

ISSN 1810-9810

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

NATURAL RESOURCES

**№ 2
2023**

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
Снежань 2023 г.**

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

Галоўны рэдактар
Аляксандр Іванавіч Чайкоўскі

Рэдакцыйная калегія:
М. Я. Нікіфараў (намеснік галоўнага рэдактара),
М. П. Аношка, У. М. Байчораў, С. У. Буга,
І. В. Войтаў, С. Я. Галаваты, М. Р. Гермянчук,
С. В. Дзямідава, С. А. Дубянок, М. А. Ерэсько,
А. І. Кавалевіч, М. В. Клебановіч, В. В. Лапа,
С. А. Лысенка, А. А. Махнач, А. В. Нявераў,
А. В. Пугачэўскі, В. П. Сяменчанка,
В. С. Хоміч, У. У. Ціток

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:
012762 ведамасны
01276 індывідуальны

Камп'ютарная вёрстка М. Э. Юрэня
Падпісана да друку 07 снежня 2023 г.
Фармат 60×84 1/8. Папера афсетная. Друк лічбавы.
Ум. друк. л. 10,23. Ул.-выд. л. 11,3.
Наклад 60 экз. Заказ 272.
Кошт: індывідуальная падпіска – 22,50 руб.,
ведамасная падпіска – 22,86 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
December 2023**

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

Editor-in-Chief
Alexandr Ivanovich Tchaikovsky

Editorial board:
M. Ye. Nikiforov (Associate Editor-in-Chief),
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,
S. A. Lysenko, A. A. Makhnach, A. V. Neverov,
A. V. Pugachevskii, V. P. Semenchenko,
V. S. Khomich, V. V. Titok

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:
012762 departmental
01276 individual

Computer imposition M. E. Yurenia
Signed for publication December 07, 2023
Format 60×84 1/8. Offset paper. Seal digital.
Related press sheet 10,23. Publisher's signatures 11,3.
Circulation 60 copies. Order 272.
Price: individual subscription – 22,50 BYN,
departmental subscription – 22,86 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

КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Акимов А. Н., Гуляева С. И., Людчик А. М., Павленко П. Н. О возможностях прогноза состояния озонового слоя	5
Мельник В. И., Хитриков М. А., Буяков И. В., Шумская Т. Г. Почвенные засухи на территории Беларуси в условиях изменения климата	12

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Таврыкина О. М., Громадская Е. И. Результаты инвентаризации родников Беларуси и важность их сохранения как элемента экологической безопасности	22
---	----

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Акимова Л. Н. Трематоды, ассоциированные с чужеродным видом гастропод <i>Lithoglyphus Naticoides</i> на территории Беларуси	29
Волнистый А. А., Гомель К. В., Велигуров П. А., Никифоров М. Е. Система единиц управления популяциями диких животных и генетические подходы для их выделения (на примере благородного оленя в Беларуси)	36
Зимич С. П., Яковлев А. П., Баранов О. Ю., Булавко Г. И. Доминирующий состав микромицетов в корневых окончаниях клюквы крупноплодной при культивировании на выработанных торфяниках	45
Карпаева А. Ю., Мягкова К. В., Корзун Е. В. Таксономический состав и количественные показатели пресноводных фитопланктона и зоопланктона водных объектов в районе Белорусской антарктической станции «Гора Вечерняя»	51
Мороз М. Д., Разлуцкий В. И. Макрозообентос реки Мухавец	57
Яцына А. П. Биологическое разнообразие лишайников и близкородственных грибов дубрав подзоны широколиственно-сосновых лесов Беларуси	63

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Колобаев А. Н. Информационные аспекты нормирования сточных вод, сбрасываемых в природные водные объекты	73
--	----

ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

Цыбулько Н. Н., Жукова И. И. Эрозионный потенциал рельефа сельскохозяйственных земель Беларуси	78
---	----

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Островский А. М. К вопросу о распространении малоизученных видов прямокрылых <i>Oecanthus Pellucens</i> (Scopoli, 1763) и <i>Myrmeleotettix Antennatus</i> (Fieber, 1853) на юго-востоке Беларуси	86
--	----

CONTENTS

CLIMATIC RESOURCES

- Akimov A. N., Gulyaeva S. I., Liudchik A. M., Paulenko P. N.** On the possibilities of forecasting the state of the ozone layer 5
- Melnik V. I., Khitrykau M. A., Buyakov I. V., Shumskaya T. G.** Soil droughts on the territory of Belarus under of climate change . . 12

WATER RESOURCES

- Taurykina A. M., Hramadskaya A. I.** Results of inventory of springs in Belarus and the importance of preserving springs as an element of environmental safety 22

BIOLOGICAL RESOURCES

- Akimova L. N.** Trematodes associated with the alien gastropod species *Lithoglyphus Naticoides* in Belarus 29
- Valnisty A. A., Homel K. V., Veligurov P. A., Nikiforov M. Ye.** System of wildlife population management units and genetic approaches for their selection (on the example of red deer in Belarus) 36
- Zimich S. P., Yakovlev A. P., Baranov O. Yu., Bulavko G. I.** Dominant composition of micromycetes in the root endings of large-fruited cranberry during cultivation on develop peatlands . . 45
- Karpaeva A. Yu., Myagkova K. V., Korzun E. V.** Taxonomic composition and quantitative indicators of freshwater phytoplankton and zooplankton of water bodies in the area of the Belarusian antarctic station "Mount Vechernyaya" 51
- Moroz M. D., Razlutskiy V. I.** Macrozoobenthos of the Mukhavets River 57
- Yatsyna A.P.** Biodiversity of lichens and closely related fungi in oak forests of the of broad-leaved pine forest subzone in Belarus 63

NATURE MANAGEMENT, ECOLOGICALLY SAFE AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

- Kolobaev A. N.** Informational aspects of rationing wastewater discharged into natural water objects 73

SOIL AND LAND RESOURCES

- Tsybulka M. M., Zhukova I. I.** Erosion potential of the relief of agricultural lands in Belarus 78

SHORT MESSAGES

- Ostrovsky A. M.** On the distribution of insufficiently explored orthopteroid species of *Oecanthus Pellucens* (Scopoli, 1763) and *Myrmeleotettix Antennatus* (Fieber, 1853) in the south-east of Belarus 86

ЗМЕСТ

КЛИМАТЫЧНЫЯ РЭСУРСЫ

- Акімаў А. М., Гуляева С. І., Людчык А. М., Паўленка П. Н.** Аб магчымасцях прагнозу стану аэонавага пласта 5
- Мельнік В. І., Хітрыкаў М. А., Буякоў І. В., Шумская Т. Р.** Глебавыя засухі на тэрыторыі Беларусі ва ўмовах змены клімату 12

ВОДНЫЯ РЭСУРСЫ

- Таўрыкіна А. М., Грамадская А. І.** Вынікі інвентарызацыі крыніц Беларусі і важнасць іх захоўвання як элемента экалагічнай бяспекі 22

