Анотацыя. Па выніках абследавання ў кастрычніку 2023 г. таполяў (*Populus* L.) у 147 лакацыях у зялёных насаджэннях Мінска ацэнены параметры іх пашкоджання лічынкі молі *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833). У 109 абследаваных лакацыях заселенасць мініраў складала больш за 75 %, у 23 – ад 25 да 75 %, у 12 – не перавышала 25 %, у 3 лакацыях пашкоджання таполяў дадзенай моллю-стракаткай не рэгістраваліся. Сярэдняя колькасць мін *Ph. populifoliella* на ліставых пласцінках таполі канадскай (*Populus* × *canadensis* Moench) вар'іравала ад $1,87 \pm 0,25$ да $17,12 \pm 2,12$ экз./ліст, адноснае плошча пашкоджанай ліставай паверхні складала ад $9,89 \pm 0,94$ да $25,11 \pm 3,92$ %, разліковыя страты раслінамі сумарнай фотасінтэзуючай паверхні вагаліся ад 7,9 да 22,6 %. Сярэдняя колькасць мін *Ph. populifoliella* на ліставых пласцінках таполяў берлінскай (*Populus* × *berolinensis* K. Koch) і кітайскай (*Populus simonii* Carriere) вар'іравала ад 1,18 да 21,83 экз./ліст, міны займалі ад 6,00 да 39,17 % ліставай паверхні. Разліковыя страты раслінамі сумарнай фотасінтэзуючай паверхні вагаліся ад 1,2 да 38,8 %. Для большасці лакацый узроўні заселенасці і адноснае плошчы пашкоджанай

ліставай паверхні, якія былі зарэгістраваны ў 2023 г., перавышалі даныя літаратуры для 2013 г., і таму ліставы мінер *Ph. populifoliella* застаецца небяспечным шкоднікам таполяў у зялёных насаджэннях Мінска.

Ключавыя словы: Беларусь, шкоднаснасць, успышкі масавага размнажэння, мініруючыя фітафары, Gracillariidae

Введение. Тополя являются одним из ярких и эстетически значимых элементов зеленых насаждений населенных пунктов Беларуси [1]. Внешняя привлекательность крон, быстрые темпы роста и высокая адаптивность к неблагоприятным условиям произрастания сделали их присутствие в декоративных посадках послевоенного периода массовым. В настоящее время в зеленом строительстве используются, хоть и менее широко, декоративные формы и культивары тополей [2, 3].

В условиях населенных пунктов тополя выполняют не только эстетическую функцию, но и обеспечивают фильтрацию воздуха, замедление воздушных потоков, шумопоглощение, что актуально с санитарно-гигиенической точки зрения. Очевидно и их архитектурно-планировочное значение. При этом тополя повреждаются широким кругом фитофагов-вредителей, некоторые из них являются массовыми видами либо регулярно дают вспышки массового размножения [4]. К числу последних принадлежит нижнесторонняя тополевая моль-пестрянка (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833); Lepidoptera: Gracillariidae). Это специализированный фитофаг тополей (*Populus* L., Salicaceae) [5]. Личинки *Ph. populifoliella*, являясь минирующими эндобионтами, развиваются в листовых минах – камерах в мезофилле листьев тополей, которые располагаются преимущественно с нижней стороны листовых пластинок, что и определяет русскоязычное название моли-пестрянки. Форма и другие характеристики мин данной моли-пестрянки видоспецифичны, что позволяет осуществлять идентификацию минера по повреждениям [6]. Пятновидные мины относительно крупных размеров могут сливаться, по мере развития личинок происходит некротизация минированных участков, впоследствии они могут выкрашиваться, а сильно поврежденные листовые пластинки досрочно опадать. В результате уже во второй половине лета кроны тополей могут оголяться, страдают эстетическая и санитарно-гигиенические функции насаждений.

Для нижнесторонней тополевой минирующей моли-пестрянки характерны вспышки массового размножения, повторяющиеся в течение нескольких лет. Возможно и формирование так называемых хронических очагов вредителя. В этом случае имеет место не только сезонная потеря зелеными насаждениями декоративности, но и ослабление посадок. Таким образом, тополевая моль-пестрянка вносит свой вклад в деградацию тополевых насаждений, уменьшая их общую жизнеспособность и устойчивость к другим неблагоприятным факторам среды, воздействию которых они подвергаются в населенных пунктах и вдоль транспортных магистралей.

В Беларуси первые вспышки массового размножения в Минске отмечены в 1960 г. [7]. В последующем они наблюдались в 1990-е гг., а в текущем столетии подробные обследования заселенности и поврежденности тополей были выполнены в 2013 г., их результаты изложены в статье Л. С. Чумакова и О. В. Лозинской [8]. За прошедшее десятилетие не произошло кардинальных изменений структуры посадок тополей в Минске, что позволяет сопоставить уровни заселенности и поврежденности данной молью-пестрянкой тополей в разное время, чтобы выявить возможно произошедшие изменения, что и составило цель настоящей работы.

Место и методы исследований. В целях обеспечения сопоставимости данных дизайн исследования максимально учитывал технические особенности выполненной Л. С. Чумаковым и О. В. Лозинской в 2013 г. работы [8]. Тополя ими были разделены на две группы: с листовыми пластинками широко-треугольной или треугольно-ромбической формы (группа А) и широко-яйцевидными, заостренно-яйцевидными и удлинненно-продолговатыми листьями (группа Б). Учеты и сбор гербарных материалов осуществлены по окончании развития второй генерации нижнесторонней тополевой моли-пестрянки в октябре 2023 г. в ходе обследования всех 147 местопроизрастаний тополей 2013 г. [8]. На рис. 1 визуализировано размещение (в сгруппированном виде) на карте Минска актуальных местопроизрастаний тополей групп А и Б соответственно.

Выборки листовых пластинок были взяты с 50 экземпляров тополей из групп А (тополь канадский) и Б (тополь берлинский и китайский), координаты местопроизрастаний которых представлены в табл. 1.

Для оценки уровня заселенности личинками *Ph. populifoliella* осуществляли подсчет доли несущих мины среди случайным образом отобранных на ветвях нижних частей крон 100 листовых пластинок. Поврежденность листовых пластинок (листовой поверхности) оценивали на основе анализа выборок рандомизированно коллектированных листовых пластинок. Листья в целях исключения потери влаги помещали в полиэтиленовые пакеты с замком типа Zip-Lock, от 30 листовых пластинок с каждого исследуемого растения; туда же вкладывали рабочую (временную) этикетку, на которой указывали шифр сбора, таксон растения, дату и место сбора, уровень заселенности, фамилию и инициалы коллектора [9]. Для сохранения минированных листовых пластинок в состоянии, пригодном для последующей камеральной обработки, материалы в течение суток после сбора помещали в гербарный

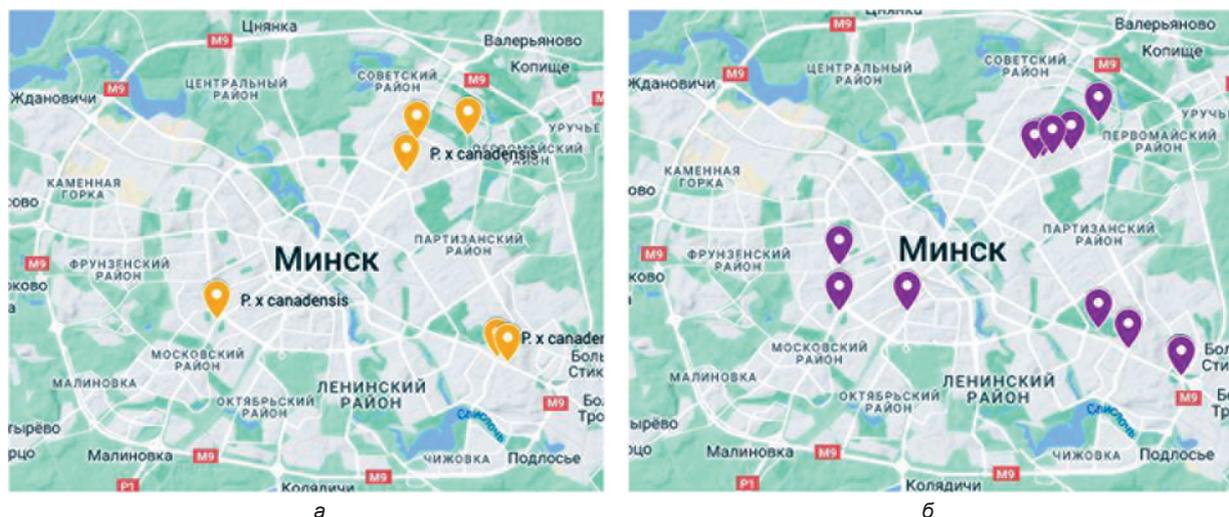


Рис. 1. Размещение на карте Минска обследованных в 2023 г. в ходе выполнения исследования местопроизрастаний тополей групп А (а) и Б (б)

Таблица 1. Местопроизрастание экземпляров тополей (*Populus L.*), с которых был выполнен отбор выборок минированных личинками нижнесторонней тополевой моли-пестрянки (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke)) листовых пластинок (Минск, 2023 г.)

Локализация	GPS-координаты
Группа А	
Тополь канадский (<i>Populus × canadensis</i> Moench)	
ул. Большая Слепня	53°56'19"N, 27°37'54"E
пр-т Дзержинского / ул. Прилуцкая (сквер)	53°52'55"N, 27°30'3"E
ул. Чернышевского	53°55'38"N, 27°36"E
ул. Якуба Коласа	53°56'15"N, 27°36'18"E
ул. Радиальная, м. «Автозаводская»	53°52'13"N, 27°38'49"E
Партизанский пр-т, м. «Автозаводская»	53°52'7"N, 27°39'9"E
Группа Б	
Тополь берлинский (<i>Populus × berolinensis</i> K. Koch)	
ул. Большая Слепня	53°56'19"N, 27°37'54"E
ул. Вирская	53°52'56"N, 27°32'6"E
ул. Калинина	53°55'42"N, 27°36'15"E
ул. Кедышко	53°55'49"N, 27°37'6"E
пр-т Дзержинского / ул. Прилуцкая (сквер)	53°52'55"N, 27°30'2"E
ул. Харьковская	53°53'45"N, 27°30'4"E
ул. Чернышевского	53°55'37.9"N 27°35'59.6"E
ул. Кузьмы Чорного	53°55'45"N, 27°36'32"E
ул. Жилуновича	53°52'37"N, 27°37'54"E
ул. Радиальная, м. «Автозаводская»	53°52'14"N, 27°38'50"E
ул. Ангарская, м. «Могилевская»	53°51'46"N, 27°40'24"E
Партизанский пр-т, м. «Могилевская»	53°51'46"N, 27°40'24"E
Тополь китайский (<i>Populus simonii</i> Carriere)	
Партизанский пр-т, м. «Могилевская»	53°51'46"N, 27°40'26"E

пресс с использованием газетной бумаги в качестве переслаивающего материала. С целью ускорения процесса сушки и предотвращения потемнения листовые пластинки подвергали умеренному термическому воздействию (70 °С), при этом их укладывали между газетными листами во избежание механических повреждений как листьев, так и мин.

Оцифрованные изображения поврежденных листовых пластинок получали с использованием планшетного сканера CanoScan 9000F Mark II (разрешение 600 dpi, в область сканирования вводилась полоска координатной (миллиметровой) бумаги, сопроводительная этикетка, а также маркировочная этикетка для обозначения стороны (верхней/нижней) листовой пластинки). Определение

площади повреждений выполняли методами компьютерной планиметрии средствами специализированного графического редактора ImageJ [10], полученные данные аккумулировали в электронных таблицах. Устанавливали площадь отдельных мин (см²), общую (суммарную) площадь мин на отдельных листовых пластинках (см²) и относительную площадь поврежденной листовой поверхности (%). Регистрировали число мин на листовой пластинке, ее нижней и верхней сторонах с последующим расчетом средних арифметических.

Статистический анализ количественных данных выполнен средствами программного пакета PAST 4.15.

Контрольное выведение имаго *Ph. populifoliella* осуществлено стандартными для молей-пестрянок методами [9], определение видовой принадлежности вышедших бабочек выполнялось с использованием специализированных определительных таблиц [11, 12]. Картографические иллюстрации подготовлены с использованием сервиса «Google Карты».

Результаты и их обсуждение. Заселенность пригодных для питания частей растений (для нижнесторонней тополевой моли-пестрянки – листовых пластинок) является ключевым параметром при оценке повреждаемости фитофагами – вредителями декоративных растений [13]. Как уже указывалось выше, в 2023 г. исследованиями были охвачены все места произрастания тополей, указанные в работе Л. С. Чумакова и О. В. Лозинской 2013 г. В 109 обследованных местопроизрастаниях заселенность минером составляла более 75 %, в 23 – от 25 до 75 %, в 12 – не превышала 25 %, в 3 местопроизрастаниях тополя были свободны от повреждений данным фитофагом. Следовательно, нижнесторонняя тополевая моль-пестрянка должна быть отнесена к числу фоновых в условиях зеленых насаждений Минска видов фитофагов тополя.

С помощью предложенной в вышеупомянутой статье дифференциации по уровням заселенности представляется целесообразным осуществить с использованием возможностей картографии визуализацию результатов выполненных обследований (рис. 2).

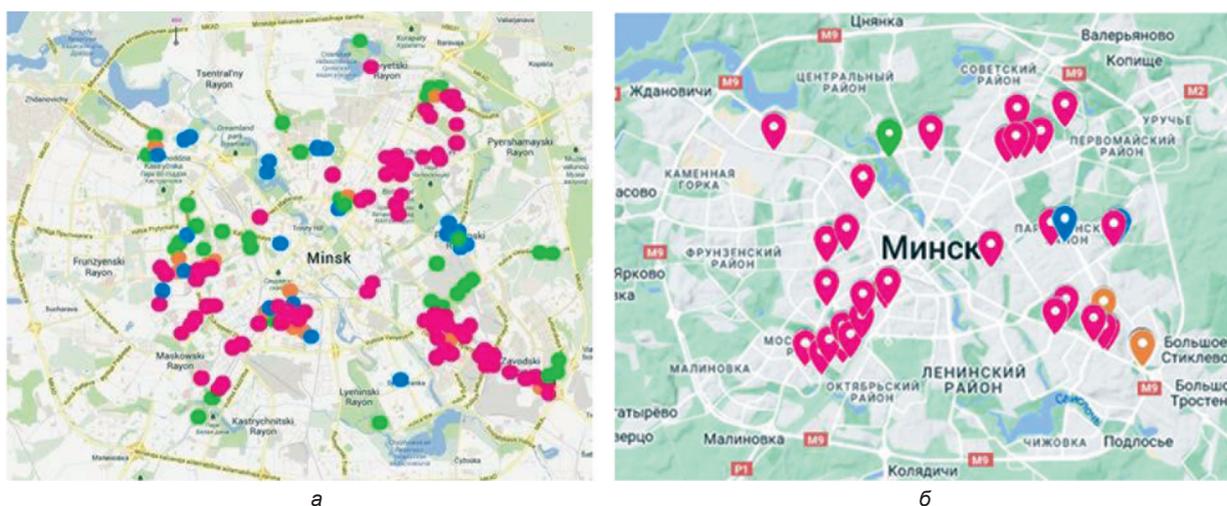


Рис. 2. Уровни заселенности листовых пластинок тополей (*Populus L.*) личинками нижнесторонней тополевой моли-пестрянки (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke)) в зеленых насаждениях Минска в 2013 г. [8] (а) и октябре 2023 г. (б): > 25 % – розовые, 5–24 % – оранжевые, < 5 % – синие, 0 % – зеленые маркеры

Нередко зарегистрированные в 2023 г. уровни заселенности тополей значительно превышают выявленные в 2013 г., например для местопроизрастаний по ул. Радиальной и Партизанскому пр-ту (метро «Автозаводская»). Для тополей группы Б в абсолютном большинстве обследованных местопроизрастаний заселенность личинками *Ph. populifoliella* составляет > 90 %, что более чем в два раза превышает показатели 2013 г. Уровни заселенности личинками минера листовых пластинок тополей в посадках по ул. Чернышевского в 2013 и 2023 гг. близки. Заселенность тополей в посадках по ул. Вирская, наоборот, в 2023 г. ниже (95 %), чем в 2013 г. (99 %).

Полученные по результатам анализа сформированных выборок листовых пластинок значения параметров повреждаемости личинками нижнесторонней тополевой моли-пестрянки тополей группы А (тополя канадского (*P. × canadensis*)) представлены в табл. 2.

Если рассматривать массив данных, полученных для всех обследованных местопроизрастаний, заселенность листовых пластинок отдельных экземпляров тополей группы А варьировала от 3,0 до 95,0 %, тогда как для мест отбора представленных выборок – от 50,0 до 95,0 %. При этом в половине

Таблица 2. Повреждаемость личинками нижнесторонней тополевой моли-пестрянки (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke)) тополя канадского (*Populus × canadensis* Moench) в зеленых насаждениях (Минск, 2023 г., группа А)

Локализация	Заселенность, %	Площадь листовой пластинки, см ²	Плотность мин, экз./лист	Суммарная площадь мин на листе, см ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %	Расчетные потери суммарной фотосинтезирующей поверхности, %
ул. Большая Слепня	80,0	20,09 ± 1,03	1,87 ± 0,25	2,02 ± 0,27	9,89 ± 0,94	7,9
пр-т Дзержинского / ул. Прилуцкая (сквер)	90,0	36,39 ± 1,94	17,12 ± 2,12	9,31 ± 1,68	25,11 ± 3,92	22,6
ул. Чернышевского	50,0	30,58 ± 1,87	13,85 ± 1,99	6,36 ± 1,12	21,62 ± 3,68	10,8
ул. Якуба Коласа	95,0	34,55 ± 2,22	12,71 ± 1,35	7,70 ± 1,21	23,70 ± 3,24	22,5
ул. Радиальная, м. «Автозаводская»	95,0	34,96 ± 2,60	5,83 ± 0,92	5,21 ± 0,86	14,42 ± 1,68	13,7
Партизанский пр-т, м. «Автозаводская»	95,0	26,73 ± 1,84	6,00 ± 1,07	3,97 ± 0,59	17,27 ± 2,53	16,4

местопроизрастаний заселенность растений личинками нижнесторонней тополевой минирующей моли составляла от 90,0 до 99,0 %. Высокий уровень заселенности листовых пластинок констатирован как для относительно разреженных насаждений (сквер), так и посадок вдоль дорог либо внутри кварталов жилой застройки. Наименьшая заселенность минером была свойственна экземплярам *P. × canadensis*, произрастающим вдоль железнодорожных путей (ул. Тимирязева, ул. Передовая), рядом с лесополосой (ул. Тимирязева), в уличных линейных посадках (при условии, что деревья подвергались ежегодной формообразующей обрезке крон (ул. Народная, ул. Семашко)). Не выявлено повреждений нижнесторонней тополевой минирующей молью тополей в парке музейно-паркового комплекса «Победа».

Среднее число мин (плотность мин) на листовых пластинках для рассматриваемых выборок варьировало от 1,87 ± 0,25 до 17,12 ± 2,12 экз./лист. Относительная площадь поврежденной листовой поверхности при этом составляла от 9,89 ± 0,94 до 25,11 ± 3,92 %. На основании представленных в табл. 2 данных можно рассчитать примерные потери растениями суммарной фотосинтезирующей поверхности (от 7,9 до 22,6 %).

Столь высокие значения показателей заселенности листовых пластинок и плотности мин в условиях ряда местопроизрастаний позволяют рассматривать соответствующие насаждения как очаги вспышек массового размножения вредителя. Утрата растениями почти четверти суммарной площади фотосинтезирующей поверхности не может не сказаться на эффективности ассимиляции и общем физиологическом состоянии растений, произрастающих в не самых благоприятных условиях урбанизированной среды.

Полученные по результатам анализа сформированных выборок листовых пластинок значения параметров повреждаемости личинками нижнесторонней тополевой моли-пестрянки тополей группы Б (в частности, тополей берлинского (*P. × berlinensis*) и китайского (*P. simonii*)) представлены в табл. 3.

Таблица 3. Повреждаемость личинками нижнесторонней тополевой моли-пестрянки (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke)) тополей берлинского (*Populus × berlinensis* K. Koch) и китайского (*Populus simonii* Carriere) в зеленых насаждениях (Минск, 2023 г., группа Б)

Локализация	Заселенность, %	Площадь листовой пластинки, см ²	Плотность мин, экз./лист	Суммарная площадь мин на листе, см ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %	Расчетные потери суммарной фотосинтезирующей поверхности, %
Тополь берлинский (<i>Populus × canadensis</i> Moench)						
ул. Большая Слепня	95,0	20,87 ± 1,33	4,71 ± 0,66	5,03 ± 0,69	22,89 ± 2,26	21,8
ул. Вирская	95,0	18,83 ± 1,12	5,63 ± 0,65	5,41 ± 0,65	28,47 ± 2,67	27,0
ул. Калинина	99,0	22,30 ± 1,18	7,44 ± 1,06	3,85 ± 0,65	17,18 ± 2,60	17,0
ул. Кедышко	95,0	28,35 ± 1,41	21,83 ± 2,24	10,27 ± 1,72	34,79 ± 5,04	33,1
пр-т Дзержинского / ул. Прилуцкая (сквер)	99,0	28,82 ± 1,38	20,49 ± 1,62	11,55 ± 1,82	39,17 ± 5,25	38,8
ул. Харьковская	99,0	25,74 ± 1,03	10,51 ± 1,33	7,20 ± 1,28	27,03 ± 4,08	26,8
ул. Чернышевского	95,0	18,93 ± 1,17	10,20 ± 1,75	4,71 ± 1,00	23,93 ± 4,10	22,7
ул. Кузьмы Чорного	99,0	17,73 ± 1,63	11,89 ± 2,09	6,74 ± 1,42	36,88 ± 5,11	36,5
ул. Жилуновича	97,0	22,97 ± 1,41	7,09 ± 1,07	5,53 ± 0,95	23,00 ± 3,15	22,3

Локализация	Заселенность, %	Площадь листовой пластинки, см ²	Плотность мин, экз./лист	Суммарная площадь мин на листе, см ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %	Расчетные потери суммарной фотосинтезирующей поверхности, %
ул. Радиальная, м. «Автозаводская»	99,0	25,27 ± 1,11	6,06 ± 0,67	5,43 ± 0,67	22,17 ± 2,88	21,9
ул. Ангарская, м. «Могилевская»	95,0	32,88 ± 1,61	4,47 ± 0,60	4,56 ± 0,60	13,18 ± 1,45	12,5
Партизанский пр-т, м. «Могилевская»	93,0	25,82 ± 1,17	2,74 ± 0,33	3,04 ± 0,40	12,15 ± 1,48	11,3
Тополь китайский (<i>Populus simonii</i> Carriere)						
Партизанский пр-т, м. «Могилевская»	20,0	27,26 ± 1,47	1,18 ± 0,08	1,54 ± 0,10	6,00 ± 0,43	1,2

Характерны разительные различия в уровне заселенности минером тополя берлинского во всех его местопроизрастаниях (93,0 % и более) и тополя китайского, для которого была получена выборка для единственного местопроизрастания (лишь 20,0 %). При этом плотность мин на листовых пластинках тополя берлинского для $\frac{3}{4}$ выборок превышала уровень 5 мин/лист, что позволяет классифицировать соответствующие местопроизрастания как локальные очаги массового размножения нижнесторонней тополевой моли-пестрянки.

В целом заселенность листовых пластинок тополей группы Б была высокой в большинстве местопроизрастаний. Так, высокая заселенность регистрировалась для тополей, произрастающих вдоль железнодорожных путей по ул. Захарова и ул. Бумажкова, в сквере у пересечения пр-та Дзержинского и ул. Прилукской, во внутриворотовых посадках, например по ул. Калинина и ул. Бумажкова. Повреждение минером 99 % листовых пластинок отмечено для тополей по ул. С. Ковалевской, ул. Машинистов, ул. Харьковской, ул. Кузьмы Чорного и др.

Плотность мин личинок *Ph. populifoliella* на листовых пластинках тополей группы Б по результатам анализа полученных выборок варьировала от 1,18 до 21,83 экз./лист, мины занимали от 6,00 до 39,17 % листовой поверхности. Максимальная плотность мин на отдельной листовой пластинке была отмечена для экземпляров тополя берлинского, произрастающих по ул. Кедышко (21,83 ± 2,24 экз./лист), однако эти же тополя отличаются наиболее крупными размерами листовых пластинок (их площадь превышает 28 см²) и высокой относительной площадью поврежденной минером листовой поверхности (34,79 ± 5,04 %), но не максимальной (для тополей в сквере у пересечения пр-та Дзержинского и ул. Прилукской она составила 39,17 ± 5,25 %). При этом столь высокие значения данных параметров явно указывают на высокую интенсивность повреждающего воздействия фитофага в очагах массового размножения.

В свете сделанной выше констатации часто более высоких уровней заселенности тополей личинками *Ph. populifoliella* в 2023 г. относительно зарегистрированных для тех же местопроизрастаний в 2013 г. следует отметить, что высокие значения данного показателя не всегда соответствуют более высоким уровням поврежденности (относительной площади поврежденной листовой поверхности): для тополей, растущих на ул. Калинина, заселенность стала выше (92 и 99 % соответственно), но поврежденность листовой поверхности оказалась ниже (66,9 и 17,2 % соответственно). И наоборот, регистрируемые для тополей по ул. Радиальная уровни заселенности стали выше (98 и 99 % соответственно), но поврежденности – ниже (64,1 и 22,2 % соответственно).

Для ряда местопроизрастаний тополей значения показателя поврежденности (относительной площади поврежденной листовой поверхности) в 2023 г. оказались выше, чем в 2013 г. (например, на ул. Харьковская 18 % в 2013 г. и 27 % в 2023 г.), однако для некоторых посадок тополей ситуация оказалась обратной (например, по ул. Большая Слепя 51,3 % в 2013 г. и 22,89 % в 2023 г., по ул. Вирская 46,1 % в 2013 г. и 28,47 % в 2023 г.).

При этом применение непараметрических U-критерия Манна–Уитни и критерия интегральных различий Колмогорова–Смирнова к данным о повреждаемости тополей личинками нижнесторонней тополевой моли-пестрянки в зеленых насаждениях Минска в 2013 г. (по [8]) и 2023 г. (табл. 4) позволило констатировать, что статистически значимы ($p < 0,05$) лишь различия значений показателя плотности мин (количество мин на отдельной листовой пластинке), а для показателя заселенности листовых пластинок значимость оказалась пороговой ($p = 0,05$). Таким образом, можно заключить, что повреждаемость тополей данным минирующим фитофагом в последнее десятилетие не претерпела существенных изменений, оставаясь на весьма высоком уровне.

Таблица 4. Результаты использования непараметрических критериев различий применительно к значениям параметров повреждаемости тополей (*Populus L.*) личинками нижнесторонней тополевой моли-пестрянки (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke)) в зеленых насаждениях г. Минска в 2013 г. и 2023 г.

Показатели	U-критерий Манна–Уитни		Критерий интегральных различий Колмогорова–Смирнова	
	z	p	D	p
Заселенность, %	1,88	0,05	0,48	0,08
Плотность мин, экз./лист	2,29	0,02	0,55	0,03
Суммарная площадь мин на листе, см ²	1,83	0,06	0,48	0,1
Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %	0,27	0,79	0,15	0,99
Расчетные потери суммарной фотосинтезирующей поверхности, %	0,86	0,39	0,31	0,49

В целом в вегетационном сезоне 2023 г. площадь поврежденной минером листовой поверхности (суммарная площадь мин) достигала $\frac{1}{5} - \frac{1}{4}$ общей площади листовых пластинок. С учетом данных по заселенности листы расчетные потери общей фотосинтезирующей поверхности растений во многих местопроизрастаниях превышали 10–20 %. Таким образом, констатированные вспышки массового размножения фитофага приводят к изъятию существенной доли ассимилирующей поверхности, что не может не сказываться на физиологическом состоянии растений (значимо для декоративных посадок), сохранении эстетических свойств и санитарно-гигиенической ценности древесных насаждений.

Заключение. Выполненные в сезоне вегетации 2023 г. обследования тополей (*Populus L.*) в 147 местопроизрастаниях в декоративных посадках в Минске позволили сформировать массив данных по параметрам их повреждаемости нижнесторонней тополевой молью-пестрянкой (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke)). В 109 обследованных местопроизрастаниях заселенность минером составляла более 75 %, в 23 – от 25 до 75 %, в 12 – не превышала 25 %, в 3 местопроизрастаниях тополя были свободны от повреждений данным фитофагом, что позволяет отнести его к числу фоновых видов фитофагов в условиях зеленых насаждений города. Сопоставление с имеющимися в специальной литературе данными за 2013 г. показало, что нередко зарегистрированные в 2023 г. уровни заселенности их превышают. Например, для тополей группы Б в 91,3 % обследованных местопроизрастаний заселенность листовых пластинок личинками *Ph. populifoliella* составляла > 90 %, что более чем в два раза превысило показатели десятилетней давности.

Среднее число мин (плотность мин) на листовых пластинках тополя канадского (*Populus × canadensis* Moench), который отнесен к группе А, варьировало от $1,87 \pm 0,25$ до $17,12 \pm 2,12$ экз./лист. Относительная площадь поврежденной листовой поверхности при этом составляла от $9,89 \pm 0,94$ до $25,11 \pm 3,92$ %. С учетом данных по заселенности листовых пластинок расчетные оценки потерь растениями суммарной фотосинтезирующей поверхности составили от 7,9 до 22,6 %. Плотность мин на листовых пластинках тополя берлинского (*Populus × berolinensis* K. Koch), который отнесен к группе Б, для $\frac{3}{4}$ выборки превышала уровень 5 мин/лист. Столь высокие значения показателей заселенности листовых пластинок и плотности мин в условиях ряда местопроизрастаний позволяют рассматривать соответствующие насаждения как очаги вспышек массового размножения вредителя. Утрата растениями почти четверти суммарной площади фотосинтезирующей поверхности не может не сказаться на эффективности ассимиляции и общем физиологическом состоянии растений, произрастающих в не самых благоприятных условиях урбанизированной среды.

Для многих местопроизрастаний тополей значения показателей заселенности и поврежденности (относительной площади поврежденной листовой поверхности) в 2023 г. оказались выше, чем в 2013 г., однако статистически значимыми ($p < 0,05$) оказались лишь наблюдаемые различия значений показателя плотности мин в сезоны 2013 и 2023 гг. Полученные результаты подтверждают правильность отнесения нижнесторонней тополевой моли-пестрянки к числу основных вредителей тополей в декоративных зеленых насаждениях. Данное обстоятельство определяет целесообразность оценки вредоносности фитофага не только в декоративных посадках Минска, но и других населенных пунктов Беларуси.

Благодарности. Исследования выполнялись в рамках задания Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 годы (№ ГР НИР 20211658). Авторы признательны доценту кафедры ботаники Белорусского государственного университета кандидату биологических наук, доценту В. Н. Тихомирову за помощь в определении таксономической принадлежности тополей.

Список использованных источников

1. Федорук, А. Т. Интродуцированные деревья и кустарники западной части Белоруссии / А. Т. Федорук. – Минск: Изд-во БГУ им. В. И. Ленина, 1972. – 191 с.
2. Котелова, Н. В. Тополя и их использование в зеленых насаждениях / Н. В. Котелова, М. Л. Стельмахович. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 127 с.
3. Новикова, А. Л. Фиторемедиация почв. Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения / А. Л. Новикова, М. В. Чубик // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Югра, 27–28 нояб. 2014 г. – Томск, 2014. – С. 52–54.
4. Синчук, Н. В. Устойчивость различных видов тополей (*Populus* spp.) к заболеваниям и комплексу вредителей / Н. В. Синчук, В. П. Курченко // Экобиотех. – 2021. – Т. 4, № 3. – С. 210–220.
5. Барышникова, С. В. Семейство Gracillariidae / С. В. Барышникова; под ред. С. Ю. Синёва // Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России. – СПб.: Зоолог. ин-т РАН, 2019. – С. 36–43.
6. Ellis, W. N. *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) [Электронный ресурс] / W. N. Ellis. – Режим доступа: <https://bladmineerders.nl/parasites/animalia/arthropoda/insecta/lepidoptera/ditrysia/gracillarioidea/gracillariidae/lithocolletinae/phyllonorycter/phyllonorycter-populifoliella>. – Дата доступа: 15.11.2023.
7. Горленко, С. В. Вредители и болезни интродуцированных растений / С. В. Горленко, Н. А. Панько. – Минск: Наука и техника, 1967. – 143 с.
8. Чумаков, Л. С. Экологическая оценка поражения насаждений тополя тополевой минирующей молью (*Lithocolletis populifoliella*) в городе Минске / Л. С. Чумаков, О. В. Лозинская // Эколог. вестн. – 2015. – Т. 31, № 1. – С. 94–101.
9. Кириченко, Н. И. Методические подходы к исследованию насекомых, минирующих листья древесных растений / Н. И. Кириченко // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. – 2014. – № 207. – С. 235–246.
10. Количественная оценка поврежденности инвазивными минирующими насекомыми листовых пластинок декоративных древесных растений / О. В. Синчук [и др.]. – Минск: БГУ, 2016. – 30 с.
11. A Linnaeus NG interactive key to the Lithocolletinae of North-West Europe aimed at accelerating the accumulation of reliable biodiversity data (Lepidoptera, Gracillariidae) [Electronic resource] / C. Doorenweerd [et al.]. – Mode of access: https://lithocolletinae.linnaeus.naturalis.nl/linnaeus_ng/app/views/matrixkey/index.php?epi=9. – Date of access: 15.11.2023.
12. Nel, J. Atlas des Lépidoptères Gracillariidae Lithocolletinae de France / J. Nel, T. Varenne // Revue Association Roussillonaise d'Entomologie (R.A.R.E.). – 2014. – Vol. 23. – P. 1–144.
13. Горленко, С. В. Устойчивость древесных интродуцентов к биотическим факторам / С. В. Горленко, А. И. Блинов, Н. А. Панько. – Минск: Наука и техника, 1988. – 189 с.

Поступила 16.01.2024

ISSN 1810-9810(Print)
УДК 599:574.32

В. В. Шакун, И. А. Кришчук, А. И. Ларченко, П. А. Велигуров

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск, Беларусь,
e-mail: ikryshchuk@yandex.by

РЕДКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ НАРОВЛЯНСКОГО УЧАСТКА ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Аннотация. На основании натурных обследований территории Наровлянского участка Полесского радиационно-экологического заповедника в 2023 г. выявлено 50 новых мест обитания 10 видов диких млекопитающих, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, в числе которых кожанок северный (*Eptesicus nilssonii*), вечерница малая (*Nyctalus leisleri*), ночница Брандта (*Myotis brandtii*), ночница прудовая (*Myotis dasycneme*), полчок (*Glis glis*), соня орешниковая (*Muscardinus avellanarius*), барсук обыкновенный (*Meles meles*), медведь бурый (*Ursus arctos*), рысь (*Lynx lynx*), лошадь Пржевальского (*Equus przewalskii*). Полученные данные позволили дополнить сведения о современном состоянии популяций млекопитающих обследованной территории как одной из ключевых в области сохранения редких и исчезающих видов животных не только в Беларуси, но и в Европе.

Ключевые слова: Рукокрылые, Соневые, барсук обыкновенный, медведь бурый, рысь, лошадь Пржевальского

V. V. Shakun, I. A. Kryshchuk, A. I. Larchanka, P. A. Velihurav

Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Bioresources, Minsk, Belarus,
e-mail: ikryshchuk@yandex.by

RARE MAMMAL OF NAROVLYA SECTION OF THE POLESSKY STATE RADIATION-ECOLOGICAL RESERVE

Abstract. On the basis of field surveys on the territory of Narovlya section of the Polesky State Radiation-Ecological Reserve, 50 new habitats of 10 species of wild mammals included in the Red Data Book of the Republic of Belarus were registered in 2023, including the northern bat (*Eptesicus nilssonii*), the lesser noctule (*Nyctalus leisleri*), the Brandt's bat (*Myotis brandtii*), the pond bat (*Myotis dasycneme*), the European edible dormouse (*Glis glis*), the hazel dormouse (*Muscardinus avellanarius*), the European badger (*Meles meles*), the brown bear (*Ursus arctos*), the Eurasian lynx (*Lynx lynx*), the Przewalski's horse (*Equus przewalskii*). The obtained data allowed us to supplement the information about the current state of rare and endangered species populations of this territory, as one of the key in the field of conservation of such species not only in Belarus, but also in Europe.