БІЯЛАГІЧНЫЯ РЭСУРСЫ

- Акімава Л. М.** Трэматоцы, асацыіраваныя з чужародным відам гастрапод *Lithoglyphus Naticoides* на тэрыторыі Беларусі 29
- Валністы А. А., Гомель К. В., Велігураў П. А., Нікіфараў М. Я.** Сістэма адзнак кіравання папуляцыямі дзікіх жывёл і генетычныя падыходы для іх вылучэння (на прыкладзе высакароднага аленя ў Беларусі) 36
- Зіміч С. П., Якаўлеў А. П., Баранаў А. Ю., Булаўко Г. І.** Дамінуючы састаў мікраміцэтаў у каранёвых канчатках журавін буйнаплодных пры культываванні на выпрацаваных тарфяніках 45
- Карпаева А. Ю., Мягкова К. В., Корзун Я. В.** Таксанамічны склад і колькасны паказчык праснаводных фітапланктону і заапланктону водных аб'ектаў у раёне Беларускай антарктычнай станцыі «Гара Вячэрняя» 51
- Мароз М. Д., Разлуцкі У. І.** Макразабентас ракі Мухавец 57
- Яцына А. П.** Біялагічная разнастайнасць лішайнікаў і блізкароднасных грыбоў дуброў падзоны шыракалістахваёвых лясоў Беларусі 63

ПРЫРОДАКАРЫСТАННЕ, ЭКАЛАГАБЯСПЕЧНЫЯ І РЭСУРСАЗБЕРАГАЛЬНЫЯ ТЭХНАЛОГІІ

- Калабаеў А. М.** Інфармацыйныя аспекты нарміравання сцэкавых вод, якія скідаюцца ў прыродныя водныя аб'екты . . 73

ГЛЕБАВА-ЗЯМЕЛЬНЫЯ РЭСУРСЫ

- Цыбулька М. М., Жукава І. І.** Эразійны патэнцыял рэльефу сельскагаспадарчых зямель Беларусі 78

КАРОТКІЯ ПАВЕДАМЛЕННІ

- Астроўскі А. М.** Да пытання аб распаўсюджванні малавывучаных відаў прамакрылых *Oecanthus Pellucens* (Scopoli, 1763) і *Myrmeleotettix Antennatus* (Fieber, 1853) на паўднёвым усходзе Беларусі 86

КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ**CLIMATIC RESOURCES****КЛІМАТЫЧНЫЯ РЭСУРСЫ**

ISSN 1810-9810 (Print)

УДК 551.510.534

А. Н. Акимов¹, С. И. Гуляева², А. М. Людчик¹, П. Н. Павленко³¹*Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ,
Минск, Беларусь, e-mail: liudchikam@tut.by*²*Научно-исследовательский институт прикладных физических проблем
им. А. Н. Севченко, Минск, Беларусь, e-mail: ms.bruchkovskaya@yandex.ru*³*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,
e-mail: pavlenko_pn@mail.ru***О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ ОЗОнового СЛОЯ**

Аннотация. Анализируется качество сделанного ранее прогноза состояния озонового слоя над различными регионами Северного полушария с учетом наблюдений в последние годы. Прогноз был получен с использованием концепции динамической климатической нормы и модели квадратичного многолетнего тренда общего содержания озона по данным спутниковых наблюдений за 1978–2017 гг. Прогнозные значения многолетнего тренда общего содержания озона (ОСО) сравниваются с результатами расчета тренда по данным за период, включающий и область прогноза. При этом была использована усовершенствованная модель тренда в виде полинома третьей степени, более соответствующая ожидаемому поведению стратосферного озона. Многолетние тренды в рамках обеих моделей почти совпадают в пределах ранее использованного периода, однако прогноз на 2018–2022 гг. не во всех случаях оправдался. Анализируются причины несоответствия и возможные пути его совершенствования.

Ключевые слова: стратосферный озон, общее содержание озона, динамическая климатическая норма, многолетний тренд стратосферного озона

A. N. Akimov¹, S. I. Gulyaeva², A. M. Liudchik¹, P. N. Paulenka³¹*National Ozone Monitoring Research Centre of the Belarusian State University,
Minsk, Belarus, e-mail: liudchikam@tut.by*²*Applied Physical Problems Research Institute named after A. N. Sevchenko,
Minsk, Belarus, e-mail: ms.bruchkovskaya@yandex.ru*³*Belarusian National Technical University,
Minsk, Belarus, e-mail: pavlenko_pn@mail.ru***ON THE POSSIBILITIES OF FORECASTING THE STATE OF THE OZONE LAYER**

Abstract. The quality of the forecast of the state of the ozone layer over various regions of the Northern Hemisphere is analyzed, taking into account observations in recent years. The forecast was obtained using the concept of a dynamic climate norm and a model of a quadratic long-term trend of the total ozone content based on satellite observations for the period 1978–2017. The predicted values of the long-term trend of the total ozone content (TOC) are compared with the results of calculating the trend based on the data for the period that includes the forecast area. An improved third-degree polynomial trend model was used to better match the expected behavior of stratospheric ozone. Long-term trends in both models practically coincide within the previously used period, however, the forecast for the period 2018–2022 not justified in all cases. The reasons for the discrepancy and possible ways to improve the forecast are analyzed.

Keywords: stratospheric ozone, total ozone, dynamic climate normal, long-term trend of stratospheric ozone

A. M. Akimov¹, S. I. Gulyaeva², A. M. Liudchik¹, P. M. Pavlenka³¹*Нацыянальны навукова-даследчы цэнтр маніторынгу азонасферы БДУ,
Мінск, Беларусь, e-mail: liudchikam@tut.by*²*Навукова-даследчы інстытут прыкладных фізічных праблем імя А. Н. Севчанкі, Мінск, Беларусь,
e-mail: ms.bruchkovskaya@yandex.ru*³*Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь, e-mail: pavlenko_pn@mail.ru***АБ МАГЧЫМАСЦЯХ ПРАГНОЗУ СТАНУ АЗОНОВАГА ПЛАСТА**

Анотацыя. Аналізуецца якасць зробленага раней прагнозу стану азнавага пласта над рознымі рэгіёнамі Паўночнага паўшар'я з улікам назіранняў у апошнія гады. Прагноз быў атрыманы з выкарыстаннем канцэпцыі дынамічнай кліматычнай нормы і мадэлі квадратнага шматгадовага тренду агульнага зместу азону па дадзеным спадарожнікавых назіранняў за 1978–2017 гг. Прагнозные значэнні шматгадовага тренду агульнага зместу азону (АЗА) параўноўваюцца

з результатами розрізку тренду на заданих за період, які включає і вобласть прогнозу. При цьому була використана узагальнена модель тренду у вигляді полінома третього ступеня, більш адаптивна чаканим паводзінам стратосферного озону. Шматковий тренд у рамках абстрактної моделі амаль супадають у межах раней використаного періоду, аднак прогноз на період 2018–2022 гг. не ва усіх випадках апраўдаўся. Аналізуюцца прычыны неадаптивнаці і магчымы шляхі яго ўдасканалення.