Keywords: Chiropterans (Bats), dormice, Eurasian badger, brown bear, lynx, Przewalski's horse

В. В. Шакун, И. А. Крышчук, А. И. Ларчанка, П. А. Велигураў

Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па біярэсурсах, Мінск, Беларусь,
e-mail: ikryshchuk@yandex.by

РЭДКІЯ МЛЕКАКОРМЯЧЫЯ НАРАЎЛЯНСКАГА ўЧАСТКА ПАЛЕСКАГА РАДЫЯЦЫЙНА-ЭКАЛАГІЧНАГА ЗАПОВЕДНІКА

Анатацыя. На падставе натурных абследаванняў тэрыторыі Наравлянскага ўчастка Палескага радыяцыйна-экалагічнага заповедніка ў 2023 г. выяўлена 50 новых месцаў пражывання 10 відаў дзікіх млекакормячых, уключаных у Чырвоную кнігу Рэспублікі Беларусь – кажанок паўночны (*Eptesicus nilssonii*), вячэрніца малая (*Nyctalus leisleri*), начніца Брандта (*Myotis brandtii*), начніца сажалкавая (*Myotis dasycneme*), соня вялікая (*Glis glis*), соня арэшнікаявая (*Muscardinus avellanarius*), барсук звычайны (*Meles meles*), мядзведзь буры (*Ursus arctos*), рысь (*Lynx lynx*), конь Пржевальскага (*Equus przewalskii*). Атрыманая даная дазволілі дапоўніць звесткі аб сучасным стане папуляцыі млекакормячых абследаванай тэрыторыі як адной з ключавых у галіне захавання відаў, якія знаходзяцца пад пагрозай вымірання не толькі ў Беларусі, але і ў Еўропе.

Ключавыя словы: Кажаны, Соневыя, барсук звычайны, мядзведзь буры, рысь, конь Пржевальскага

Введение. Природные комплексы Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ) являются типичными для Белорусского Полесья. После катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции данная территория была выведена из хозяйственного оборота. В связи с прекращением сельскохозяйственной деятельности и снижением антропогенного пресса, в результате эвакуации населения в экосистемах заповедника значительными темпами начались природные восстановительные процессы, что привело к росту видового многообразия как типичных, так и имеющих высокий республиканский и международный охранный статус видов млекопитающих.

Наравне со строгим охранным режимом ПГРЭЗ немаловажную роль в поддержании высокого видового богатства растений и животных играет его большая площадь (216,4 тыс. га). В современной экологической обстановке заповедник выполняет бесценную роль резервата фауны Полесского

региона, тем самым выступая гарантией устойчивости экологической обстановки и на прилегающих территориях.

Согласно имеющимся данным териофауна ПГРЭЗ в настоящее время насчитывает 61 вид млекопитающих (74 % от числа видов, обитающих в Беларуси), среди которых 58 являются аборигенными (в том числе 2 вида реинтродуцированные – благородный олень и зубр) и 3 интродуцированными (енотовидная собака, американская норка и ондатра) [1]. В Красную книгу Республики Беларусь включено 11 видов млекопитающих, обитающих в ПГРЭЗ.

Несмотря на целенаправленные работы по изучению териофауны ПГРЭЗ (с середины 2000-х гг. представителей отрядов Хищные, Парнокопытные [2], с середины 2010-х гг. – отрядов Рукокрылые [3], Грызуны [4] и Непарнокопытные [5–7]), все еще остается много неизученных эколого-биологических аспектов млекопитающих данной территории. Мониторинговые исследования, направленные на выявление мест обитаний редких и исчезающих видов диких животных, изучение особенностей их экологии позволяют более эффективно решать вопросы их сохранения на территории ПГРЭЗ и в фауне Беларуси, что и определяет важность и актуальность настоящей работы.

Материалы и методика исследований. С целью изучения мест летних концентраций представителей отряда Рукокрылые, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, на 16 выбранных стационарных точках Наровлянского участка использовали автоматический записывающий ультразвуковой детектор Batlogger и автоматические записывающие устройства Batcorder 3.1 EcoObs. Места расположения точек представлены на рис. 1 (отмечены черными кружками).

Записывающие устройства устанавливались на 1–3 ночи в каждой точке, активировались с наступлением вечерних сумерек и заканчивали запись на рассвете для охвата периодов наибольшей активности различных видов рукокрылых. Анализ сонограмм проводился с помощью специальных программ для обработки звуковых сигналов BatSound и BatExplorer.

Для подтверждения корректности видовой идентификации представителей данного отряда проводился отлов животных с помощью паутинных нейлоновых сетей в местах их концентрации во время охоты вблизи водоемов в двух выбранных локациях – окрестности бывших населенных пунктов (б. н. п.) Дерновичи и Рожава (рис. 1, отмечены серыми кружками).

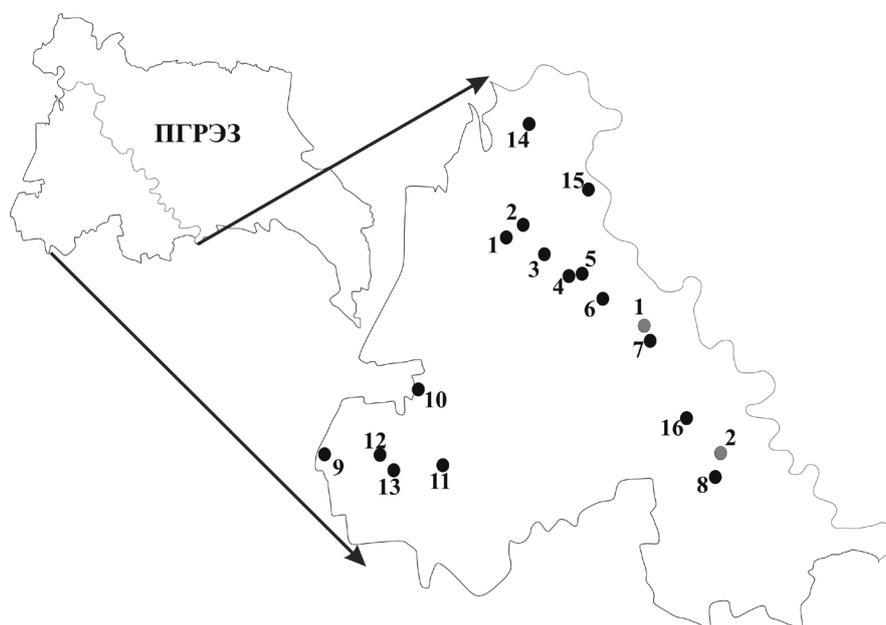


Рис. 1. Расположение записывающих ультразвуковых устройств на территории Наровлянского участка ПГРЭЗ:
 ● – места расположения автоматических записывающих устройств: 1 – р. Словечна, старица; 2 – р. Словечна;
 3 – б. н. п. Вяжище; 4 – окрестности б. н. п. Вяжище; 5 – окрестности б. н. п. Вяжище; 6 – окрестности б. н. п. Дерновичи; 7 – б. н. п. Дерновичи; 8 – окрестности б. н. п. Рожава; 9 – окрестности д. Киров; 10 – окрестности б. н. п. Чапаевка; 11 – окрестности б. н. п. Углы; 12 – окрестности б. н. п. Лисава; 13 – окрестности б. н. п. Лисава;
 14 – окрестности д. Карповичи; 15 – окрестности д. Горки; 16 – окрестности б. н. п. Велпры;
 ● – места установки паутинных нейлоновых сетей: 1 – окрестности б. н. п. Дерновичи; 2 – окрестности б. н. п. Рожава

Выявление мест регистрации редких видов отряда Грызуны (семейство Соневые) проводили путем осмотра предполагаемых мест обитания на предмет следов их жизнедеятельности.

Выявление мест обитания барсука обыкновенного (*Meles meles*) (отряд Хищные) проводили общепринятым методом «учет по норам». Для отслеживания и установления ключевых мест обитания бурого медведя (*Ursus arctos*), рыси (*Lynx lynx*) и лошади Пржевальского (*Equus przewalskii*) на территории Наровлянского участка ПГРЭЗ сбор фотоматериала проводили при помощи стационарных фотоловушек и его последующим анализом. Места расположения фотоловушек приведены на рис. 2.

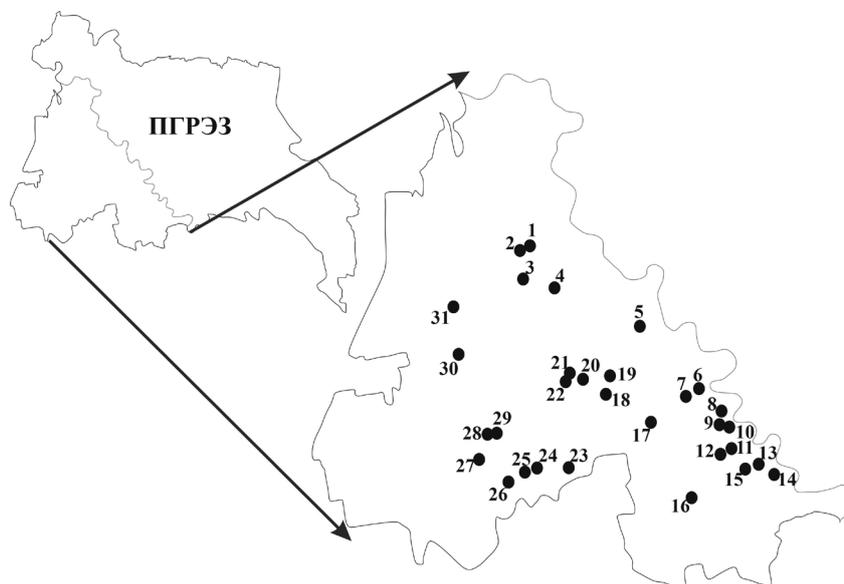


Рис. 2. Места расположения фотоловушек на территории Наровлянского участка ПГРЭЗ:

- 1–2 – б. н. п. Вяжище; 3 – противопожарный разрыв; 4 – насаждение робинии лжеакации около дороги; 5 – б. н. п. Дерновичи; 6–7 – б. н. п. Вепры; 8–10 – б. н. п. Надточаевка; 11–12 – б. н. п. Рожавка; 13–15 – б. н. п. Довляды; 16 – переход через канал по дороге к б. н. п. Хатки; 17 – б. н. п. Осиповка; 18–19 – б. н. п. Березовка; 20–22 – б. н. п. Новый Майдан; 23 – б. н. п. Дуброва; 24–26 – б. н. п. Тихин; 27–29 – б. н. п. Углы; 30 – б. н. п. Михайловка; 31 – б. н. п. Чапаевка

Результаты и их обсуждение. В 2023 г. акустические учеты представителей отряда Рукокрылые на территории пяти лесничеств (Вербовичское, Припятское, Дерновичское, Хильчанское и Партизанское) Наровлянского участка ПГРЭЗ позволили получить более 4 000 записей сигналов рукокрылых. По результатам их анализа идентифицировано 12 видов летучих мышей. Видовой состав рукокрылых в разрезе лесничеств Наровлянского участка ПГРЭЗ представлен в таблице.

Видовой состав рукокрылых Наровлянского участка ПГРЭЗ по результатам акустических учетов 2023 г.

Вид	Лесничество				
	Вербовичское	Припятское	Дерновичское	Хильчанское	Партизанское
Кожан поздний	+	+	+	–	–
Кожан двухцветный	+	+	+	+	–
Кожанок северный	+	–	+	–	–
Вечерница малая	+	+	+	+	–
Вечерница рыжая	+	+	+	+	+
Нетопырь лесной	+	+	+	+	+
Нетопырь-пигмей	+	+	+	+	+
Нетопырь-карлик	+	+	+	–	+
Ночница Брандта	+	+	–	–	–
Ночница прудовая	+	+	+	–	+
Ночница водяная	+	+	+	–	–
Ушан бурый	–	+	+	–	–

Примечание: шрифтом выделены виды рукокрылых, включенные в Красную книгу Республики Беларусь.

С помощью паутинных нейлоновых сетей выявлены два места летней концентрации рукокрылых (см. рис. 1, отмечены серыми кружками), где обнаружены два вида, включенные в Красную книгу – вечерница малая и ночница прудовая.

Согласно имеющимся сведениям по учету сотрудниками ПГРЭЗ в 2021 г. при помощи биоакустических рекордеров [1] и нашим учетным данным 2023 г., на территории Наровлянского участка заповедника установлено обитание 14 видов рукокрылых: вечерница рыжая (*Nyctalus noctula*), вечерница малая (*Nyctalus leisleri*), вечерница гигантская (*Nyctalus lasiopterus*), кожан поздний (*Eptesicus serotinus*), кожан двухцветный (*Vespertilio murinus*), кожанок северный (*Eptesicus nilssonii*), нетопырь лесной (*Pipistrellus nathusii*), нетопырь малый (*Pipistrellus pygmaeus*), нетопырь-карлик (*Pipistrellus pipistrellus*), ушан бурый (*Plecotus auritus*), ночница водяная (*Myotis daubentonii*), ночница прудовая (*Myotis dasycneme*), ночница Брандта (*Myotis brandtii*) и широкоушка европейская (*Barbastella barbastellus*). Необходимо отметить, что северный кожанок – вид, включенный в Красную книгу Республики Беларусь, на территории заповедника в 2023 г. зарегистрирован впервые.

Представители Соневых (Gliridae) на территории ПГРЭЗ (два редких вида – полчок (*Glis glis*) и соня орешниковая (*Muscardinus avellanarius*)) наиболее детально изучены и широко представлены на Хойникско-Брагинском участке. Самая редкая из четырех зарегистрированных в Беларуси – соня садовая (*Eliomys quercinus*) отлавливалась лишь в 1925 г. на территориях, позднее включенных в состав заповедника [8], а данные о других находках отсутствуют. Соневые ведут скрытый ночной образ жизни, что вызывает затруднения в регистрации видов данного семейства.

В ходе визуального осмотра заброшенных построек на территории Наровлянского участка ПГРЭЗ выявлено два места обитания *G. glis*, а в бывшем стационаре из искусственных гнездовых отмечены следы пребывания *M. avellanarius*.

Несмотря на то что плановые мероприятия по изучению *M. meles* в заповеднике проводились ранее [9], имеющиеся сведения по распространению и встречаемости вида на Наровлянском участке ПГРЭЗ фрагментарны.

Данные, собранные в 2023 г. попутно или в период проведения специальных кратковременных маршрутных учетов, вместе с полученными посредством фотоловушек, позволили получить материал о поселениях барсука, как выявленных ранее, так и новых, активно используемых в настоящее время. Все выявленные места поселений *M. meles* характеризуются наличием разнообразных троп, используемых для кормления, посещения уборных, водопоя и нор. Отличительной особенностью экологии барсука на территории Наровлянского участка ПГРЭЗ является выбор мест обитания. Для строительства нор он использует бывшие жилые дома и хозяйственные постройки, заброшенные силосные ямы и бурты. В 2023 г. на территории Наровлянского участка ПГРЭЗ выявлено 9 мест обитания *M. meles*.

В ходе проведения полевых работ с использованием стационарных фотоловушек в 2023 г. в б. н. п. Новый Майдан впервые за последние шесть лет в ПГРЭЗ отмечен медведь бурый (*Ursus arctos*). Статус зарегистрированной особи будет установлен последующими исследованиями.

Безусловно, основным методом изучения распространения рыси (*Lynx lynx*) является зимний маршрутный учет. Однако особенности экологии вида позволяют лишь приблизительно определить ее численность на территориях с высокой плотностью популяции. Представления о реальной численности рыси в дополнение к данным зимнего маршрутного учета строятся на опросных сведениях, а в современных условиях при картировании участков обитания важную роль играют фотоловушки. Таким образом был получен материал о 10 регистрациях рыси, что позволяет определить участки ее обитания на территории Наровлянского участка ПГРЭЗ.

Особого внимания заслуживает факт обитания представителя степной фауны млекопитающих – лошади Пржевальского (*Equus przewalskii*), поэтому важным является изучение адаптационных возможностей данного вида в условиях ПГРЭЗ и Беларуси в целом. Лошадь Пржевальского расселилась с территории украинской зоны отчуждения, куда была завезена в 1998–1999 гг. из биосферного заповедника «Аскания-Нова» с целью создания вольной популяции диких лошадей. В ПГРЭЗ данный вид впервые был зарегистрирован в 2007 г. и в настоящее время его популяция достаточно стабильна [1].

Анализ снимков, полученных при помощи фотоловушек, позволил определить основные места концентрации лошади Пржевальского на территории Наровлянского участка ПГРЭЗ: бывшие постройки сельскохозяйственного назначения (фермы, свинокомплексы, коровники и конюшни), примыкающие к значимым кормовым станциям, в основном злаковым лугам, и торным тропам, часто расположенным по противопожарным разрывам и используемым лошадьми при обходе своего участка обитания. В ходе учетов в 2023 г. на исследуемой территории выявлено 13 постоянных мест концентрации и установлено обитание не менее 51 особи лошади Пржевальского (без учета одиночных особей и нескольких малых групп по 2–3 особи), что указывает на достаточно благополучное состояние локальной популяции вида в ПГРЭЗ.

Собранные данные позволили охарактеризовать распределение видов диких млекопитающих, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, на территории Наровлянского участка ПГРЭЗ (рис. 3).

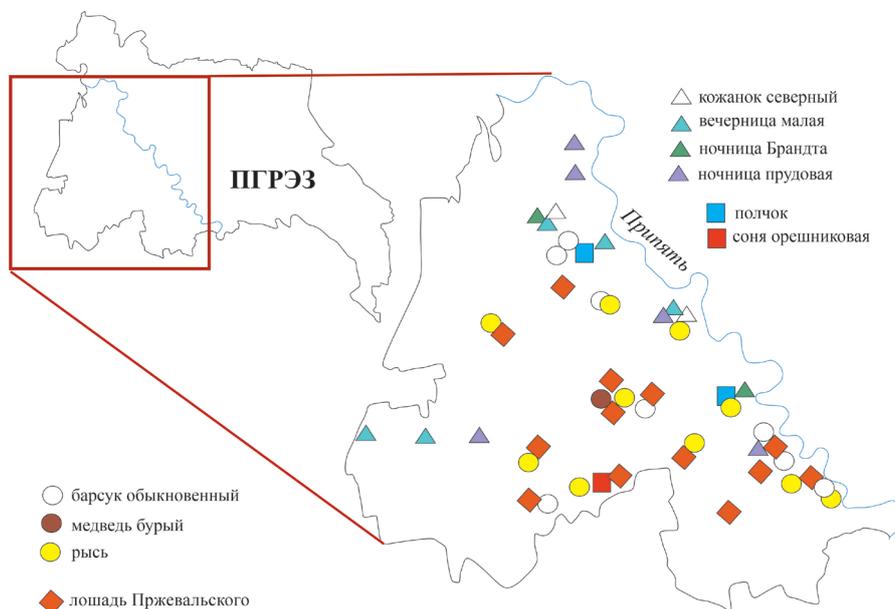


Рис. 3. Выявленные места обитания видов диких млекопитающих, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, на территории Наровлянского участка ПГРЭЗ в 2023 г.

Таким образом, фактически все зарегистрированные представители исследуемых редких и исчезающих млекопитающих (Рукокрылые, барсук обыкновенный, рысь и лошадь Пржевальского) относительно равномерно встречаются по Наровлянскому участку ПГРЭЗ. Особенности распространения соня, а также статус особи медведя бурого будут уточнены в ходе дальнейших мониторинговых исследований как на территории Наровлянского, так и других участков ПГРЭЗ.

Заключение. Работы по инвентаризации известных и выявлению новых мест обитания диких млекопитающих, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, на территории Наровлянского участка ПГРЭЗ позволили дополнить имеющиеся сведения еще 50 местами регистраций 10 охраняемых видов, в числе которых: кожанок северный (*Eptesicus nilssonii*) – 2 места обитания, вечерница малая (*Nyctalus leisleri*) – 5, ночница Брандта (*Myotis brandtii*) – 2, ночница прудовая (*Myotis dasycneme*) – 5, полчок (*Glis glis*) – 2, соня орешниковая (*Muscardinus avellanarius*) – 1, барсук обыкновенный (*Meles meles*) – 9, медведь бурый (*Ursus arctos*) – 1, рысь (*Lynx lynx*) – 10, лошадь Пржевальского (*Equus przewalskii*) – 13. Дальнейшие подобные исследования по выявлению в ПГРЭЗ мест обитания диких млекопитающих, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, позволят дополнить данные о современном состоянии популяций редких и исчезающих видов фауны не только в данной ключевой в области сохранения биоразнообразия территории, но и в Европе.

Благодарности. Работа выполнена в рамках мероприятия «Выявление и инвентаризация мест обитания диких млекопитающих, включенных в Красную книгу Республики Беларусь» Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 годы.

Авторы признательны сотрудникам ПГРЭЗ М. П. Стороженко, М. В. Кудину, Д. К. Гарбаруку за помощь в проведении полевых исследований на территории Наровлянского участка ПГРЭЗ, В. Ч. Домбровскому за помощь в анализе сонограмм рукокрылых.

Список использованных источников

1. Биологическое разнообразие животного мира Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / М. Е. Никифоров [и др.]; под ред. акад. М. Е. Никифорова; Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ по биоресурсам, Полес. гос. радиац.-экол. заповедник. – Минск: Беларуская навука, 2022. – 407 с.
2. Дерябина, Т. Г. Распространение и численность включенных в Красную книгу Республики Беларусь крупных млекопитающих (зубр, медведь, рысь, барсук) на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / Т. Г. Дерябина // Фаунистические исследования в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике: сб. науч. тр. / под ред. Г. В. Анципова. – Гомель: РНИУП «Ин-т радиологии», 2008. – С. 19–37.

3. Домбровский, В. Ч. Результаты учетов рукокрылых (Chiroptera) в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике в 2016–2017 гг. / В.Ч. Домбровский // Актуальные проблемы зоологической науки в Беларуси: материалы XI Зоол. Междунар. науч.-практ. конф., приуроченной к десятилетию основания ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» (г. Минск, 1–3 нояб. 2017 г.): в 2 т. / редкол.: О. И. Бородин (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 1. – С. 105–112.
4. Кучмель, С. В. Орешниковая соя (*Muscardinus avellanarius* L., 1758) и соя-полчок (*Myoxus glis* L., 1766) на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / С. В. Кучмель // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: зб. навук. пр. – Брэст: Альтэрнатыва, 2014. – Вып. 7. – С. 249–251.
5. Дерябина, Т. Г. Лошадь Пржевальского (*Equus ferus przewalskii* Polj., 1881) в условиях белорусской зоны отчуждения Чернобыльской АЭС / Т. Г. Дерябина // Вісті Біясфернага заповідніка «Асканія-Нова». – 2015. – Т. 17. – С. 54–59.
6. Дерябина, Т. Г. Лошадь Пржевальского в Беларуси / Т. Г. Дерябина // Лес. и охотничье хоз-во. – 2016. – № 2. – С. 43–47.
7. Козорез, А. И. Особенности освоения биотопов лошадей Пржевальского в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике / А. И. Козорез, В. В. Шакун, М. В. Кудин // Проблемы и перспективы развития территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, на современном этапе: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Хойники, 26–27 июля 2018 г.) / под общ. ред. М. В. Кудина; Полес. гос. радиац.-экол. заповедник. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – С. 35–39.
8. Сержанин, И. Н. Млекопитающие Белоруссии / И. Н. Сержанин. – Минск, 1961. – 321 с.
9. Дерябина, Т. Г. Поселения европейского барсука (*Meles meles* L.) / Т. Г. Дерябина // Экосистемы и радиация: аспекты существования и развития. – Минск: Ин-т радиологии, 2013. – С. 309–332.

Поступила 22.01.2024

ISSN 1810-9810(Print)
УДК 595.794:574.472(476)

А. А. Шейко

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: sheiko7091@gmail.com

ГИЛЬДИИ ЖАЛОНОСНЫХ ПЕРЕПОНЧАТОКРЫЛЫХ (HYMENOPTERA: ACULEATA) – ПОСЕТИТЕЛЕЙ СОЦВЕТИЙ ВАСИЛЬКОВ ЛУГОВОГО (*CENTAUREA JACEA* L.) И ШЕРОХОВАТОГО (*CENTAUREA SCABIOSA* L.)

Аннотация. Выполненные в 2019–2023 гг. в разнотипных биотопах на территории Национального парка «Нарочанский» исследования антофильных насекомых позволили выявить для гильдий посетителей соцветий васильков лугового (*Centaurea jacea* L.) и шероховатого (*Centaurea scabiosa* L.) 27 и 45 видов жалоносных перепончатокрылых (Hymenoptera: Aculeata), в их числе Sphecoidea и Apoidea s. str. (Anthophila). Таксономическая структура гильдий различна, общими являются 22 вида, большинство из них принадлежат к семейству Apidae и роду *Bombus* L. К числу многочисленных посетителей соцветий василька шероховатого принадлежит шмель *Bombus terrestris* (L.), тогда как обычными видами являются шмели *Bombus humilis* Ill., *Bombus lapidarius* (L.), *Bombus lucorum* (L.), *Bombus pascuorum* (Scop.), *Bombus ruderarius* (Müller), *Bombus sylvarum* (L.), шмель-кукушка *Bombus (Psithyrus) bohemicus* Seidl, галикт *Halictus sexcinctus* (F.) и антофорида *Anthophora bimaculata* (Panz.). Обычными видами посетителей соцветий василька лугового являются шмели *B. humilis*, *B. lapidarius*, *B. lucorum* и *B. terrestris*. В структуре обеих гильдий отсутствуют доминантные виды, в структуре гильдии посетителей соцветий василька лугового – многочисленные виды.

Ключевые слова: антофильные насекомые, Белорусское Поозерье, опылители, пчелиные, сфекоидные осы

A. A. Sheiko

Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: sheiko7091@gmail.com

GUILDS OF ACULEATA (HYMENOPTERA) VISITING BROWN KNAPWEED (*CENTAUREA JACEA* L.) AND GREATER KNAPWEED (*CENTAUREA SCABIOSA* L.)

Abstract. During field seasons of 2019–2023 in Narochanski national park 27 species of Aculeata (Insecta: Hymenoptera) had been registered as visitors of inflorescences of brown knapweed (*Centaurea jacea* L.) and 45 species of these insects as visitors of inflorescences of greater knapweed (*Centaurea scabiosa* L.). The taxonomic structure of the visitor guilds is different, 22 species are present in the both ones, majority of species are belonging to the family Apidae and the genus *Bombus* L. Among the numerous species of inflorescences visitors on greater knapweed is the bumblebee *Bombus terrestris* (L.), while common species are the bumblebees *Bombus humilis* Ill., *Bombus lapidarius* (L.), *Bombus lucorum* (L.), *Bombus pascuorum* (Scop.), *Bombus ruderarius* (Müller), *Bombus sylvarum* (L.), cuckoo bumblebee *Bombus (Psithyrus) bohemicus* Seidl, halictid bee *Halictus sexcinctus* (F.) and anthophorid bee *Anthophora bimaculata* (Panz.). Such bumblebees as *B. humilis*, *B. lapidarius*, *B. lucorum* and *B. terrestris* are common species of visitors of brown knapweed inflorescences. There are no dominant species in the structure of the both guilds, and numerous species in the guild of visitors of brown knapweed inflorescences.

Keywords: anthophilous insects, Belarusian Lakeland, pollinators, bee, Sphecoidea

Г. А. Шэйко

Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь, e-mail: sheiko7091@gmail.com

ГИЛЬДЫ ЖАЛОНОСНЫХ ПЕРЕПОНЧАТОКРЫЛЫХ (HYMENOPTERA: ACULEATA) – НАВЕДВАЛЬНИКАЎ СУКВЕЦЦЯЎ ВАСИЛЬКОЎ ЛУГАВОГА (*CENTAUREA JACEA* L.) І ШУРПАТАГА (*CENTAUREA SCABIOSA* L.)

Анотацыя. Выкананыя ў 2019–2023 гг. у розных біятопах на тэрыторыі Нацыянальнага парку «Нарачанскі» даследаванні антафільных насякомых дазволілі выявіць для гільдыі наведвальнікаў суквеццяў васількоў лугавага (*Centaurea jacea* L.) і шурпатага (*Centaurea scabiosa* L.) 27 і 45 відаў Sphecoidea і Apoidea s. str. (Anthophila). Таксанамічныя структуры гільдыі розныя, агульнымі з'яўляюцца 22 віды, большасць з сямейства Apidae і роду *Bombus* L. Шматлікімі наведвальнікамі суквеццяў васілька шурпатага з'яўляюцца чмель *Bombus terrestris* (L.), звычайнымі – чмялі *Bombus humilis* Ill., *Bombus lapidarius* (L.), *Bombus lucorum* (L.), *Bombus pascuorum* (Scop.), *Bombus ruderarius* (Müller), *Bombus sylvarum* (L.), чмель-зязюля *Bombus (Psithyrus) bohemicus* Seidl, галікт *Halictus sexcinctus* (F.) і антафарыда *Anthophora bimaculata* (Panz.). Звычайнымі відамі наведвальнікаў суквеццяў васілька лугавага з'яўляюцца чмялі *B. humilis*, *B. lapidarius*, *B. lucorum* і *B. terrestris*. У структуры абедзвюх гільдыі адсутнічаюць дамінантныя, у структуры гільдыі наведвальнікаў суквеццяў васілька лугавага – шматлікія віды.

Ключавыя словы: антафільныя насякомыя, Беларускае Паазер'е, палінатары, пчаліныя, сфекоідныя восы

Введение. Национальный парк «Нарочанский» является особо охраняемой природной территорией (ООПТ), призванной служить сохранению природных комплексов юго-запада Белорусского Поозерья в относительно малонарушенном состоянии. Его флора насчитывает более 1 440 видов

© Шейко А. А., 2024

высших сосудистых растений, в числе которых 114 редких и исчезающих, внесенных в Красную книгу [1]. Для нарочанского края характерны высоко мозаичные ландшафты с грядами, камами и озами, озерными котловинами, которые наряду с последствиями хозяйственной деятельности человека определяют высокую биотопическую гетерогенность территории. При том, что леса занимают 49 % общей площади национального парка [2], они перемежаются с участками открытых биотопов, а именно суходольных и переходного типа лугов на выведенных из оборота сельхозугодьях, вершинах гряд и высоких берегах озер, пойменных лугов – в поймах рек и ручьев, либо кустарников и прибрежной растительности, заболоченных участков, собственно болот и т. п. Наличие большого числа опушек и лесных полян, как и достаточно хорошо развитая сеть дорог, включая лесные и проселочные, также вносят свой вклад в формирование многочисленных участков луговой растительности, которые в последнее время все шире рассматриваются как убежища для многих видов травянистых растений, в том числе редких и исчезающих, а также их опылителей [3].

В Беларуси василек луговой (*Centaurea jacea* L.) часто встречается в травостое лугов, лесных полян, опушек, разреженных лесов, кустарников, обочин дорог и дорожных насыпей, тогда как василек шероховатый (*Centaurea scabiosa* L.) – на остепненных участках, суходолах, полянах и опушках, дорожных обочинах и откосах, в сухих сосновых и смешанных лесах [4].

Василек луговой (*C. jacea*) – травянистое многолетнее растение высотой 20–100 см, побеги прямостоячие, в верхней части ветвятся, заканчиваясь одиночными соцветиями-корзинками. Цветет с июня по сентябрь [4]. Соцветия образуют цветки двух типов: крупные краевые воронковидные и более мелкие срединные трубчатые. Краевые не имеют тычинок и пестиков, играя роль в формировании привлекательных для посещения энтомофильными насекомыми лилово-розовых соцветий; трубчатые продуцируют пыльцу и нектар. Василек луговой считается хорошим медоносом [5], используется в официальной и народной медицине [6].

Василек шероховатый, или скабиозовидный (*C. scabiosa*), – травянистое многолетнее растение высотой 40–100 см, побеги прямостоячие, в верхней части ветвятся, заканчиваясь одиночными соцветиями-корзинками, обычно их не более четырех на растении. Цветет с июля по октябрь [4]. Соцветия сходны по строению, окраска их пурпурная, красно-пурпурная, лилово-пурпурная, изредка розовая. Хороший медонос [5]. *C. scabiosa* типичен для растительности придорожных полос в Национальном парке «Нарочанский», в том числе и из-за высокой декоративности цветущих растений [3].

Состав посетителей соцветий василька шероховатого исследовался также в условиях Эстонии. По результатам сравнительного анализа состава антофильных насекомых, регистрируемых на цветках и соцветиях разной морфологии и окраски, он был отнесен к комплексу лесных энтомофильных растений с широким кругом опылителей [7]. В Британии василек шероховатый включен в список растений, произрастание которых на невозделываемых участках сельхозугодий, неудобьях, в придорожных полосах и иных биотопах значимо для сохранения природного биоразнообразия опылителей [8].

Как уже указывалось выше, красивоцветущие растения рассматриваются в качестве перспективных компонентов растительных сообществ придорожных полос, где осуществляется управление флористическим составом растительности с целью повышения эстетической ценности и сохранения биологического разнообразия, в том числе и антофильных насекомых – опылителей цветковых растений [3]. В этом плане установление структуры гильдий жалоносных перепончатокрылых (Hymenoptera: Aculeata) – посетителей соцветий васильков лугового и шероховатого в условиях Национального парка «Нарочанский» имеет не только научно-теоретическое значение в контексте изучения структуры и динамики биологического разнообразия ООПТ и региона, но также важно с природоохранной точки зрения. Данные обстоятельства и определили актуальность выполнения исследования.

Материалы и методы. Материалом для данной работы послужили осуществленные в 2019–2023 гг. сборы жалоносных перепончатокрылых (Insecta: Hymenoptera: Aculeata), посещавших соцветия васильков лугового и шероховатого. Насекомых собирали с соцветий вручную в дни с пригодными для их фуражирования погодными условиями с 10 до 18 ч, то есть в период активности антофильных перепончатокрылых. Фиксацию и хранение осуществляли в 70%-м этаноле в полипропиленовых пробирках объемом 1,5 и 4,0 мл.

Сбор антофилов выполняли в биотопах по категориям:

- опушки мелколиственных и хвойных лесов, придорожные зоны вблизи их;
- участки луговой растительности, в том числе в деревнях и на придорожных полосах;
- судодольные луга, в том числе с участками лугов иных типов;
- разреженные кустарники, в том числе по высоким берегам рек;

заброшенные сельскохозяйственные земли, которые были выделены в соответствии с картами биотопов и наземной растительности Национального парка «Нарочанский», разработанной сотрудниками Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси [9].

Для географической привязки, аккумуляции и обработки геоинформационных данных были использованы мобильные приложения ArcGIS Collector и ArcGIS FieldMap пакета программных продуктов семейства ArcGIS, используемые научным отделом Государственного природоохранного учреждения «Национальный парк «Нарочанский». На основе данных, вносимых с мобильных приложений, средствами геопортала Portal for ArcGIS, была сгенерирована карта (рис. 1), на которой отмечены точки сбора энтомологического материала на территории данной ООПТ.