Ключавыя словы: стратасферны озон, агульная колькасць озону, дынамічная кліматычная норма, шматковий тренд стратасферного озону

Введение. В работах [1, 2] представлены результаты расчета динамической климатической нормы [3–6] общего содержания озона (ОСО) в атмосфере над различными регионами средних широт Северного полушария. Сразу следует указать на принципиальное отличие концепции динамической климатической нормы от ее традиционного определения, принятого Всемирной метеорологической организацией: нормой называется среднее значение климатического параметра, определенное в течение 30 лет непрерывных наблюдений [7]. Динамическая норма допускает свое изменение в пределах периода, использованного для ее определения. Таким образом, с учетом не равного нуля многолетнего тренда норма изменяется от года к году. Иными словами, это «живая» норма, меняющаяся со временем не только каждые следующие 30 лет, но и в течение конкретного тридцатилетия.

Изначально концепция динамической климатической нормы успешно применялась к метеорологическим параметрам с использованием простейшей модели линейного многолетнего тренда [3–6]. Для описания состояния озонового слоя земной атмосферы, подвергшегося существенному истощению в результате человеческой деятельности в конце XX в., была применена более гибкая модель квадратичного тренда [1, 2].

Мировым сообществом были приняты меры [8] по уменьшению дальнейшего антропогенного воздействия на озоносферу: сокращение производства и использования в промышленности и быту хлорфторуглеродов (фреонов), приводящих к разрушению озонового слоя. В последние годы ведутся интенсивные исследования [9] эффективности предпринятых усилий по восстановлению озонового слоя, поскольку озон поглощает опасное ультрафиолетовое солнечное излучение и препятствует его проникновению к поверхности Земли.

Обычно в рамках подобных исследований используются модели тренда, состоящие из двух линейных участков [9]. Квадратичная модель представляется нам более адекватной для описания поведения ОСО над планетой, прошедшего через минимум в течение последних 50 лет. В указанных выше работах [1, 2] помимо прочего анализируется также возможность описания поведения многолетнего тренда ОСО в рамках модели с большими степенями свободы (в виде полинома третьей степени) и приводятся аргументы, обосновывающие отказ от нее на данном этапе: «Это известный эффект необоснованного увеличения числа степеней свободы в уравнении регрессии, ведущего к тенденции решения детально описать случайные флуктуации исходных данных» [1].

К настоящему времени удлинились ряды спутниковых наблюдений за ОСО, стали доступны данные еще почти пяти лет наблюдений. Это дает возможность еще раз попробовать использование модели кубического тренда, поскольку с удлинением рядов данных принятая модель лишается способности реагировать на кратковременные флуктуации измеряемой величины. Дополнительным стимулом для этого является то, что кубическая модель тренда (в отличие от квадратичной) позволяет хотя бы приближенно отразить ожидаемые в XXI в. восстановление и стабилизацию озонового слоя в результате предпринятых мер, поскольку допускает еще один экстремум кроме минимума в конце прошлого века. Анализируется качество полученного ранее прогноза поведения стратосферного озона посредством сравнения с расчетами, использующими кубическую модель тренда и расширенный ряд данных наблюдений. Обсуждаются вопросы повышения достоверности прогноза посредством учета априорной информации.

Следует также отметить, что постановка задачи в [1, 2] и в настоящей публикации существенно отличается от «традиционной», когда исследователи интересуются влиянием на озоновый слой только сокращения концентрации антропогенных озоноразрушающих веществ в стратосфере, выделяя этот эффект из ряда других факторов [9]. Предлагаемые решения такой задачи не слишком убедительны, поскольку используют множество до сих пор слабо обоснованных предположений о влиянии ряда наблюдаемых эффектов в тропосфере и океанах на стратосферный озоновый слой. Авторы статьи не отрицают возможность такого взаимовлияния (а не однонаправленного влияния), однако физические механизмы до сих пор остаются неясными (на уровне гипотез) ввиду сложности проблемы.

В качестве правомочности используемого авторами подхода достаточно заметить, что основным мотивом принятия Монреальского протокола [8] по веществам, разрушающим озоновый слой, явилось стремление избежать риска увеличения интенсивности вредного для всего живого на Земле солнечного коротковолнового ультрафиолетового излучения [10], зависящего в первую очередь от

состояния озоносферы. В связи с этим возникают вопросы: как изменяется со временем озоновый слой планеты и какой можно сделать прогноз изменений в ближайшем будущем, не отвлекаясь на причины наблюдаемых изменений? Используемая концепция динамической климатической нормы может быть успешно применена и в рамках упомянутого традиционного подхода [9], фокусирующего внимание на причинах изменения состояния озоносферы.

Динамическая климатическая норма. Изменение со временем некоторой климатической переменной $y(t)$ представляется в следующем виде:

$$y(t) = Y(t) + y'(t), \quad (1)$$

где $Y(t)$ – климатическая норма, $y'(t)$ – кратковременные флуктуации (отклонения от нормы) [3–6].

Динамическая климатическая норма состоит из двух слагаемых:

$$Y(t) = A(t) + Tr(t), \quad (2)$$

где $A(t)$ – циклическая часть ($A(t) = A(t+T)$, T – период, равный длительности года), повторяющаяся из года в год, $Tr(t)$ – многолетний тренд.

В случае модели тренда линейного типа

$$Tr(t) = B(t)t, \quad (3)$$

где $B(t)$ – циклическая функция ($B(t) = B(t+T)$), описывающая сезонную изменчивость тренда.

Здесь и далее предполагается, что тренд может меняться в зависимости от поры года, сохраняя при этом линейный, квадратичный или другой характер. Просто коэффициенты меняются в зависимости от времени года. Для квадратичного тренда следует использовать выражение:

$$Tr(t) = B(t)t + C(t)t^2, \quad (4)$$

где $C(t) = C(t+T)$.

Аналогично в случае кубической модели тренда:

$$Tr(t) = B(t)t + C(t)t^2 + D(t)t^3, \quad (5)$$

где $D(t)$ – также циклическая функция.

Дополняя модель тренда соответствующими зависимостями, можно при желании смоделировать влияние на общее содержание озона таких эффектов, как динамические процессы в стратосфере, изменение солнечной активности и т. п., чтобы выделить изменения, обусловленные очищением стратосферы от озоноразрушающих веществ.

Неизвестные циклические функции $A(t)$, $B(t)$ и др. удобно моделировать конечными рядами Фурье, что также решает проблему неравномерности рядов данных и пропусков в них [5]. Параметры функций определяются посредством минимизации функционала:

$$F = \sum_t (Y(t) - y(t))^2 w(t), \quad (6)$$

где w – весовая функция, пропорциональная числу лет, в которые были получены наблюдения для календарного дня года, отвечающего времени t .

Исходные данные и детали расчета. Для расчетов, как и в [1, 2], использованы данные спутниковых измерений общего содержания озона приборами TOMS (1978–1993, 1996–2004) и OMI (2005–2017), дополненные наблюдениями прибором OMI [11] в 2018–2022 гг. (в 2022 г. использованы данные за январь – май). Расчеты проведены для регионов, находящихся в полосе 30–40° с. ш., 40–50° с. ш., 50–60° с. ш. и в интервалах 75–120° з. д. (Северная Америка), 15–60° з. д. (Атлантика), 5–50° в. д. (Европа), 70–115° в. д. (Азия) [1]. Данные за каждый день измерений в узлах спутниковой сетки, попадающих в границы выбранного региона, усреднялись и далее обрабатывались по единой методике.