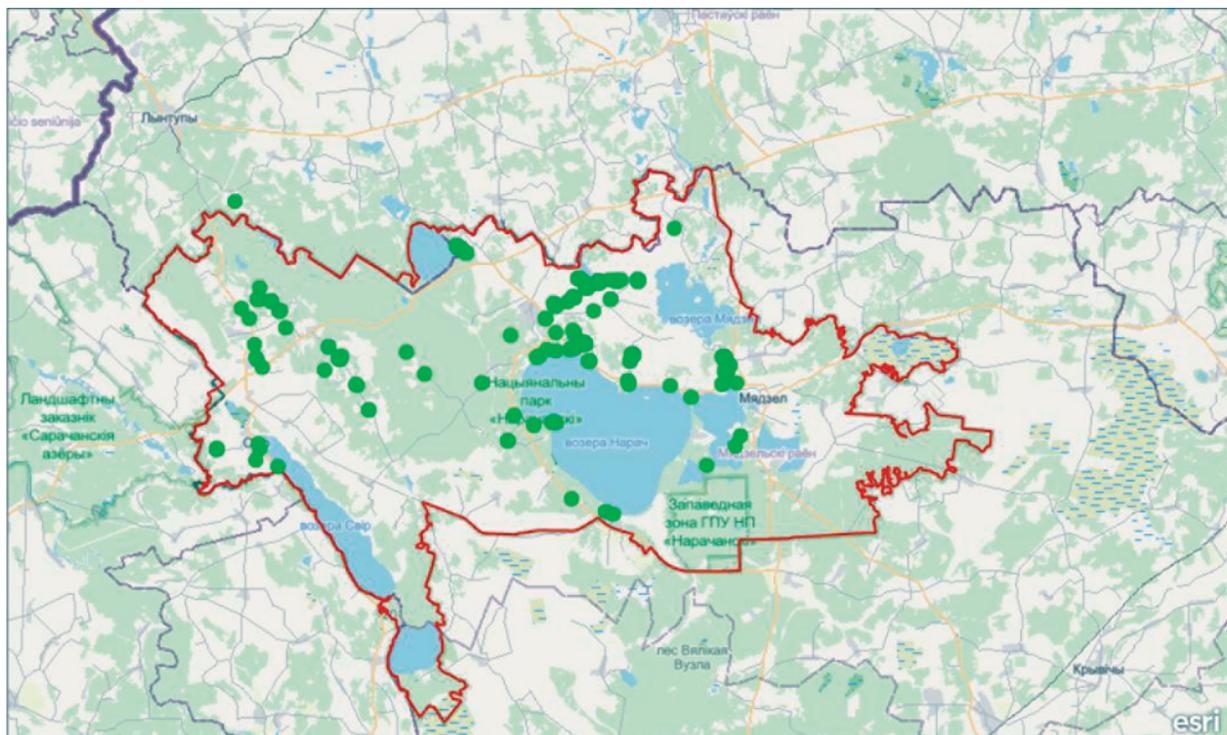


Рис. 1. Точки сбора антофильных жалящих перепончатокрылых насекомых (Insecta: Hymenoptera: Aculeata: Apoidea s. str., Sphecoidea) на территории Национального парка «Нарочанский»

Таксономическую принадлежность коллектированных пчелиных (Apoidea) и сфекоидных ос (Sphecoidea) устанавливали по соответствующим диагностическим ключам [10–19]. Для подтверждения достоверности видовой идентификации использовали справочную коллекцию антофильных насекомых, собранную кандидатом биологических наук В. И. Хвир, хранящуюся на кафедре зоологии Белорусского государственного университета).

Для расчета критериев различий и значений индексов биоразнообразия использован программный пакет статистического анализа PAST 4.15 [20]. Объем собранного и обработанного материала составляет 400 особей, в том числе 87 экземпляров консортов василька лугового и 313 экземпляров – василька шероховатого. Для оценки относительного обилия отдельных видов жалоносных перепончатокрылых были использованы показатель относительного обилия (доля особей в выборке (I_d , %)) и предложенная Ю. А. Песенко [21], ограниченная сверху пятибалльная логарифмическая шкала (В, баллы). Виды с обилием 5 баллов относили к группе доминантов, 4 баллов – многочисленных, 3 баллов – обычных, 2 баллов – малочисленных и 1 балла – единичных видов. Исследования выполнялись на кафедре зоологии Белорусского государственного университета в рамках задания Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 годы (Госрегистрация НИР № 20211658).

Результаты и их обсуждение. На цвететях василька лугового в разнотипных биотопах на территории Национального парка «Нарочанский» было зарегистрировано 27 видов жалоносных перепончатокрылых насекомых, на цвететях василька шероховатого – 45. Видовой состав рассматриваемых гильдий, а также число учтенных особей каждого вида и расчетные значения относительного обилия – доли особей в выборке (I_d , %) отражены в таблице.

Видовой состав и относительное обилие антофильных жалоносных перепончатокрылых – посетителей соцветий васильков (*Centaurea L.*) в условиях Национального парка «Нарочанский»

Вид	Посещаемые растения					
	Василек луговой			Василек шероховатый		
	п, экз.	I _д , %	В, балл	п, экз.	I _д , %	В, балл
<i>Podalonia affinis</i> (W.Kirby, 1798)	1	1,15	1	–	–	–
<i>Anthophora bimaculata</i> (Panzer, 1798)	–	–	–	15	4,79	3
<i>Bombus confusus</i> Schenck, 1861	–	–	–	3	0,96	1
<i>Bombus hortorum</i> (Linnaeus, 1761)	–	–	–	2	0,64	1
<i>Bombus humilis</i> Illiger, 1806	7	8,05	3	13	4,15	3
<i>Bombus hypnorum</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	10	3,19	2
<i>Bombus laesus</i> Morawitz, 1875	1	1,15	1	7	2,24	2
<i>Bombus lapidarius</i> (Linnaeus, 1758)	15	17,24	3	17	5,43	3
<i>Bombus lucorum</i> (Linnaeus, 1761)	10	11,49	3	21	6,71	3
<i>Bombus muscorum</i> (Linnaeus, 1758)	2	2,30	1	4	1,28	2
<i>Bombus pascuorum</i> (Scopoli, 1763)	8	9,20	3	16	5,11	3
<i>Bombus pomorum</i> (Panzer, 1805)	–	–	–	1	0,32	1
<i>Bombus pratorum</i> (Linnaeus, 1761)	–	–	–	2	0,64	1
<i>Bombus ruderarius</i> (Müller, 1776)	4	4,60	2	14	4,47	3
<i>Bombus ruderatus</i> (Fabricius, 1775)	1	1,15	1	1	0,32	1
<i>Bombus semenoviellus</i> Skorikov, 1910	1	1,15	1	–	–	–
<i>Bombus soroeeensis</i> (Fabricius, 1776)	1	1,15	1	3	0,96	1
<i>Bombus subterraneus</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	1	0,32	1
<i>Bombus sylvarum</i> (Linnaeus, 1761)	6	6,90	2	20	6,39	3
<i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758)	11	12,64	3	50	15,97	4
<i>Bombus veteranus</i> (Fabricius, 1793)	–	–	–	1	0,32	1
<i>Bombus (Psithyrus) barbutellus</i> (Kirby, 1802)	1	1,15	1	6	1,92	2
<i>Bombus (Psithyrus) bohemicus</i> Seidl, 1838	1	1,15	1	27	8,63	3
<i>Bombus (Psithyrus) campestris</i> (Panzer, 1801)	1	1,15	1	3	0,96	1
<i>Bombus (Psithyrus) rupestris</i> (Fabricius, 1793)	–	–	–	3	0,96	1
<i>Bombus (Psithyrus) vestalis</i> (Geoffroy, 1785)	1	1,15	1	1	0,32	1
<i>Tetraloniella dentata</i> (Germar, 1839)	–	–	–	5	1,60	2
<i>Nomada emarginata</i> Morawitz, 1877	–	–	–	5	1,60	2
<i>Nomada flavopicta</i> (Kirby, 1802)	–	–	–	1	0,32	1
<i>Andrena flavipes</i> Panzer, 1799	1	1,15	1	–	–	–
<i>Andrena fuscipes</i> (Kirby, 1802)	1	1,15	1	1	0,32	1
<i>Halictus maculatus</i> Smith, 1848	–	–	–	5	1,60	2
<i>Halictus quadricinctus</i> (Fabricius, 1776)	–	–	–	1	0,32	1
<i>Halictus sexcinctus</i> (Fabricius, 1775)	–	–	–	11	3,51	3
<i>Halictus simplex</i> Blüthgen, 1923 / <i>eurygnathus</i> Blüthgen, 1931	1	1,15	1	3	0,96	1
<i>Halictus tumulorum</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	2	0,64	1
<i>Lasioglossum albipes</i> (Fabricius, 1781)	2	2,30	1	–	–	–
<i>Lasioglossum fulvicorne</i> (Kirby, 1802)	1	1,15	1	1	0,32	1
<i>Lasioglossum majus</i> (Nylander, 1852)	1	1,15	1	1	0,32	1
<i>Anthidium septemspinatum</i> Lepeletier, 1841	3	3,45	1	3	0,96	1
<i>Coelioxys conoidea</i> (Illiger, 1806)	–	–	–	3	0,96	1
<i>Coelioxys elongata</i> Lepeletier, 1841	–	–	–	1	0,32	1
<i>Megachile centuncularis</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	1	0,32	1
<i>Megachile genalis</i> Morawitz, 1880	1	1,15	1	–	–	–
<i>Megachile lagopoda</i> (Linnaeus, 1761)	–	–	–	8	2,56	2
<i>Megachile ligniseca</i> (Kirby, 1802)	1	1,15	1	6	1,92	2
<i>Megachile maritima</i> (Kirby, 1802)	–	–	–	1	0,32	1
<i>Osmia leaiana</i> (Kirby, 1802)	–	–	–	8	2,56	2
<i>Dasygaster altercator</i> (Harris, 1780)	3	3,45	1	4	1,28	2
<i>Melitta tricineta</i> Kirby, 1802	–	–	–	1	0,32	1
Всего	87	100	–	313	100	–
Видовое богатство, S	27			45		

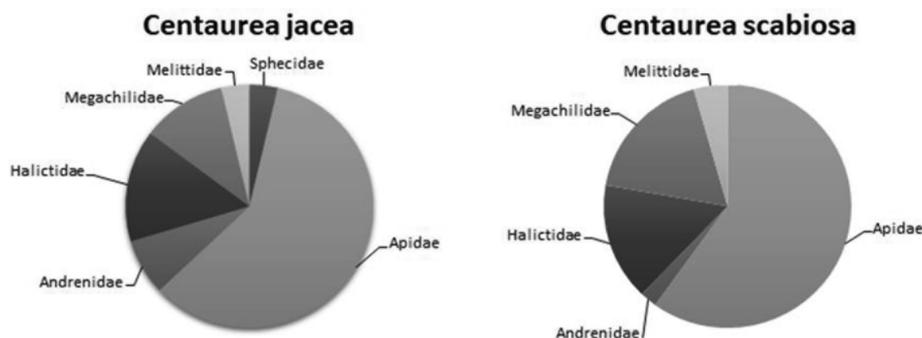


Рис. 2. Таксономическая структура гильдий жалоносных перепончатокрылых – посетителей соцветий васильков (*Centaurea* L.) в условиях Национального парка «Нарочанский»

Таксономическая структура данных гильдий приведена на рис. 2.

Таксономический состав рассматриваемых гильдий жалоносных перепончатокрылых, несмотря на близость экологии растений-консортообразователей и сходство морфологии и окраски соцветий, различен, но не кардинально: среди посетителей соцветий василька лугового выше видовое богатство Andrenidae, а василька шероховатого – Melittidae. Обращает на себя внимание отсутствие в составе данных гильдий представителей многих таксонов своеобразных перепончатокрылых, таких как, например, Vespoidea и Pompiloidea, – характерных посетителей соцветий инвазивных золотарников (*Solidago* spp.) в условиях Национального парка «Нарочанский» [22]. Из своеобразных во время исследований на соцветиях василька лугового была отмечена лишь сфекоидная оса *P. affinis*.

В составе изучаемых гильдий антофильных жалоносных перепончатокрылых отсутствовали доминирующие виды (5-й класс обилия). Единственный обнаруженный многочисленный вид в гильдии посетителей соцветий василька шероховатого – шмель *B. terrestris*, что согласуется с данными ряда публикаций [23] по сообществам посетителей других энтомофильных растений. Обычными видами гильдии посетителей соцветий василька лугового являлись шмели *B. humilis*, *B. lapidarius*, *B. lucorum*, *B. pascuorum* и *B. terrestris*. Обращает на себя внимание отсутствие среди них клептопаразитических шмелей-кукушек (*Psithyrus* spp.). Лишь два вида жалоносных перепончатокрылых, шмели *B. ruderarius* и *B. sylvarum*, были отнесены к категории малочисленных, остальные присутствующие в составе гильдии виды жалоносных перепончатокрылых были единичны.

Среди жалоносных перепончатокрылых – посетителей соцветий василька шероховатого обычными видами (3-й класс обилия) являлись шмели, *B. humilis*, *B. lapidarius*, *B. lucorum*, *B. pascuorum*, а шмель *Bombus ruderarius*, галикт *H. sexcinctus*, а также шмель-кукушка *B. (Ps.) bohemicus* – клептопаразит вышеуказанного *B. lucorum*. В литературных источниках имеются указания, что *B. lapidarius* обычен как в Поозерье, так и в Беларуси в целом [24, 25]. И наоборот, *B. humilis* отнесен к числу редких на севере Белорусского Поозерья [25], однако в условиях Национального парка «Нарочанский» этот вид имеет статус обычного также в составе гильдии посетителей соцветий золотарника обыкновенного (*Solidago virgaurea* L.) [22].

К числу малочисленных видов гильдии посетителей соцветий василька шероховатого принадлежит ряд галиктид, мегахилид и мелиттид, что сильно контрастирует с ситуацией для гильдии посетителей соцветий василька лугового. В целом видовое богатство рассматриваемых гильдий посетителей соцветий васильков различается кратно. Использование критерия различий Манна–Уитни (U-тест Манна–Уитни) применительно к данным по количеству особей отдельных видов в выборках, характеризующих исследуемые гильдии, подтвердило статистическую значимость ($p = 0,0001$) наблюдаемых различий.

Значения информационного индекса Шэннона–Уивера (H') для сообщества антофильных жалоносных перепончатокрылых – посетителей соцветий василька лугового были ниже, чем для сообщества антофильных жалоносных перепончатокрылых – посетителей соцветий василька шероховатого (2,938 и 3,286 соответственно), тогда как индексы доминирования Бергера–Паркера – выше (0,172 и 0,159 соответственно).

Визуализация уровней относительного обилия общих для рассматриваемых гильдий видов с использованием диаграммы типа торнадо (butterfly charts) позволяет иллюстрировать (рис. 3) различия в их структуре. В частности, среди мегахилид в гильдии посетителей соцветий василька лугового *A. septemspinusum* характеризовалась большим уровнем относительного обилия по сравнению с *M. ligniseca*, тогда как для гильдии посетителей соцветий василька шероховатого ситуация была противоположной.

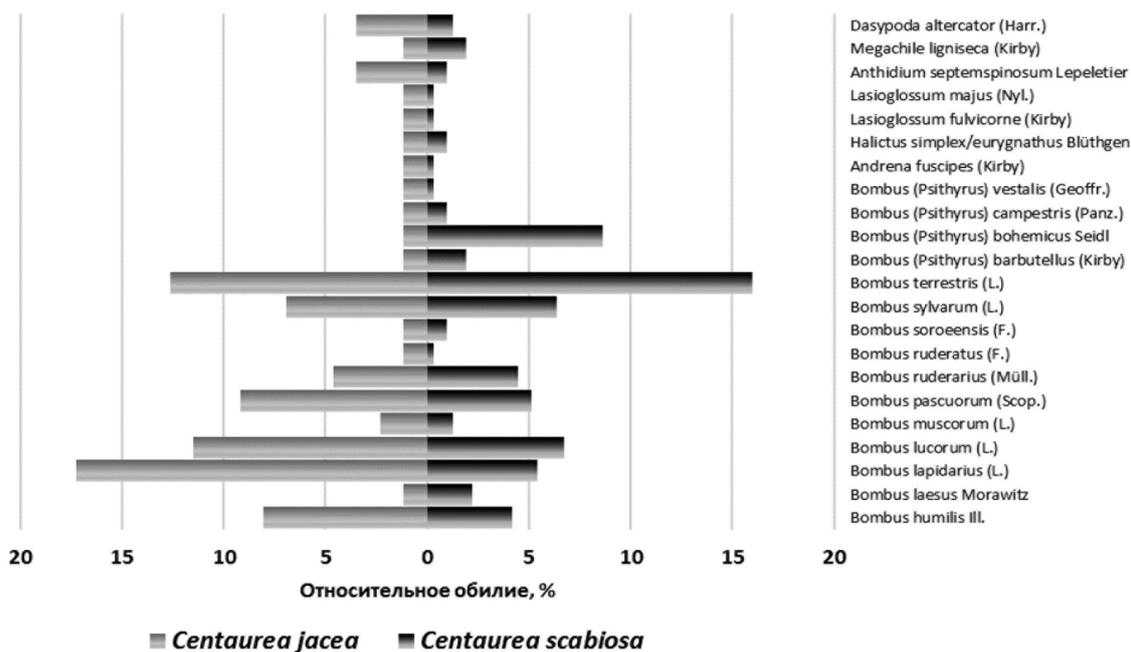


Рис. 3. Относительное обилие общих видов в составе гильдий посетителей соцветий васильков лугового (*Centaurea jacea* L.) и шероховатого (*Centaurea scabiosa* L.) в условиях Национального парка «Нарочанский»

Среди четырех общих для рассматриваемых гильдий видов клептопаразитических шмелей-кукушек выделялся *B. (Ps.) bohemicus*, относимый к 1-му классу обилия в структуре гильдии посетителей соцветий *C. cyanea* и 3-му – посетителей соцветий *C. scabiosa*. Уровни относительного обилия настоящих шмелей *B. ruderarius*, *B. soroensis*, *B. sylvarum* и *B. terrestris* были близки, тогда как уровни *B. humilis*, *B. lapidarius*, *B. lucorum*, *B. muscorum*, *B. pascuorum* были выше для выборки, характеризовавшей гильдию посетителей соцветий василька лугового. Максимальные значения показателя относительного обилия среди посетителей соцветий василька лугового имел шмель *B. lapidarius*, а василька шероховатого – шмель *B. terrestris*, что вполне согласуется с имеющимися представлениями об экологии этих антофильных перепончатокрылых.