Для определения климатической нормы общего содержания озона использованы следующие значения параметров: тренд – кубический, функции $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$, $D(t)$ моделировались разложением по синусам и косинусам с периодами 1 год, $1/2$ и $1/3$ года плюс свободный член.

Результаты расчетов. В этом разделе в основном анализируется достоверность прогноза на период с 2018 по 2022 г., сделанного на основе квадратичной модели тренда [1, 2]. Анализ осуществляется посредством сравнения с расчетами, включающими данные наблюдений за ОСО за указанный период и использующими более гибкую кубическую модель многолетнего тренда ОСО.

Сразу может возникнуть вопрос: почему прогноз, полученный с использованием одной модели тренда, сравнивается с результатами обработки расширенного ряда данных в рамках другой модели? Кубическая модель лучше соответствует ожидаемому поведению озонового слоя: после очище-

ния стратосферы от антропогенных озоноразрушающих веществ следует ожидать восстановления и стабилизации ОСО на «дофреоновом» уровне, а не ухода в плюс или минус бесконечность, как предполагает параболическая модель тренда. Кубическая модель тоже не избавляет от бесконечности в будущем, однако позволяет увидеть точку стабилизации ОСО после прекращения действия выброшенных в атмосферу антропогенных разрушителей озона.

Следует отметить, что изменение модели многолетнего тренда обязательно отражается на циклической части климатической нормы, поскольку процедура их определения – минимизация функционала [6] – неразрывно связывает обе части динамической нормы. В качестве примера на рис. 1 приведены циклические части нормы в случае квадратичной и кубической моделей тренда для североамериканского региона в полосе 50–60° с. ш. и периода наблюдений 1978–2022 гг. По оси ординат расположены значения ОСО в единицах Добсона (1 ед. Добсона = 0,001 атм. см). Как видно из рис. 1, различия невелики, такими же они остаются и для других регионов и широтных полос.

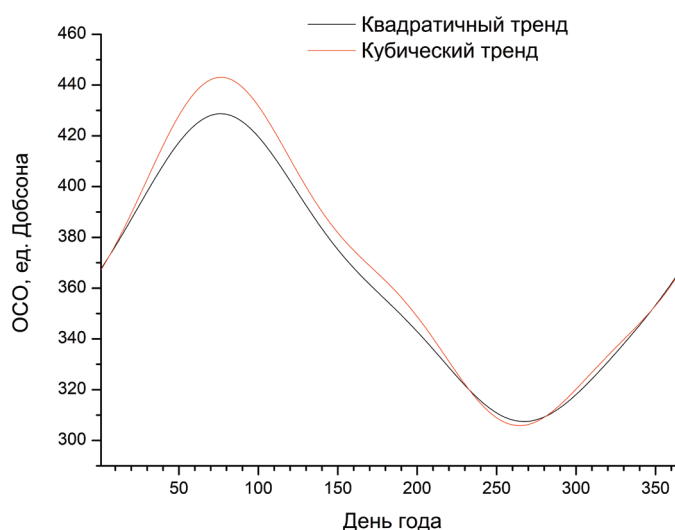


Рис. 1. Циклическая часть климатической нормы ОСО в случае квадратичной и кубической моделей многолетнего тренда по расчетам за 1978–2022 гг.

На рис. 2 приведены многолетние тренды среднегодовых значений ОСО для квадратичной [1] и кубической моделей тренда. Квадратичный тренд после 2017 г. содержит прогнозные значения. Прогнозные значения для кубического тренда начинаются после 2022 г.

В интервале 1987–2017 гг. обе модели показывают почти совпадающие значения. При этом совершенствование модели тренда за счет добавления новых переменных – учета кубических членов – оказывается статистически значимым (подробнее см. раздел «Обсуждение результатов»). Это подтверждает достоверность полученных ранее результатов о многолетнем тренде ОСО. Однако в данной публикации основное внимание уделяется достоверности представленного ранее [1, 2] прогноза поведения ОСО на следующие 5 лет после использованного для расчетов периода.

В полосе 30–40° с. ш. хорошее соответствие наблюдается также и в 2017–2022 гг. (это период прогноза для квадратичной модели). В более высоких широтах прогноз на основе модели квадратичного тренда заметно отличается от результатов расчетов, полученных с моделью кубического тренда и учетом дополнительных данных измерений за этот период. В частности, в интервале 40–50° с. ш. кубический тренд в Америке и Азии стабилизировался, в Атлантике он имел тенденцию к увеличению ОСО. В Европе заметно снижение, как и в случае кубического тренда, рассчитанного по данным сокращенного периода [1, 2]. В интервале 50–60° с. ш. в Америке тренд ОСО в этот период стабилен, в Атлантике и Европе – продолжался рост, как и предсказывала квадратичная модель, а в Азии заметно резкое снижение.

Более детальную информацию можно получить, анализируя сезонную изменчивость многолетних трендов ОСО (рис. 3). Возможность такой детализации является очевидным преимуществом концепции динамической климатической нормы, базирующейся на исходных ежедневных рядах данных, а не на результатах их годичного усреднения. Тренды для целых широтных поясов мало информативны, поэтому не рассчитывались. Они не представляют интереса, поскольку поведение озона над отдельными регионами пояса сильно различается. Только в интервале 40–50° с. ш. региональные

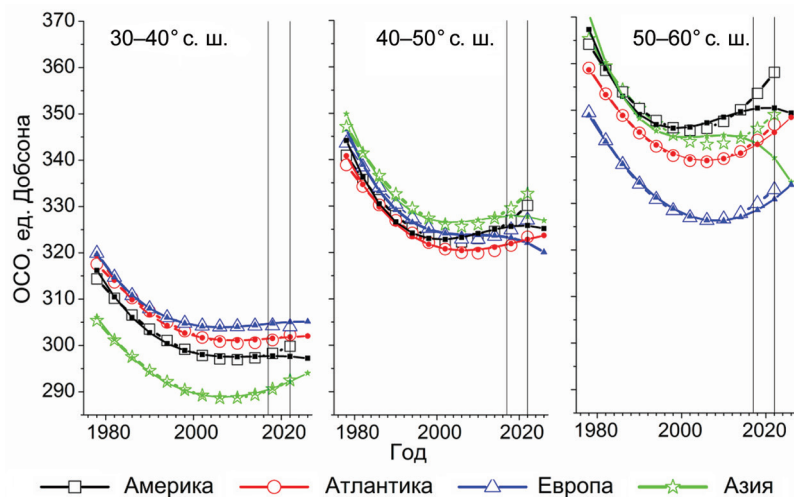


Рис. 2. Многолетние тренды среднегодовых значений ОСО в рамках квадратичной (на основании данных 1987–2017 гг. [1]) и кубической (на основании данных 1987–2022 гг.) моделей тренда. Вертикальные линии отмечают верхние границы указанных периодов. Кубическому тренду соответствуют кривые, продолжающиеся за 2022 г. и обозначенные малыми закрашенными метками