Закключение. Выполненные в 2019–2023 гг. в разнотипных биотопах на территории Национального парка «Нарочанский» исследования антофильных насекомых позволили выявить для гильдии посетителей соцветий василька лугового (*Centaurea jacea* L.) 27 видов, а для гильдии василька шероховатого (*Centaurea scabiosa* L.) – 45 видов жалоносных перепончатокрылых (Hymenoptera: Aculeata). В их составе представители семейств Apidae, Andrenidae, Halictidae, Megachilidae и Melittidae (Apoidea s. str.). Единственный вид сфецид (Sphecoidea) – *Podalonia affinis* (W. Kirby, 1798) отмечен в числе посетителей соцветий василька лугового. Таксономические структуры гильдий были различны, общих видов – 22, большинство из них представляли семейство Apidae и род *Bombus* L. В структуре обеих гильдий отсутствовали доминантные виды, в структуре гильдии посетителей соцветий василька лугового – многочисленные виды. К числу многочисленных посетителей соцветий василька шероховатого принадлежал шмель *Bombus terrestris* (L.), тогда как обычными видами являлись шмели *Bombus humilis* Ill., *Bombus lapidarius* (L.), *Bombus lucorum* (L.), *Bombus pascuorum* (Scop.), *Bombus ruderarius* (Müller), *Bombus sylvarum* (L.), шмель-кукушка *Bombus (Psithyrus) bohemicus* Seidl, галикт *Halictus sexcinctus* (F.) и антофориды *Anthophora bimaculata* (Panz.). Обычными видами посетителей соцветий василька лугового являлись шмели *B. humilis*, *B. lapidarius*, *B. lucorum* и *B. terrestris*. В целом в структуре гильдий посетителей соцветий васильков лугового и шероховатого как по видовому богатству, так и относительному обилию доминировали длиннохоботковые пчелиные (Apidae + Megachilidae).

Список использованных источников

1. Базы геоданных биоразнообразия флоры Национального парка «Нарочанский» / В. С. Люштык [и др.] // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения акад. Н. В. Смольского (7–9 окт. 2015 г., Минск, Беларусь): в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол.: В. В. Титок [и др.]. – Минск: Конфидо, 2015. – Ч. 1. – С. 126–129.

2. Растительный и животный мир. Нарочь, 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://narochpark.by/o-nas/o-nas/rastitelnyy-i-zhivotnyy-mir>. – Дата доступа: 04.01.2024.
3. Передовой опыт внедрения новой для Беларуси стратегии управления придорожными растительными сообществами в Национальном парке «Нарочанский» / И. П. Вознячук, А. Б. Власова, И. М. Степанович, А. Т. Годнева, Р. М. Голушко // Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых природных территорий (ООПТ): конф. с междунар. участием, посвящ. 20-летию образования Нац. парка «Нарочанский»: сб. науч. ст. – Минск, 2019. – С. 121–128.
4. Джус, М. А. *Centaurea* L. – Василек / М. А. Джус // Определитель высших растений Беларуси. – Минск: Дизайн ПРО, 1999. – С. 308–310.
5. Иванов, Е. О. Медоносная ценность васильков / Е. О. Иванов, Е. П. Прибылова // Пчеловодство. – 2007. – № 5. – С. 22–23.
6. Лекарственные растения и их применение / под ред. И. Д. Юркевича и И. Д. Мишенина. – Минск: Наука и техника, 1975. – 592 с.
7. Длусский, Г. М. Структура коадаптивного комплекса лесных энтомофильных растений с широким кругом опылителей / Г. М. Длусский, Н. В. Лаврова, К. П. Глазунова // Журн. общ. биол. – 2002. – Т. 63, № 2. – С. 122–136.
8. Balfour, N. J. The disproportionate value of 'weeds' to pollinators and biodiversity / N. J. Balfour, F. L. Ratnieks // J. Appl. Ecol. – 2022. – Vol. 59. – P. 1209–1218.
9. Груммо, Д. Г. Растительность и биотопы Национального парка «Нарочанский» с картой наземной растительности (м. 1 : 60 000) и картой биотопов (м. 1 : 60 000) / Д. Г. Груммо. – Минск: Колорград, 2017. – 82 с.
10. Казенас, В. Л. Роящие осы Казахстана и Средней Азии (Hymenoptera, Sphecidae): определитель / В. Л. Казенас. – Алма-Ата: Наука, 1978. – 172 с.
11. Пономарева, А. А. Надсемейство Apoidea. Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. 3. Перепончатокрылые, часть 1. – М., Л.: Наука, 1978. – С. 279–519.
12. Фауна Украины: в 40 т. / редкол. В. О. Топачевского (гл. ред.) – Киев: Наукова думка, 1956–1984. – Т. 12: Пчелы-андрениды / А. З. Осычнюк. – Киев: Наукова думка, 1977. – Вып. 5. – 328 с.
13. Banaszak, J. Bees of the family Halictidae (Hymenoptera, Apoidea) of Poland: taxonomy, ecology, bionomics / J. Banaszak, V. G. Radchenko. – Bydgoszcz: University Press, 2000. – 348 p.
14. Banaszak, J. Megachilid Bees of Europe / J. Banaszak, L. Romasenko. – Bydgoszcz: University Press, 2001. – 239 p.
15. Bogusch, P. Review and identification of the cuckoo bees of central Europe (Hymenoptera: Halictidae: Sphecoides) / P. Bogusch, J. Straka // Zootaxa. – 2012. – Vol. 3311. – P. 1–41.
16. Gokcezade, J. Feldbestimmungsschlüssel für die Hummeln Deutschlands, Österreichs und der Schweiz / J. Gokcezade. – Leipzig: Quelle & Mayer, 2010. – 48 s.
17. Scheuchl, E. Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs. Band 3: Schlüssel der Arten der Familie Andrenidae / E. Scheuchl, Ch. Schmid-Egger. – Wiebelsheim: Eigenverlag, 1997. – 180 s.
18. Scheuchl, E. Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs. Band 1: Schlüssel der Arten der Familie Anthophoridae / E. Scheuchl. – Wiebelsheim: Eigenverlag, 2000. – 158 s.
19. Scheuchl, E. Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs. Band 2: Schlüssel der Arten der Familie Megachilidae und Melittidae / E. Scheuchl. – Wiebelsheim: Eigenverlag, 2006. – 192 s.
20. Paleontological Statistics. Version 4.15. Reference manual [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.nhm.uio.no/english/research/-infrastructure/past/downloads/past4manuma.pdf>. – Date of access: 5.01.2024.
21. Песенко, Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю. А. Песенко. – М.: Наука, 1982. – 288 с.
22. Шейко, А. А. Гильдии жалоносных перепончатокрылых (Hymenoptera: Aculeata) – посетителей соцветий золотарников (*Solidago* L.) в условиях открытых биотопов Национального парка «Нарочанский» / А. А. Шейко, Д. О. Коротева, С. В. Буга // Экология. – 2022. – № 3. – С. 12–25.
23. Long-term data shows increasing dominance of *Bombus terrestris* with climate warming / L. Herbertsson [et al.] // Basic and Applied Ecology. – 2021. – Vol. 53. – P. 116–123. DOI: 10.1016/j.baae.2021.03.008.
24. Прищепчик, О. В. Видовое разнообразие высших пчелиных (Apidae) ландшафтного заказника «Голубые озера» / О. В. Прищепчик // Охраняемые природные территории и объекты Белорусского Поозерья: современное состояние, перспективы развития: междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 25–27 нояб. 1997 г.: тез. докл. / редкол.: А. М. Дорофеев (отв. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ, 1997. – С. 115–117.
25. Лакотко, А. А. Шмели (Apidae, *Bombus*) Белорусского Поозерья / А. А. Лакотко // Биологическое разнообразие Белорусского Поозерья: монография / Л. М. Мержвинский [и др.]; под ред. Л. М. Мержвинского; М-во образования Респ. Беларусь, УО «ВГУ им. П. М. Машерова». – Витебск: ВГУ им. П. М. Машерова, 2011. – С. 197–209.

Поступила 02.02.2024

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ – УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА**NATURE MANAGEMENT – ADMINISTRATION AND ECONOMY****ПРЫРОДАКАРЫСТАННЕ – КІРАВАННЕ І ЭКАНОМІКА**

ISSN 1810-9810 (Print)

УДК 504.455.064 (476)

Н. С. Шевцова*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: shevtsova-ns@yandex.ru***ПРИРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕК В АДМИНИСТРАТИВНЫХ ОБЛАСТЯХ БЕЛАРУСИ:
СТРУКТУРА ПРОФИЛИРУЮЩИХ ВИДОВ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛИМИТИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ**

Аннотация. Представлены результаты оценки природного туристско-рекреационного потенциала рек в административных областях Беларуси, позволившие определить удельный вес пригодных участков рек для различных видов водной рекреации и туризма и установить лимитирующие их факторы в разрезе регионов страны. Выявлено, что во всех областях зафиксирована максимальная доля участков рек с пригодным природным потенциалом для любительского рыболовства (от 63,3 % в Брестской обл. до 95,8 % в Минской обл.), любительской охоты (от 69,84 % в Витебской обл. до 98,6 % в Минской обл.) и гребли на лодках (от 21,5 % в Могилевской обл. до 63,5 % в Витебской обл.), для катания на яхтах (32,1 % в Гомельской обл.), а минимальная – для подводного плавания (от 1,3 % в Минской обл. до 13,2 % в Гомельской обл.), катания на яхтах (3,2 % в Витебской обл.) и купания (от 4,1 % в Минской обл. до 17,0 % в Гомельской обл.). Установлено, что катание на водных лыжах возможно лишь на участках рек в Витебской (от 1,6 %) и в Гомельской (1,9 %) областях. Определено, что структура лимитирующих факторов представлена общими, особыми и индивидуальными, количество которых варьирует от 3 (для купания, подводного плавания и катания на водных лыжах) до 1–2 (для любительского рыболовства и любительской охоты).

Ключевые слова: комплексная оценка, природный потенциал рек, туристско-рекреационное использование, профилирующие виды, типы, лимитирующие факторы

N. S. Shevtsova*Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: shevtsova-ns@yandex.ru***NATURAL POTENTIAL OF THE RIVERS OF THE ADMINISTRATIVE REGIONS OF BELARUS:
THE STRUCTURE OF THE PROFILING TYPES OF TOURIST AND RECREATIONAL USE AND ITS LIMITING FACTORS**

Abstract. The results of the assessment of the natural tourist and recreational potential of rivers at the level of the administrative regions of Belarus are presented, which made it possible to determine the proportion of suitable river sections for various types of aquatic recreation and tourism and to establish their limiting factors in the context of the regions of the country. It was revealed that in all regions the maximum share of river sections with suitable natural potential is recorded for amateur fishing (from 63.3% in the Brest region to 95.8 % in Minsk), amateur hunting (from 69.84 % in Vitebsk to 98.6 % in Minsk) and boating (from 21.5 % in Mogilev to 63.5 % in Vitebsk) and for yachting (32.1 % in Gomel), the minimum is for yachting (3.2 % in Vitebsk), swimming (from 4.1 % in Minsk to 17.0 % in Gomel) and scuba diving (from 1.3 % in Minsk to 13.2 % in Gomel). It was found that water skiing is possible only on river sections in the Vitebsk (from 1.6 %) and Gomel (1.9 %) regions. It is determined that the structure of limiting factors is represented by general, special and individual factors, the number of which varies from 3 – for swimming, scuba diving and water skiing to 1–2 – for amateur fishing and amateur hunting.

Keywords: comprehensive assessment, natural potential of rivers, tourist and recreational use, profiling types, types, limiting factors

Н. С. Шаўцова*Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь, e-mail: shevtsova-ns@yandex.ru***ПРЫРОДНЫ ПАТЭНЦЫЯЛ РЭК У АДМІНІСТРАТЫЎНЫХ АБЛАСЦЯХ БЕЛАРУСІ: СТРУКТУРА ПРАФІЛЮЮЧЫХ
ВІДАЎ ТУРЫСЦКА-РЭКРЕАЦЫЙНАГА ВЫКАРЫСТАННЯ І ФАКТАРЫ, ЯКІЯ ЯЕ ЛІМІТУЮЦЬ**

Анотацыя. Прадстаўлены вынікі ацэнкі прыроднага турысцка-рэкрэацыйнага патэнцыялу рэк на ўзроўні абласцей Беларусі, якія дазволілі вызначыць удзельную вагу прыгодных участкаў рэк для розных відаў воднай рэкрэацыі і турызму і вызначыць фактары, якія іх лімітуюць, у разрэзе рэгіёнаў краіны. Выяўлена, што ва ўсіх абласцях максімальная доля ўчасткаў рэк з прыгодным прыродным патэнцыялам зафіксавана для аматарскага рыбалоўства (ад 63,3 % у Брэсцкай вобл. да 95,8 % у Мінскай вобл.), аматарскага палявання (ад 69,84 % у Віцебскай вобл. да 98,6 % у Мінскай вобл.) і веславання на лодках (ад 21,5 % у Магілёўскай вобл. да 63,5 % у Віцебскай вобл.), для катання на яхтах (32,1 % у Гомельскай вобл.), мінімальна – для катання на яхтах (3,2 % у Віцебскай вобл.), купання (ад 4,1 % у Мінскай вобл. да 17,0 % у Гомельскай вобл.) і падводнага плавання (ад 1,3 % у Мінскай вобл. да 13,2 % у Гомельскай вобл.). Устаноўлена,

© Шевцова Н. С., 2024

што катанне на водных лыжах магчыма толькі на ўчастках рэк у Віцебскай (ад 1,6 %) і ў Гомельскай (1,9 %) абл. Вызначана, што структура фактараў, якія яе лімітуюць, прадстаўлена агульнымі, асаблівымі і індывідуальнымі, колькасць якіх вар'іруе ад 3 – для купання, падводнага плавання і катання на водных лыжах да 1 – 2 – для аматарскага рыбалоўства і аматарскага палявання.

Ключавыя словы: комплексная ацэнка, прыродны патэнцыял рэк, турысцка-рэкрэацыйнае выкарыстанне, прафілюючыя віды, тыпы, фактары, якія лімітуюцца

Введение. В Республике Беларусь в 2014–2019 гг. зафиксирован устойчивый рост индустрии туризма для социально-экономического развития страны, что доказывает положительная динамика доли туризма в структуре валового внутреннего продукта (ВВП) страны, удельный вес валовой добавленной стоимости (ВДС) и занятых в сфере туризма. По данным официальной статистики, доля туризма в ВВП в 2016 г. по сравнению с 2014 г. выросла до 2,2 %, НДС – на 47,3 %, а количество занятых в секторе туризма в 2019 г. по сравнению с 2016 г. увеличилось на 5,6 % [1].

В то же время по целому ряду показателей, характеризующих развитие туризма в Беларуси на мировом уровне, республика существенно уступает странам-соседям. В частности, удельный вес республики в прямых доходах мирового туризма в 2016 г. составлял 0,04 %, а в общих доходах, включая косвенные эффекты, – всего 0,037 % (для сравнения, доля Польши составляет 0,369 и 0,382 % соответственно). По показателям интенсивности прибытия иностранных посетителей в расчете на 100 местных жителей, объема доходов от международного туризма в расчете на 1 жителя и 1 прибытие иностранного посетителя Республика Беларусь значительно уступает большинству стран Центрально-Восточной Европы [1].

Недостаточным уровнем развития оличается и внутренний туризм, так как согласно рекомендациям ЮНВТО для обеспечения национальных интересов соотношение между внутренним и выездным туризмом должно составлять 4 к 1. Фактически в Беларуси в 2019 г. число внутренних путешественников превышало число иностранных туристов только в 1,1 раза [1]. Это свидетельствует о том, что значительная часть природно-ресурсного потенциала для развития внутреннего туризма в целом и водного как его неотъемлемой части до настоящего времени не используется в полном объеме. Следует отметить, что водные ресурсы являются наиболее перспективной частью природно-рекреационного потенциала страны, так как на ее территории насчитывается более 20,8 тыс. рек, 10,8 тыс. озер, около 130 водохранилищ. Из 18 зон отдыха, имеющих весомый природный туристско-рекреационный потенциал, более 26 % приурочено к крупным озерным системам и около 50 % – к рекам [2]. Под природным потенциалом (ПП) рек как части водных ресурсов следует понимать комплекс природных условий и ресурсов акватории реки и ее прибрежной части, обладающих эколого-технической безопасностью, физиолого-климатической комфортностью и ландшафтно-эстетической привлекательностью. Наряду с ПП необходимым условием, обеспечивающим возможность развития водных видов рекреации и туризма на реках Беларуси, является наличие вдоль их объектов туристской инфраструктуры, представленной хорошо выраженной и достаточно разветвленной сетью учреждений длительного и кратковременного отдыха, которая сформировалась вдоль долин крупных рек еще в советский период. При этом на современном этапе общее число отдыхающих в этих местах составляет около 2,46 млн человек в год [3]. Однако в рекреационный сезон выражена проблема дисбаланса между приоритетностью запросов населения к конкретным видам водного туризма и возможностью их удовлетворения с учетом обеспечения условий безопасности, комфортности и привлекательности ПП рек. Такая ситуация во многом объясняется недостаточной изученностью ПП рек для водных видов рекреации и туризма и связанным с этим отсутствием данных по типизации и функциональному туристско-рекреационному зонированию рек на участки, выделяемые в соответствии с профилирующими видами – подтипами – типами их туристско-рекреационного использования (ТРИ).

Для решения этой проблемы еще в 2005 г. в рамках реализации Национальной программы по развитию туризма в Республике Беларусь были активизированы и приобрели системный характер работы, направленные на оценку ПП акваторий рек и определение профиля их ТРИ, с целью формирования научно-практического базиса региональной политики в области развития водного туризма на реках Беларуси¹.

Методология изучения природного потенциала рек для водных видов туристско-рекреационного использования. Для изучения ПП акватории рек страны и достижения практико-ориентированных результатов по выявлению их возможностей и ограничений для водных видов ТРИ разработана унифицированная методология комплексного исследования ПП рек в разрезе видов ТРИ, позволяющая одновременно решать задачи как теоретико-методического, так и практико-ориентированного

¹ См.: Национальная программа по развитию туризма в Республике Беларусь на 2006–2010 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь № 927 от 24 авг. 2005 г. // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2005. № 137, 5/16437.