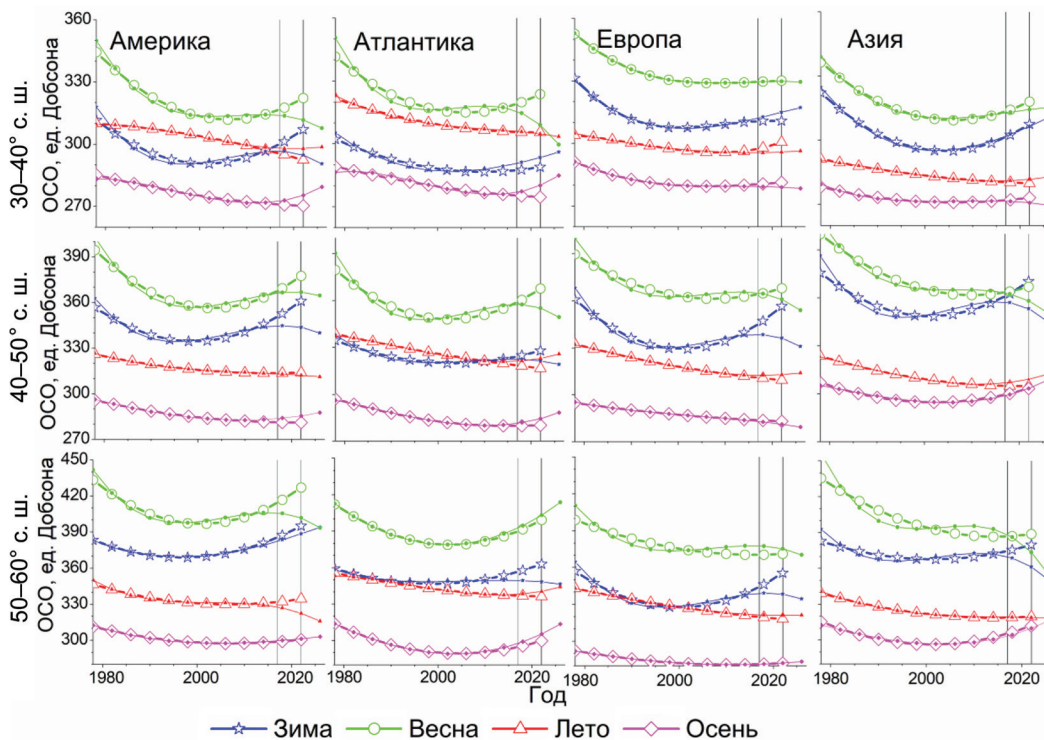


Рис. 3. Сезонные многолетние тренды ОСО над различными регионами. Результаты, полученные с кубической моделью тренда, представлены кривыми с малыми закрашенными символами в сравнении с расчетами с квадратичной моделью [1]. Вертикальными линиями, соответствующими 2017 и 2022 гг., обозначены верхние границы периодов, данные за которые использованы для расчетов

тренды среднегодовых значений ОСО почти совпадают (см. рис. 2). На более южных и более северных широтах различия между регионами весьма существенны. Единственным источником такого различия является неоднородность земной поверхности, влияющая на динамику не только тропосферы, но и стратосферы, в которой находится основная масса озонового слоя. Именно особенности динамики стратосферы, обусловленные указанной причиной, приводят к региональным различиям в поведении озона и, как оказалось, в последние годы маскируют в Северном полушарии эффект сокращения выбросов озоноразрушающих веществ [9].

В Америке в интервале 30–40° с. ш. зимой и весной рост ОСО прекратился и кривые кубического тренда указывают на начало его уменьшения. Прогноз на основе квадратичного тренда [1] показывал рост в эти сезоны. Летом тренд стабилизировался. Прогнозировавшееся уменьшение ОСО осенью не оправдалось: наблюдается рост. В интервале широт 40–50° с. ш. в зимний и весенний сезоны тренд ОСО в отличие от прогнозируемого роста стабилизировался. Летом и осенью его поведение почти совпадает с прогнозом. В самом северном регионе заметные отклонения от прогноза произошли весной и летом: вместо ожидавшегося увеличения ОСО тренд указывает на его снижение.

В Атлантике существенные отклонения от прогнозных значений в интервалах 30–40° с. ш. и 40–50° с. ш. заметны только весной, а в интервале 50–60° с. ш. – зимой (во всех упомянутых случаях прогнозируемое в рамках квадратичной модели увеличение ОСО не оправдалось и в действительности тренд показывает его уменьшение).

В низких широтах Европы прогноз на основе квадратичного тренда оказался вполне удовлетворительным. Однако в регионах, относящихся к более высоким широтам, заметны отличия от расчетов с использованием кубической модели и расширенного ряда данных. В частности, прогнозирувшийся рост ОСО в зимнее время не оправдался: кубическая модель показывает медленное снижение. В весеннее время прогнозировалось почти стабильное поведение ОСО, а расчеты показали его постепенное снижение. В то же время летний и осенний прогнозы полностью подтверждаются.

В самом южном регионе Азии прогнозы почти совпали с новым расчетом. Это же касается летнего и осеннего многолетних трендов и в двух других азиатских регионах. Ошибочность прогноза проявилась в этих регионах только в зимний и весенний периоды: ожидавшийся рост ОСО в действительности, согласно модели кубического тренда и данных наблюдений за обсуждаемый период, показывает его снижение.

Таким образом, можно сделать вывод, что наметившаяся в последние годы тенденция снижения среднегодовых значений ОСО в атлантическом регионе (40–50° с. ш.) в основном обусловлена понижением ОСО в весенние месяцы, а быстрое уменьшение среднегодовых значений ОСО в азиатском регионе (50–60° с. ш.) – понижением ОСО в зимние и весенние сезоны. Очевидно, что это совершенно не связано с продолжающимся очищением стратосферы от озоноразрушающих веществ способствующим восстановлению озонового слоя, поэтому следует искать другие причины, как делается, например, в [9]. Мы только выявили сезоны в отдельных регионах, представляющих наибольший интерес для поиска таких причин.

Результаты и их обсуждение. Многолетние тренды среднегодовых значений ОСО, а также сезонные тренды, полученные с новой моделью, хорошо согласуются с результатами расчетов по квадратичной модели тренда в 1978–2017 гг. [1, 2]. При этом изменение модели тренда с квадратичной на кубическую (за счет добавления в модель дополнительных степеней свободы) привело к статистически значимому улучшению модели. Обычно оценку статистической значимости используют для обоснования предпочтения в выборе конкретной модели описания ряда наблюдений [12]. В связи с этим следует сделать несколько замечаний.

В нашем случае, когда речь идет о рядах данных ежедневных измерений ОСО за более чем 40 лет, суммарное число данных очень велико, поэтому даже при очень малом относительном уменьшении объясненной дисперсии в случае использования новой модели с увеличенным числом степеней свободы оценка эффекта по критерию Фишера оказывается статистически значимой для самых высоких уровней значимости.

В качестве подтверждения сказанного сравним два расчета для случая Северной Америки (интервал 120–75° з. д., 50–60° с. ш.) за весь период измерений. Полное число измерений – 14 417. В случае квадратичной модели тренда число степеней свободы – 21, кубической – 28. Значение параметра Фишера для проверки гипотезы о значимости добавленных в модель степеней свободы – 14,53. В то же время критическое значение для добавленных семи степеней свободы ($28 - 21 = 7$; $14\,417 - 28 - 1 = 14\,389$) при уровне значимости 0,001 не превышает 12. Иными словами, добавленные переменные являются статистически значимыми, хотя при переходе к более гибкой модели тренда остаточная дисперсия уменьшается с 607,28 всего лишь до 603,3, то есть менее чем на 1 %.

Второе замечание касается достоверности экстраполяции полученной модели за пределы периода, на основании которого модель построена, – достоверности прогноза будущего развития событий. Понятно, что функция, описывающая поведение изучаемой переменной во времени, должна быть непрерывной и достаточно гладкой, чтобы был смысл продолжать (экстраполировать) ее в будущее, за пределы области определения. Однако характеристики обсуждаемой функции находятся посредством минимизации ее отклонения от измеренных данных, безотносительно ее поведения за пределами области данных. Статистические оценки качества моделирования также не распро-

страняются за пределы этой области. Единственный способ оценки качества прогноза – сравнение с результатами последующих наблюдений. Именно так авторы статьи и поступили.

Между тем существуют способы повышения достоверности прогноза за счет использования дополнительной информации об изучаемом явлении, о чем уже говорилось [1, 2]. Это весьма общий подход, когда «голая» математика может быть существенно улучшена после привлечения априорных знаний о физических и химических особенностях процесса, особенностях даже самого общего характера. В качестве примера можно назвать метод регуляризации Тихонова для решения некорректных задач, использующий предположение о гладкости ожидаемого решения [13]. Дополнительные сведения о неотрицательности исходного спектра и минимальной полуширине его структурных деталей позволяют еще более улучшить качество относящейся к типу некорректных задач редукции к идеальному прибору при обработке спектров, зарегистрированных несовершенным прибором [14].

В задаче моделирования многолетнего тренда ОСО такой дополнительной информацией может служить требование ограниченности многолетнего тренда: ОСО не может опускаться до нуля и не может существенно превышать значения «дофреоновского периода», зависящие в основном только от почти не меняющихся интенсивности солнечного излучения и количества молекулярного кислорода в атмосфере. С этой точки зрения полиномиальная аппроксимация тренда не является оптимальной и должна быть заменена на более адекватную, поскольку прогнозные значения в рамках использованной модели рано или поздно стремятся к плюс или минус бесконечности. Это явно противоречит предполагаемому развитию событий. Варианты, в большей степени опирающиеся на знания о физических и химических процессах в озоновом слое, способны обеспечить более высокую достоверность прогноза его поведения в ближайшие годы.

Заключение. Прогноз поведения озонового слоя [1, 2] в ряде случаев оправдался, в ряде – нет. Прогноз, определенный в данной публикации на основании более гибкой модели кубического многолетнего тренда ОСО, вероятно, тоже не будет точным даже в ближайшие годы. Одной из основных причин является не слишком подходящая для данного случая полиномиальная аппроксимация тренда ОСО, использованная в расчетах. Повысить достоверность прогноза можно посредством учета дополнительной информации о характере процессов в озоновом слое планеты с целью введения обоснованных ограничений на модель многолетнего тренда ОСО.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Божкова, В.В. Трансформация озонового слоя в средних широтах Северного полушария / В. В. Божкова, А. М. Людчик, С. Д. Умрейко // Природные ресурсы. – 2018. – № 2. – С. 102–111.
2. Bozhkova, V. Long-term trends of total ozone content over mid-latitudes of the Northern Hemisphere / V. Bozhkova, A. Liudchik and S. Umreiko // Int. J. of Remote Sens. – 2019. – Vol. 450, № 13. – P. 5216–5229.
3. Analysis of seasonal cycles in climatic trends with application to satellite observations of sea ice extent / K. Y. Vinnikov [et al.] // Geophys. Res. Lett. – 2002. – Vol. 29, iss. 9. – P. 24-1–24-4.
4. Vinnikov, K. Y. Diurnal and seasonal cycles of trends of surface air temperature / K. Y. Vinnikov, A. Robock, A. Basist // J. Geophys. Res.: Atmos. – 2002. – Vol. 107, iss. D22. – P. 4641–4661.
5. Analysis of diurnal and seasonal cycles and trends in climatic records with arbitrary observation times / K. Y. Vinnikov [et al.] // Geophys. Res. Lett. – 2004. – Vol. 31, iss. 6. – 5 p.
6. Temperature trends at the surface and in the troposphere / K. Y. Vinnikov [et al.] // J. Geophys. Res.: Atmos. – 2006. – Vol. 111, iss. D3 – 14 p.
7. WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. – 2017. – WMO-No. 1203, 29 p.
8. Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer [Electronic resource]: UNEP report of the Technology and Economic Assessment Panel / United Nations Environment Programme. – March, 2016. – Mode of access: <http://ozone.unep.org/en/assessment-panels/technology-and-economic-assessment-panel>. – Date of access: 24.11.2022.
9. Global total ozone recovery trends attributed to ozone-depleting substance (ODS) changes derived from five merged ozone datasets / M. Weber [et al.] // Atmos. Chem. Phys. – 2022. – Vol. 22. – P. 6843–6859.
10. Environmental effects of stratospheric ozone depletion, UV radiation and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, update 2019 / G. H. Bernhard [et al.] // Photochem. Photobiol. Sci. – 2020. – Vol. 19. – P. 542–584.
11. NASA Ozone Watch [Electronic resource]. – Mode of access: <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/data>. – Date of access: 14.06.2022.
12. Бережная, Е. В. Математические методы моделирования экономических систем / Е. В. Бережная, В. И. Березной. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 432 с.
13. Тихонов, А. Н. Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – 383 с.
14. Людчик, А. М. Использование априорной информации о спектре в задачах редукции к идеальному прибору / А. М. Людчик // Журн. прикладной спектроскопии – 1986. – Т. 44, № 5. – С. 802–806.

Поступила 28.11.2022

В. И. Мельник¹, М. А. Хитриков¹, И. В. Буяков¹, Т. Г. Шумская²

¹*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: v.melnik 2016@mail.ru*

²*Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного
загрязнения и мониторингу окружающей среды, Минск, Беларусь,
e-mail: apm_agro@hmc.by*

ПОЧВЕННЫЕ ЗАСУХИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Аннотация. На основании данных определений влажности почвы дана оценка запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см на постоянных участках пунктов государственной сети гидрометеорологических наблюдений с различными по механическому составу почвами, а также в среднем по административным областям. Оценена продолжительность почвенных засух и повторяемость лет с почвенной засухой по месяцам на территории Беларуси. Отмечена цикличность изменений площади охваченных почвенной засухой территорий по административным областям с периодом их максимального охвата 9–12 лет; она наиболее выражена в юго-восточной части Беларуси.