характера. Отличительными особенностями ее теоретико-методологической части являются: 1) полимасштабность исследования ПП рек для ТРИ: участок реки (на локальном уровне), доля участков рек в области (на региональном), удельный вес участков рек в стране (на страновом); 2) организационные этапы изучения ПП для ТРИ (программно-исследовательский, теоретико-методологический, аналитический, синтетический, конструктивный); 3) методология комплексного исследования потенциала рек для ТРИ, представленная методикой его изучения, типологией профилирующих видов ТРИ ПП рек, их функциональным туристско-рекреационным зонированием на локальном уровне и районированием территории в разрезе административных областей и страны; 4) методика комплексной оценки ПП рек для ТРИ, базирующаяся на интеграции медико-биологического, технологического и психолого-эстетического видов оценки и системе дифференцированных целевых показателей в разрезе видов ТРИ; 5) типология профилирующих видов ТРИ потенциала рек, позволившая выявить их туристско-рекреационную специализацию на всех территориальных иерархических уровнях; 6) функциональное туристско-рекреационное зонирование рек и районирование территории в разрезе административных областей и страны, результаты которых создали основу для выявления географических особенностей размещения ПП рек для ТРИ. Использование данной методологии позволило получить новые научно-практические результаты по комплексной оценке потенциала рек для формирования научно обоснованных основ развития водных видов ТРИ на реках Беларуси.

Многогранность определения ПП рек для ТРИ привела к необходимости изучения реки как системного объекта с применением четырех самостоятельных подходов – комплексного, геосистемного, экологического, геопространственного и на основе комбинирования трех типов оценки – медико-биологической, технологической и эстетической.

Полученный синергетический эффект от применения четырех вышеуказанных подходов послужил базисом для разработки принципов: медико-биологически и технически безопасного, физиолого-климатически комфортного и ландшафтно-эстетически привлекательного использования ПП рек в разрезе видов ТРИ; объединения частных оценок при его изучении в общую; использования широкого спектра классических (нормативный, системный, индукции, дедукции, статистический, картографический, математический) и инновационных (паспортизация, типология, зонирование, районирование, ГИС технологий в среде программного продукта ESRI ArcGis) методов для разработки единой методологии исследования ПП рек.

Ключевым элементом унифицированной методологии исследования ПП рек для водных видов туристско-рекреационного использования является методика их комплексной оценки для ТРИ, применение которой позволяет определить пригодность ПП участков рек на уровне профилирующих видов ТРИ и лимитирующих их факторов. Отличительной особенностью методики является применение системы дифференцированных целевых показателей, разработанных в соответствии со структурой видов ТРИ и с учетом принципов их безопасной организации. Основой для формирования системы целевых показателей в разрезе видов ТРИ (контактные: купание, подводное плавание, катание на водных лыжах; бесконтактные: гребля на лодках, катание на яхтах; промысловые: любительская охота и любительское рыболовство) послужили системный, функциональный и экологический подходы, а также положения экологического нормирования, адаптированные к комплексной оценке ПП рек для видов ТРИ.

Все целевые показатели, характеризующие ПП рек для ТРИ, по внутреннему содержанию и функциональному назначению делятся на четыре группы:

общие (свойственные водной среде и прибрежной территории показатели качества, критерии которых регламентируют реализацию большинства видов ТРИ);

особые (отражают уровень загрязнения акватории или ее побережья);

индивидуальные (учитывают физические или иные свойства акватории, обеспечивающие безопасность проведения контактных и бесконтактных видов ТРИ);

специфические (регламентируют реализацию отдельных видов ТРИ (подводное плавание, любительская охота, любительское рыболовство)) [4].

Полная структура всех групп целевых показателей в разрезе видов ТРИ и критерии, их регламентирующие, представлена в табл. 1–3.

В итоге для комплексной оценки ПП рек была сформирована система целевых показателей в разрезе видов ТРИ. В их числе для купания выделены: 1) гидрологический (скорость течения, расход воды, колебания уровня и др.); 2) гидро-физико-химический (взвешенные вещества, прозрачность, pH, O₂, БПК₅ и др.); 3) климатический (продолжительность комфортного климатического периода); 4) радиологический (суммарная объемная активность радионуклидов); 5) токсикологический (Hg, Pb, Cd и др.); 6) микробиологический (ЛКП, общие колиформные бактерии и др.); 7) морфометрический (глубина, ширина, длина, продольный уклон и др.); 8) литологический (морфология дна). Для подвод-

Таблица 1. Структура и нормирование общих показателей, определяющих качество акватории туристско-рекреационного использования [4]

Структура общих показателей	Определяемые показатели	Норматив	Вид туристско-рекреационного использования
Гидрологические	Скорость течения	Для купания, подводного плавания, гребли на лодках – не выше 0,3 м/с. Для катания на водных лыжах, катания на яхтах – до 0,5 м/сек	Купание, подводное плавание, гребля на лодках, катание на водных лыжах
	Расход воды	Для купания, подводного плавания, гребли на лодках – до 100 м ³ /с Для катания на водных лыжах – до 50 м ³ /с Для катания на яхтах – до 30 м ³ /с Для гребли на лодках – не выше 5 м ³ /с	Купание, подводное плавание, гребля на лодках, катание на водных лыжах, катание на яхтах
	Колебания уровня	Для купания, подводного плавания, гребли на лодках – не более 0,2 м в течение рекреационного сезона. Для катания на водных лыжах – не выше 0,3 м в течение рекреационного сезона	Купание, подводное плавание, гребля на лодках, катание на водных лыжах
Гидрофизические	Взвешенные вещества	Содержание взвешенных веществ – не выше 30 мг/л. Содержание в воде взвешенных веществ природного происхождения (хлопья гидроксидов металлов, асбест, стекловолокно, капрон и др.) не допускается	Все виды ТРИ
	Прозрачность	Не менее 2,0 м по диску Секки	Все виды ТРИ
	Цветность	Не более 40 градусов	Все виды ТРИ
	Плавающие примеси, нефтепродукты	На поверхности не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей. Уровень содержания нефтепродуктов – не более 0,3 мг/л	Все виды ТРИ
	Интенсивность запаха	Вода не должна приобретать запахи интенсивностью более 2 баллов	Все виды ТРИ
Гидрохимические	Водородный показатель (рН)	6,5–8,5	Все виды ТРИ
	Минерализация воды	Не более 1 000 мг/л (хлоридов – 350 мг/л, сульфатов – 500 мг/л)	Все виды ТРИ
	Растворенный кислород	Не менее 4 мг/л в любой период года, в пробе, отобранной до 12 ч дня	
	Биохимическое потребление кислорода БПК5	Не выше 4 мг О ₂ /л	Все виды ТРИ
	Химическое потребление кислорода	Не менее 30 мг О ₂ /л	Все виды ТРИ
	Химические вещества	Не содержатся в воде водных объектов в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ	Все виды ТРИ
Климатические	Интегральная продолжительность комфортного климатического периода	Для купания, подводного плавания – не менее 51 дня. Для гребли на лодках – от 77 дней. Для катания на водных лыжах и яхтах – не менее 15 дней	Купание, подводное плавание, гребля на лодках, катание водных лыжах, катание на яхтах

Т а б л и ц а 2. Структура и нормирование особых показателей, регламентирующих качество вод туристско-рекреационного назначения [4]

Особые показатели	Определяемые показатели	Норматив	Вид туристско-рекреационного использования
Микробиологические	Возбудители заболеваний	Вода не должна содержать возбудителей заболеваний	Все виды ТРИ
	Число лактозо-положительных кишечных палочек	Не должны содержаться в 25 дм ³ воды	Все виды ТРИ
	КМАФА нМ (термотолерантные колиформные бактерии)	Не более 100 КОЕ/100 см ³	Все виды ТРИ
	Общие колиформные бактерии	Не более 500 КОЕ / 100 см ³	Все виды ТРИ
	БГКП (колиформы)	Не более 10 КОЕ /100 см ³	Все виды ТРИ
Радиологические	Суммарная объемная активность радионуклидов при совместном присутствии	$\sum (A_i / Y_{Vi}) \leq 1$, где A_i – удельная активность i-го радионуклида в воде; Y_{Vi} – соответствующий уровень для i-го радионуклида	Все виды ТРИ
Токсические вещества (тяжелые металлы)	Ртуть (Hg) (CAS 7439-97-6) Свинец (Pb) (CAS 7439-92-1) Мышьяк (As) (CAS 7440-38-2) Никель (Ni) (CAS 7440-02-0) Кадмий (Cd) (CAS 7440-43-9) Медь (Cu) (CAS 7440-50-8) Цинк (Zn) (CAS 7440-66-6) Хром (Cr-VI) Мышьяк	0,0002 мг/ 0,03 мг/л 0,005 мг/л 0,1мг/л 0,0005мг/л 1,0 мг/л 1,0 мг/л 0,05 мг/л 0,005 мг/л	Все виды ТРИ
Эстетического разнообразия ландшафтов побережья	Пляжи	Размер (от 15 м) и наличие естественных травяных, песчаных пляжей	Купание
	Эстетические особенности побережий	Частота сменяемости природно-антропогенных комплексов (ПАК): 1–2 ПАК/1км	Подводное плавание
		Частота сменяемости ПАК: 1–10 ПАК/1км	Катание на водных лыжах, катание яхтах
		Частота сменяемости ПАК: 1–4 ПАК/1км	Гребля на лодках, любительская охота, любительское рыболовство

Т а б л и ц а 3. Структура и нормирование специфических показателей, определяющих качество акватории туристско-рекреационного назначения [4]

Индивидуальные показатели	Определяемый показатель	Норматив	Вид туристско-рекреационного использования
Морфометрические	Ширина зоны мелководий с глубинами	Более 20 м с глубинами до 0,5–0,7 м (для детей) и до 1,4 (для взрослых)	Купание
		Глубина	Более 2 м
	Более 2 м		Катание на водных лыжах
	Более 2 м		Катание на яхтах
	0,8 м		Гребля на лодках
	Ширина	Более 200 м	Катание на водных лыжах
		Более 10 м	Гребля на лодках
		Более 50 м	Катание на яхтах
	Длина	Более 2 км	Катание на водных лыжах
		Более 2 км	Катание на яхтах
Более 0,5 км		Гребля на лодках	
Продольный уклон	0,02	Купание	
	0,02	Гребля на лодках	
Литологические	Характер дна	Песчаный, гравийный или галечный	Купание
		характер дна	Подводное плавание

ного плавания, любительского рыболовства и охоты кроме выше указанных дополнительно учитывалось видовое разнообразие флоры и фауны. Для катания на водных лыжах использовались показатели, идентичные выделенным для купания, исключая литологический. Для бесконтактных видов основой для изучения потенциала рек послужили: климатический, радиологический, микробиологический и морфометрический показатели, а для промысловых видов – радиологический, токсикологический и микробиологический наряду с показателями видового разнообразия фауны и флоры.

По каждому конкретному виду ТРИ конечный результат представлен в форме балльной оценки, итоговое значение которой формировались путем присвоения каждому фактическому показателю 1 балла при его соответствии нормативному значению или 0 – при его отсутствии. При несоответствии фактических данных гидрохимического и микробиологического качества вод, гидрологического режима, морфометрических параметров русла нормативам итог арифметического суммирования показателей превращался в нулевой. Данная процедура оценки автоматически определяет невозможность использования участка реки при несоответствии даже одного показателя нормативному, что предусмотрено ГОСТ 17.1.5.02-80 «Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов».

Итоговое значение комплексной оценки ПП участка реки для вида ТРИ определялось в автоматическом режиме по формуле:

$$Y = K (a_1 + a_2 + \dots + a_n),$$

где Y – конечный результат комплексной оценки ПП участка реки по виду ТРИ, a – значение фактического показателя, регламентирующего вид ТРИ, выраженное в баллах, K – суммарный коэффициент значимости целевого показателя (1 – при соответствии фактических данных значениям целевых показателей, 0 – при отсутствии указанного соответствия).

Итоги автоматического подсчета возможностей ПП рек для ТРИ позволили провести паспортизацию участков с присвоением им специализации и уровня их туристско-рекреационной пригодности, определяемой по двухступенчатой шкале (благоприятный и неблагоприятный), а также сформировать на локальном уровне информационную электронную базу данных (ИЭБД) геоинформационных систем «Природный туристско-рекреационный потенциал участков рек Республики Беларусь: профилирующие виды и лимитирующие факторы». На основе данных об уровне пригодности ПП рек рассчитаны показатели доли участков с благоприятным потенциалом для профилирующих видов ТРИ в полимасштабном формате, занесенные в модули ИЭБД, предусмотренные для областного и странового уровней оценки ПП рек для ТРИ. Результаты комплексной оценки ПП рек представлены в разрезе областей страны, что позволило сформировать научно-практическую основу для разработки стратегии развития водного туризма в Республике Беларусь.

Комплексная оценка природного потенциала рек в разрезе областей Беларуси. Результаты комплексной оценки ПП 372 участков 166 рек Беларуси для различных видов водной рекреации и туризма на микроуровне [5] позволили выявить удельный вес пригодных участков рек для ТРИ, структуру лимитирующих факторов и географические особенности их локализации для мезоуровня.

В частности, лидером среди областей по доле пригодных участков рек для купания, подводного плавания, катания на водных лыжах и яхтах является Гомельская обл. (17,0, 13,2, 3,8 и 32,1 % соответственно), для гребли на лодках – Витебская обл. (63,5 %), для любительского рыболовства и любительской охоты – Минская обл. (95,8 и 98,6 % соответственно). В то же время аутсайдером на национальном уровне по доле благоприятных участков рек для купания, подводного плавания, гребли на лодках является столичная область (2,7, 1,4 и 29,2 % соответственно), для катания на водных лыжах – Минская, Брестская, Гродненская и Могилевская обл. (0,0 %), для катания на яхтах – Витебская обл. (3,2 %), для любительского рыболовства – Брестская обл. (63,3 %) и для любительской охоты – Витебская обл. (69,84 %) (рис. 1) [6].

В итоге комплексной оценки ПП участков рек для ТРИ на региональном уровне была идентифицирована структура лимитирующих факторов в разрезе четырех их групп для различных видов водной рекреации и туризма.

На страновом уровне лидером среди областей для купания по доле общих факторов является Могилевская (90,2 %), аутсайдером – Гродненская (73,9 %), в то время как по удельному весу индивидуальных доминирует Гродненская обл. (20,0 %), а их минимум зафиксирован в Гомельской обл. (3,1 %). При этом максимум особых факторов для купания установлен в Брестской обл. (10,6 %), их минимальное значение – в Минской обл. (1,6 %) (рис. 2).

В отношении структуры лимитирующих факторов для подводного плавания надо отметить следующее. Абсолютным лидером по доле общих факторов является Могилевская обл. (82,3 %), их минимальное значение зафиксировано в Витебской обл. (59,6 %). Далее в направлении убывания процента в структуре располагаются индивидуальные и особые факторы. При этом максимальный

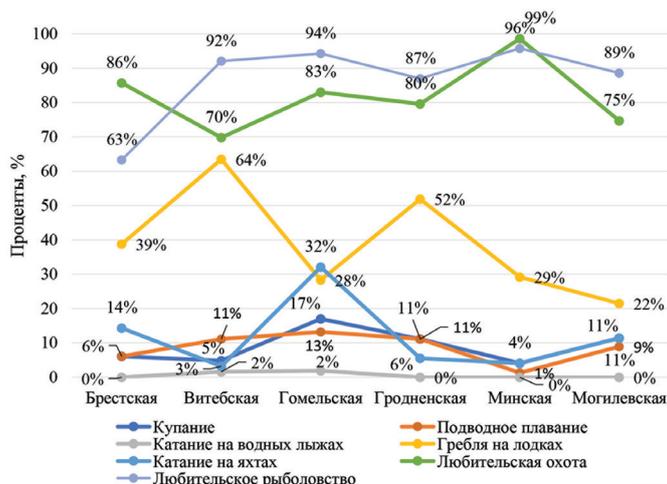


Рис. 1. Доля пригодных участков рек для видов туристско-рекреационного использования в административных областях Беларуси, %

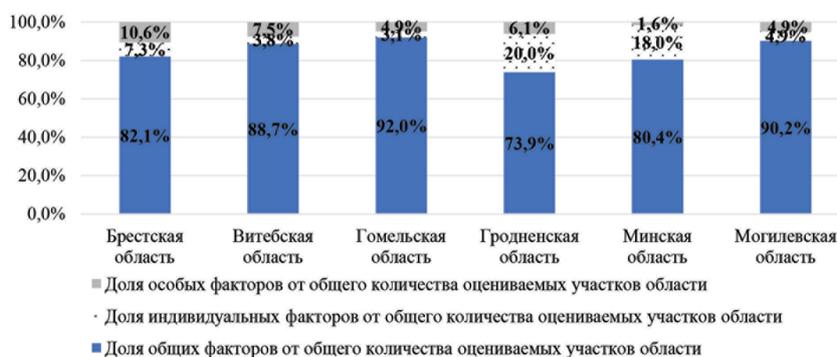


Рис. 2. Структура лимитирующих факторов для купания в разрезе участков рек в областях Беларуси, %



Рис. 3. Структура лимитирующих факторов для подводного плавания в разрезе участков рек в областях Беларуси, %

удельный вес индивидуальных факторов проявляется в Гродненской обл. (34,7 %), минимальный – в Гомельской обл. (12,6 %). В то же время наибольшая доля особых факторов характерна для участков рек Брестской обл. (10,7 %), наименьшая – для Минской обл. (2,2 %) (рис. 3).

В свою очередь, для катания на водных лыжах наравне с общими факторами устойчиво доминирует группа индивидуальных факторов, процент которых варьирует в зависимости от области. В частности, максимальный удельный вес общих факторов выявлен на участках рек Гомельской обл. (59,2 %), минимальное значение – в Минской обл. (47,6 %). Крайние максимальные (51,1 %) значения показателей по индивидуальным факторам зафиксированы в Минской обл., минимальные (34,5%) – в Гомельской обл. При этом доля особых факторов для этого вида ТРИ минимальна и варьирует от 7,7 % на участках рек Брестской обл. до 1,1 % – в Гродненской обл. (рис. 4).