Ключевые слова: влажность почвы, почвенные засухи, изменение климата

V. I. Melnik¹, M. A. Khitrykau¹, I. V. Buyakov¹, T. G. Shumskaya²

¹*Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: v.melnik 2016@mail.ru, buyakov-ivan@mail.ru,*

²*Republican Center of Hydrometeorology, Control of Radioactive Contamination and Environmental Monitoring,
Minsk, Belarus, e-mail: apm_agro@hmc.by*

SOIL DROUGHTS ON THE TERRITORY OF BELARUS UNDER OF CLIMATE CHANGE

Abstract. Based on the data of soil moisture determinations, the estimation of productive moisture reserves in the soil layer 0–20 cm on permanent plots of the points of the state network of hydrometeorological observations with soils of different mechanical composition, as well as on average for administrative regions was given. Duration of soil droughts and recurrence of years with soil drought by months on the territory of Belarus were estimated. The cyclicity of changes in the area of territories subjected to soil drought by administrative regions with the period of their maximum coverage of 9–12 years was noted; it is most pronounced in the southeastern part of Belarus.

Key words: soil moisture, soil droughts, climate change

В. І. Мельнік¹, М. А. Хітрыкаў¹, І. В. Буякоў¹, Т. Р. Шумская²

¹*Інстытут прыродакарыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь,
e-mail: v.melnik 2016@mail.ru,*

²*Рэспубліканскі цэнтр па гідраметэаралогіі, кантролю радыяактыўнага забруджвання
і маніторынгу навакольнага асяроддзя, Мінск, Беларусь, e-mail: apm_agro@hmc.by*

ГЛЕБАВЫЯ ЗАСУХІ НА ТЭРЫТОРЫІ БЕЛАРУСІ ВА ЎМОВАХ ЗМЭНЫ КЛІМАТУ

Анотацыя. На падставе дадзеных вызначэнняў вільготнасці глебы дадзена аценка запасаў прадукцыйнай вільгаці ў слоі глебы 0–20 см на пастаянных участках пунктаў дзяржаўнай сеткі гідраметэаралагічных назіранняў з рознымі па механічным складзе глебамі, а таксама ў сярэднім па адміністрацыйных абласцях. Ацэнена працягласць глебавых засух і паўтаральнасць гадоў з глебавай засухай па месяцах на тэрыторыі Беларусі. Адзначана цыклічнасць зменаў плошчы ахопленых глебавай засухай тэрыторый па адміністрацыйных абласцях з перыядам іх максімальнага ахопу 9–12 гадоў; яна найбольш выражана ў паўднёва-ўсходняй частцы Беларусі.

Ключавыя словы: вільготнасць глебы, глебавыя засухі, змяненне клімату

Введение. За последние 30 лет наиболее обширные и интенсивные засухи, нанесшие значительный ущерб сельскохозяйственному производству в Беларуси, отмечены в 1989, 1992, 1994, 1999, 2002, 2004, 2010, 2013–2015, 2018, 2021 гг. Особенно большой повторяемостью атмосферных и почвенных засух отличается Белорусское Полесье, что связано с более высоким температурным режимом, недостаточным увлажнением и более легкими по механическому составу почвами. Следует отметить, что вопрос увлажнения территории Белорусского Полесья, включая и увлажнение почв, в последние годы относительно хорошо изучен белорусскими учеными и изложен в ряде научных статей и отчетов НИР [1–5]. В результате проведенных исследований оценены продолжительность

почвенных засух и их повторяемость в регионе; разработаны и переданы для внедрения Брестскому и Гомельскому областным комитетам по сельскому хозяйству карты уязвимости почв сельскохозяйственных земель и методические рекомендации по обоснованию и практическому применению мероприятий для смягчения последствий засух на почвах Белорусского Полесья при возделывании сельскохозяйственных культур. Указанные исследования в основном касались легких песчаных и рыхлых супесчаных почв сельскохозяйственных земель южной части Беларуси. Вместе с тем значительную часть территории республики занимают легкие и средние суглинки, на которых складывается другой водный режим, а в северной части Беларуси, особенно на средних и тяжелых суглинистых почвах, часто наблюдается переувлажнение. Целью данного исследования является оценка увлажнения и пространственно-временной изменчивости засух в слое 0–20 см на почвах сельскохозяйственных земель территории Беларуси в условиях современного изменения климата.

Материалы и методы исследований. Исходными данными для выполнения работы явились сведения Государственного гидрометеорологического фонда о запасах продуктивной влаги почвы в слое 0–20 см под сельскохозяйственными культурами на наблюдательных полевых участках государственной сети гидрометеорологических наблюдений за период 1989–2021 г. Началом почвенной засухи считались запасы продуктивной влаги 10 мм и менее в слое почвы 0–20 см [6]. Повторяемость лет с почвенной засухой определялась как выраженное в процентах частное от деления числа лет, когда наблюдалась почвенная засуха (независимо от числа случаев данного явления), на общее число лет наблюдений. Охват засухами и сильными засухами территории областей и республики в целом за май – сентябрь в каждом году определялся как процентное отношение числа пунктов наблюдений, которые подверглись почвенной или сильной почвенной засухе, к общему количеству пунктов наблюдений в области (республике). Анализ материалов, построение рисунков, таблиц выполнено с применением программного пакета MS Office Excel.

Результаты и их обсуждение. Оценка увлажнения территории Беларуси по запасам влаги. Как известно, проявление почвенной засухи во многом зависит от имеющихся влагозапасов в каждой почвенной разновидности, формирования и динамики водного режима, которые зависят не только от климатических условий, но и рельефа местности, гранулометрического состава почв и содержания в них гумуса, генетических особенностей почвообразования и др. [4]. В связи с этим становятся актуальными оценки количественных показателей содержания продуктивной влаги в почве, начала почвенной засухи и ее продолжительности по территории и времени. Согласно оценкам средних запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см на постоянных полевых участках по пунктам наблюдений гидрометеорологической сети и областям за период 1989–2018 гг. наибольшие влагозапасы на всей территории наблюдаются в весенний и осенний периоды, наименьшие – в летние месяцы [7]. Самые низкие влагозапасы (16–20 мм) в летний период отмечены в пунктах наблюдений Гомельской и Брестской областей (Октябрь, Гомель, Лельчицы, Мозырь, Пинск, Полесская, Ивацевичи, Ганцевичи, Брест) на песчаных и рыхлых супесчаных почвах, подстилаемых песками, а самые высокие (40–45 мм) – на суглинистых почвах (Верхнедвинск, Езерище, Полоцк, Шарковщина, Витебск, Борисов, Новогрудок, Костюковичи, Могилев).

На рис. 1 приведены значения ежегодных запасов влаги по областям, которые определялись в пунктах наблюдений в области на одних и тех же постоянных полевых участках, что дает возможность оценивать динамику изменения влагозапасов только от погодных условий (изменение климата).