Для катания на яхтах в трех областях (Гомельская, Минская, Могилевская) превалирует удельный вес индивидуальных факторов, а в оставшихся областях – общих. Кроме того, в трех областях



Рис. 4. Структура лимитирующих факторов для катания на водных лыжах в разрезе участков рек в областях Беларуси, %

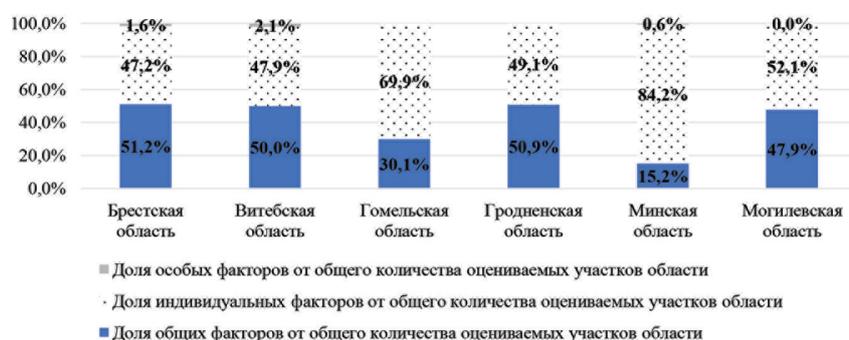


Рис. 5. Структура лимитирующих факторов для катания на яхтах в разрезе участков рек в областях Беларуси, %

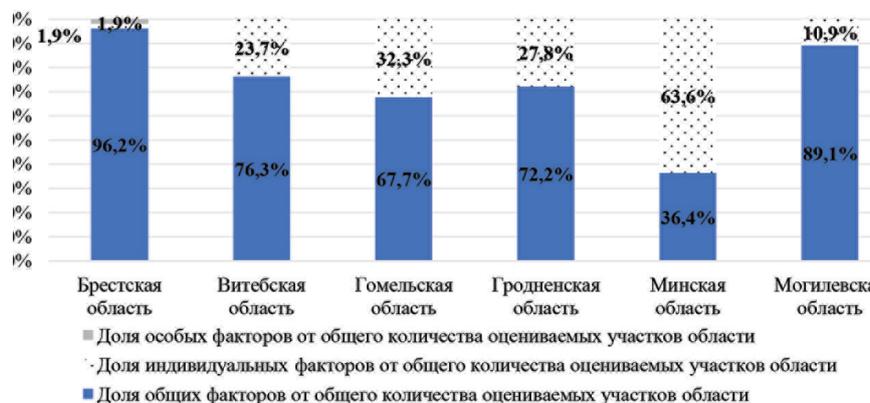


Рис. 6. Структура лимитирующих факторов для гребли на лодках в разрезе участков рек в областях Беларуси, %

(Гомельская, Гродненская, Могилевская) выявлены только две группы факторов: общие и индивидуальные. В отношении удельного веса проявления различных групп факторов по областям установлены следующие особенности. В частности, максимальный процент общих факторов зафиксирован в Брестской обл. (51,2 %), минимальный – в Минской обл. (15,2 %). В то же время доля индивидуальных лимитов на участках рек варьирует от 84,2 % в Минской обл. до 47,2 % в Брестской обл. При этом, как уже отмечалось, удельный вес особых факторов изменяется от 2,1 % в Витебской обл. до 0,6 % в Минской обл. (рис. 5).

На страновом уровне лидером среди областей для гребли на лодках по доле общих факторов является Брестская (96,2 %), аутсайдером – Минская (36,4 %). В то же время по удельному весу индивидуальных доминирует Минская обл. (63,6 %), а их минимум зафиксирован в Брестской обл. (1,9 %) (рис. 6).

Для любительского рыболовства в пяти областях, кроме Брестской, выявлена исключительно группа общих факторов (100 %). И только в Брестской обл. в структуре лимитирующих факторов при доминировании доли общих (94,1 %) выделен незначительный вес группы особых факторов (рис. 7).

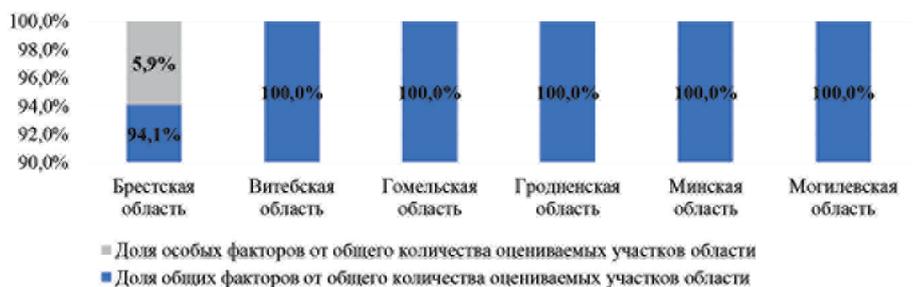


Рис. 7. Структура лимитирующих факторов для любительского рыболовства в разрезе участков рек в областях Беларуси, %

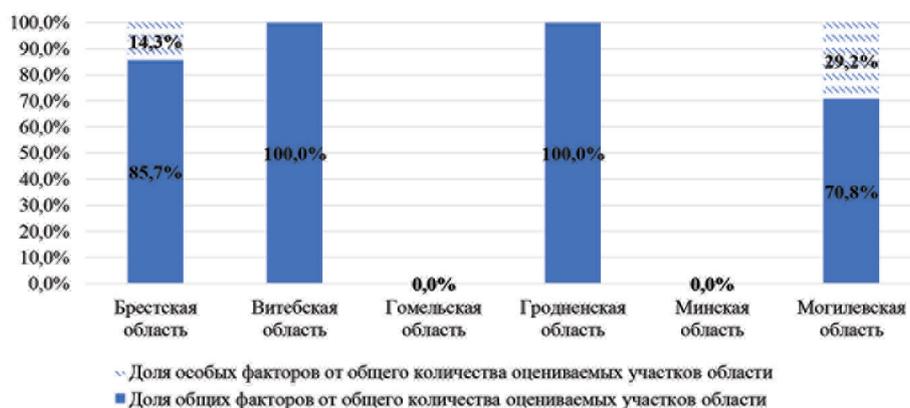


Рис. 8. Структура лимитирующих факторов для любительской охоты в разрезе участков рек в областях Беларуси, %

В отношении структуры лимитирующих факторов для любительской охоты устойчиво доминирует общая группа факторов в четырех областях при 100 % их доли в Гомельской и Минской обл. Абсолютными лидерами по доле общих факторов являются Витебская и Гродненская обл. (100,0 %), а их минимальное значение (70,8 %) зафиксировано в Могилевской обл. Далее в направлении убывания процента в структуре располагаются особые факторы, удельный вес которых варьирует от 29,2 % в Могилевской обл. до 14,3 % Брестской обл. (рис. 8).

Анализ генезиса лимитирующих факторов по областям Беларуси показал, что для большинства видов ТРИ выделены три группы лимитирующих факторов: общие, особые и индивидуальные, сочетание и процентное соотношение между которыми варьирует и зависит от вида ТРИ участка реки и области его размещения. При этом для купания, подводного плавания и катания на водных лыжах выделены по три группы факторов во всех областях, для катания на яхтах и гребли на лодках их число варьирует в зависимости от области в интервале от 2 до 3 групп, для любительской охоты и любительского рыболовства – в диапазоне от 1 до 2 групп.

В географическом аспекте для купания, подводного плавания и катания на водных лыжах в разрезе участков рек во всех областях страны выявлена общая закономерность, проявляющаяся в устойчивом доминировании в структуре лимитирующих факторов доли общих (от 90,2 % для купания в Могилевской обл. до 47,6 % для катания на водных лыжах в Минской обл.) и индивидуальных факторов (от 51,1 % для катания на водных лыжах в Минской обл. до 3,1 % для купания в Гомельской обл.) при минимальном проценте особых (от 10,7 % для подводного плавания в Брестской обл. до 1,1 % для катания на водных лыжах в Гродненской обл.).

Для катания на яхтах и гребли на лодках выявлена существующая территориальная дифференциация между областями, связанная с неидентичностью структуры и удельного веса ее факторов. Особенности их структуры для данных видов ТРИ проявляются в наличии трех групп лимитирующих факторов и различиями в процентном соотношении составляющих их элементов для Брестской, Витебской и Минской обл. В частности, в Брестской обл. доминирует доля общих (от 51,2 % для катания на яхтах до 96,2 % для гребли на лодках) и особых факторов (от 47,2 до 1,9 % соответственно) при минимуме индивидуальных (от 1,6 % для катания на яхтах до 1,9 % для гребли на лодках), в Витебской обл. превалирует удельный вес общих (от 50,0 % для катания на яхтах до 76,3 % для гребли на

лодках) и индивидуальных факторов (от 47,9 до 23,7 % соответственно) при минимальном проценте особых (от 2,1 % для катания на яхтах до 0,0 % для гребли на лодках), в Минской обл. максимальная представленность индивидуальных (от 84,2 % для катания на яхтах до 63,6 % для гребли на лодках) и общих факторов (от 15,2 % для катания на яхтах до 36,4 % для гребли на лодках) при незначительной доле особых (от 0,6 % для катания на яхтах до 0,0 % для гребли на лодках). При этом в Гомельской, Гродненской и Могилевской обл. зафиксировано лишь две группы лимитирующих факторов, отличающихся неидентичностью процента входящих в них элементов.

В свою очередь, в Гомельской и Могилевской обл. в структуре факторов доминируют индивидуальные для катания на яхтах (69,9 и 52,1 % соответственно) и общие – для гребли на лодках (67,7 и 89,1 % соответственно), а в Гродненской обл. общие – для обоих видов (50,9 и 72,2 % соответственно).

Менее поляризованная структура лимитирующих факторов на реках областей страны выявлена для любительского рыболовства и любительской охоты. Так, для любительского рыболовства на реках Брестской обл. идентифицированы две группы факторов при явном лидерстве общих (94,1 %) и незначительной доле особых (5,9 %), а в других областях – исключительно общие факторы. В свою очередь, для любительской охоты только в Брестской и Могилевской обл. зафиксирован дуэт ограничивающих факторов, в структуре которых доминируют общие факторы (соответственно 85,7 и 70,8 %) при минимальном удельном весе особых (14,3 и 29,2 % соответственно), в то же время для пяти других областей страны характерна только группа общих факторов.

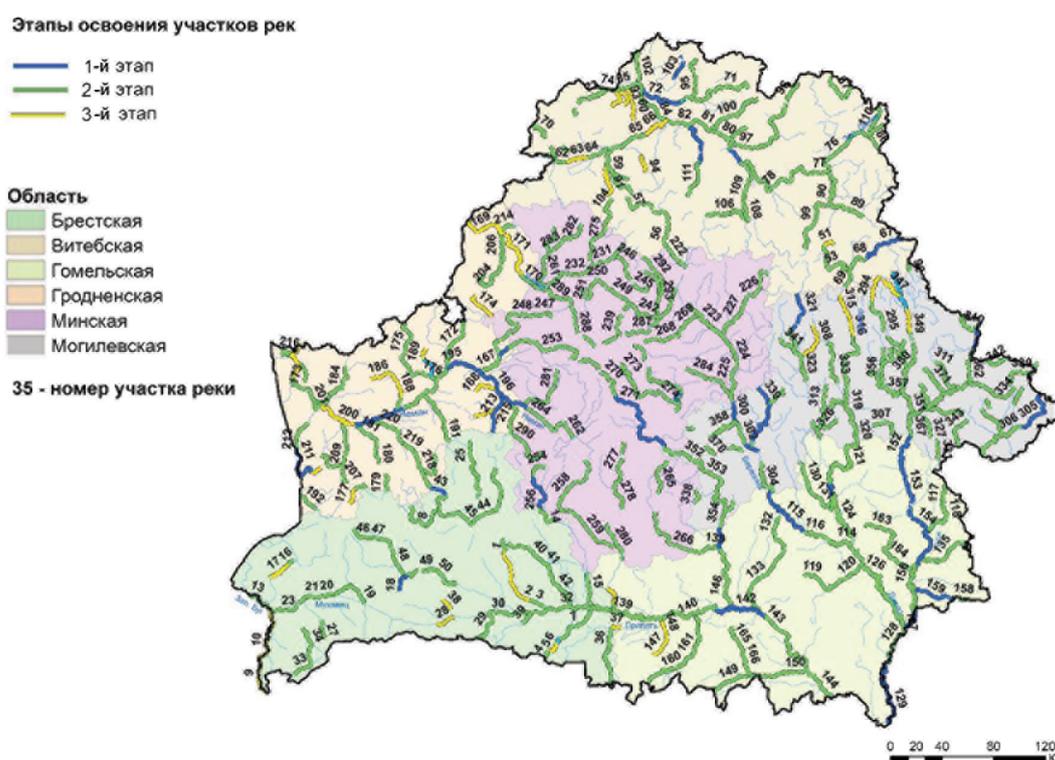


Рис. 9. Этапы освоения участков рек Беларуси для водных видов туристско-рекреационного использования

Количественные результаты комплексной оценки ПП рек Беларуси для ТРИ и их географическая интерпретация на областном уровне позволили создать научно-практическую основу для разработки стратегии развития водного туризма на реках страны как одного из перспективных направлений развития внутреннего туризма на современном этапе (рис. 9).

В качестве базисного подхода при формировании стратегических направлений была применена концепция поэтапно-дифференцированного освоения участков рек. Ее использование в сочетании с полученными научно обоснованными практическими результатами изучения ТРИ потенциала рек позволили разработать трехступенчатый алгоритм туристско-рекреационного освоения участков рек с учетом их типологии и оценки степени пригодности ПП для различных видов, подтипов и типов ТРИ.

В первый этап освоения рекомендуется включить участки рек с полифункциональным типом ТРИ (4–7 видов), обладающие наиболее благоприятными условиями для самого широкого спектра видов водной рекреации и туризма, что обеспечит максимальное удовлетворение потребностей отдыхающих.

На втором этапе целесообразно вовлечение участков рек с ограниченно-полифункциональным типом ТРИ (2–3 вида), которые отличаются более низким разнообразием видов туристско-рекреационной деятельности, а на третьем – использование участков рек монофункционального типа и его подтипов, в границах которых возможна реализация одного вида водной рекреации и туризма. Представляется, что использование рек на третьем этапе будет связано с максимальной востребованностью в сфере туризма в зоне урбанизированных территорий.

На практике использование стратегических направлений развития водных видов рекреации и туризма на реках Беларуси позволит сформировать систему последовательного освоения участков рек на государственном уровне для разных видов ТРИ в соответствии с профилем их ПП и провести оптимизацию размещения объектов туристско-рекреационной инфраструктуры, что будет способствовать достижению целей устойчивого развития в индустрии туризма страны.

Заключение. Результаты комплексной оценки ПП рек для ТРИ на микроуровне послужили фундаментом для определения доли пригодных участков рек для различных видов ТРИ, структуры лимитирующих факторов и географических особенностей их размещения на мезоуровне.

На мезоуровне определена доля участков рек с пригодным ПП для водных видов рекреации и туризма и проведено их географическое ранжирование в зависимости от вида ТРИ по областям с выделением следующих лидеров: Гомельская обл. – 3 видов: купания (17,0 % участков), подводного плавания (13,2 %), катания на водных лыжах (3,8 %) и катания на яхтах (32,1 %); Витебская обл. – гребли на лодках (63,5 %); Минская обл. – любительского рыболовства (95,8 %) и любительской охоты (98,6 %). Выявлена существенная территориальная дифференциация по доле благоприятных участков рек между областями-аутсайдерами, в составе которых Минская область наименее пригодна для сочетания из двух видов ТРИ (купания (2,7 %), подводного плавания (1,4 %) и гребли на лодках (29,2 %); Витебская обл. – для катания на яхтах (3,2 %) и любительской охоты (69,84 %); Брестская обл. – для любительского рыболовства (63,3 %). Установлено, что в границах Брестской, Гродненской, Минской и Могилевской обл. отсутствуют участки рек, пригодные для катания на водных лыжах.

Особенности географии удельного веса различных групп лимитирующих факторов варьируются на мезоуровне и зависят от вида ТРИ их рек и географии области, к которой принадлежит участок реки. В частности, зафиксирована максимальная доля общих факторов для купания (92,0 %) и катания на водных лыжах (59,2 %) в Гомельской обл., для подводного плавания (82,3 %) – в Могилевской обл., для гребли на лодках (96,2 %) и катания на яхтах (51,2 %) – в Брестской обл., для любительского рыболовства (по 100 %) – в пяти областях (кроме Брестской), для любительской охоты (по 100 %) – в Витебской и Гродненской обл.

Лидером по проценту индивидуальных факторов для купания (20,0 %) и подводного плавания (34,0 %) является Гродненская обл., а для катания на яхтах (84,2 %), гребли на лодках (63,6 %) и катания на водных лыжах (51,1 %) – Минская обл.

Наибольший процент особых факторов зарегистрирован для купания (10,6 %), подводного плавания (10,7 %), катания на водных лыжах (7,7 %), гребли на лодках (1,9 %) в Брестской обл., для катания на яхтах (2,1 %) – в Витебской обл., для любительского рыболовства (5,9 %) – в Брестской обл., для любительской охоты (29,2 %) – в Могилевской обл.

Список использованных источников

1. Национальная стратегия развития туризма в Республике Беларусь до 2035 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sportgomel.by/wp-content/uploads/2020/10/strategiya-do-2035-goda-utverzhdjena.pdf>. – Дата доступа: 11.11.2022.
2. Блакітная кніга Беларусі (водныя аб'екты Беларусі): энцыклапедыя / рэдкал.: Н. А. Дзісько, М. М. Курловіч, Я. В. Малашэвіч, С. П. Самуэль, Б. І. Сачанка, І. П. Хаўратовіч, В. П. Якушка. – Мінск: Беларуская Энцыклапедыя імя Петруся Броўкі, 1994. – 416 с.
3. Туризм и туристические ресурсы Республики Беларусь, 2017: статист. сб. / Нац. статист. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – 83 с.
4. Шевцова, Н. С. Научно-методический комплекс полимасштабного изучения и оценки туристско-рекреационного природного потенциала рек Беларуси / Н. С. Шевцова // Природные ресурсы. – 2022. – № 2. – С. 24–37.
5. Шевцова, Н. С. Туристско-рекреационный природный потенциал рек Беларуси: география и оптимизация инфраструктуры: монография / Н. С. Шевцова. – Минск: БГУ, 2020. – 350 с.
6. Шевцова, Н. С. Типизация рек Беларуси по структуре профилирующих видов водного туризма и отдыха / Н. С. Шевцова, А. В. Пахомов // Туризм и региональное развитие: X Междунар. науч.-практ. конф. науч. тр. (Смоленск, 12–13 окт. 2017 г.). – Смоленск, 2017. – С. 226–234.

Поступила 12.06.2023