На территории всех областей за период потепления в целом наблюдается тенденция к снижению запасов продуктивной влаги в верхнем слое почвы. Наиболее выраженное и статистически значимое изменение (снижение) запасов продуктивной влаги, рассчитанное по критерию Стьюдента, отмечается в Гомельской области, что объясняется преобладанием более легких по механическому составу почв, более высокими температурами воздуха относительно остальных областей, а также недостаточным увлажнением территории [2–4].

Значимое снижение влагозапасов в почве за исследуемый период наблюдается в пунктах наблюдений Полоцк, Докшицы, Новогрудок, Костюковичи, Пинск, Полесская, Гомель, Житковичи. В Дрогичине, Орше, Ошмянах, Столбцах и Шарковщине тренд восходящий. Для объяснения указанных изменений влажности почвы, особенно ее увеличения, необходимы дополнительные исследования на предмет этих изменений (зависимость запасов влаги от количества осадков, значения ГТК, испарение, влияние местных факторов).

Для расчета повторяемости и продолжительности засух использованы данные влагозапасов всех участков, на которых проводилось определение влажности почвы, кроме участков с торфяными почвами. Использование всех участков с различными по механическому составу почвами дает возможность увеличить объемы выборки по влажности почвы и получить более точные значения повторяемости почвенных засух. Началом почвенной засухи в соответствии с установленными критериями считались запасы продуктивной влаги 10 мм и менее в слое почвы 0–20 см [6]. Почвенная

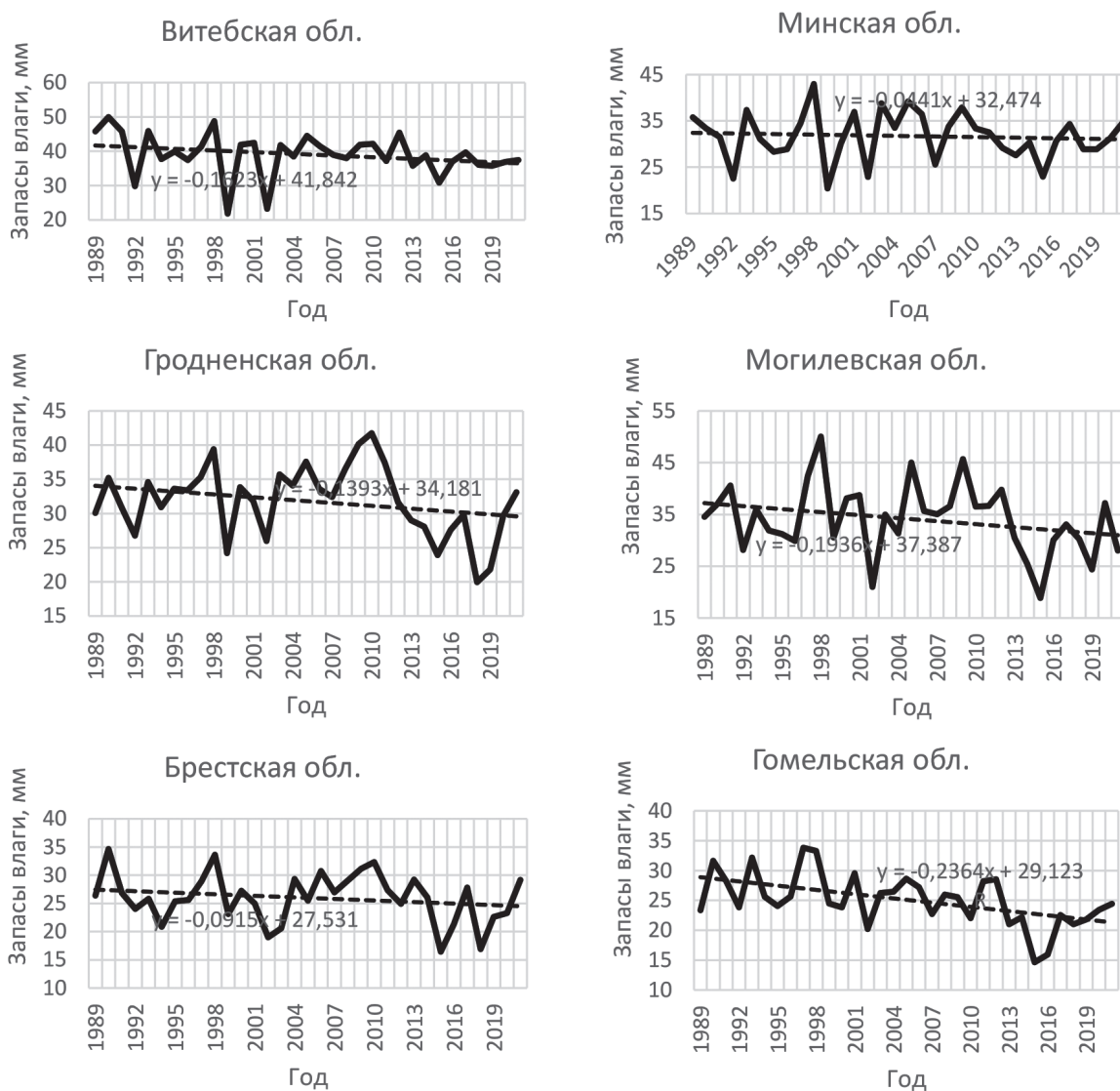


Рис. 1. Изменение средних запасов продуктивной влаги (мм) в слое почвы 0–20 см по административным областям Беларуси (май – сентябрь) за период потепления (1989–2021 гг.) на постоянных полевых участках

засуха продолжительностью три декады и более подряд считалась продолжительной или сильной [2]. Эти критерии были взяты за основу при фиксировании почвенных засух и дальнейших расчетах их повторяемости и продолжительности. Результаты расчетов повторяемости засух и сильных засух по пунктам наблюдений по областям за период активной вегетации сельскохозяйственных культур (май – сентябрь) приведены на рис. 2.

Анализ приведенных данных показывает, что наибольшая повторяемость обычных и сильных почвенных засух наблюдается на участках с песчаными и рыхлыми супесчаными почвами, подстилаемых песками, в пунктах наблюдений Брест, Ганцевичи, Дрогичин, Полесская, Пружаны, Гомель, Октябрь, Мозырь, Василевичи, Жлобин. Повторяемость сильных засух примерно в 2 раза ниже повторяемости обычных. В Гомельской и Брестской областях во всех пунктах наблюдений (кроме Дрогичина) повторяемость засух превысила 70 %. Для сравнения: только по двум пунктам в Витебской (Лынтупы и Сенно) и Могилевской (Бобруйск и Могилев) областях отмечена повторяемость засух более 50 %. В пунктах наблюдений Новогрудок (Гродненская область) и Борисов (Минская область) отмечена самая низкая повторяемость почвенных засух на территории республики (18 % и 24 % соответственно), а сильные засухи (продолжительностью более трех декад подряд) в районе указанных пунктов наблюдений не отмечались. В Пружанах в 1989–2021 гг. не было ни одного года без засухи в мае – сентябре, а наибольшая повторяемость (60 %) сильных засух за указанное время зафиксиро-

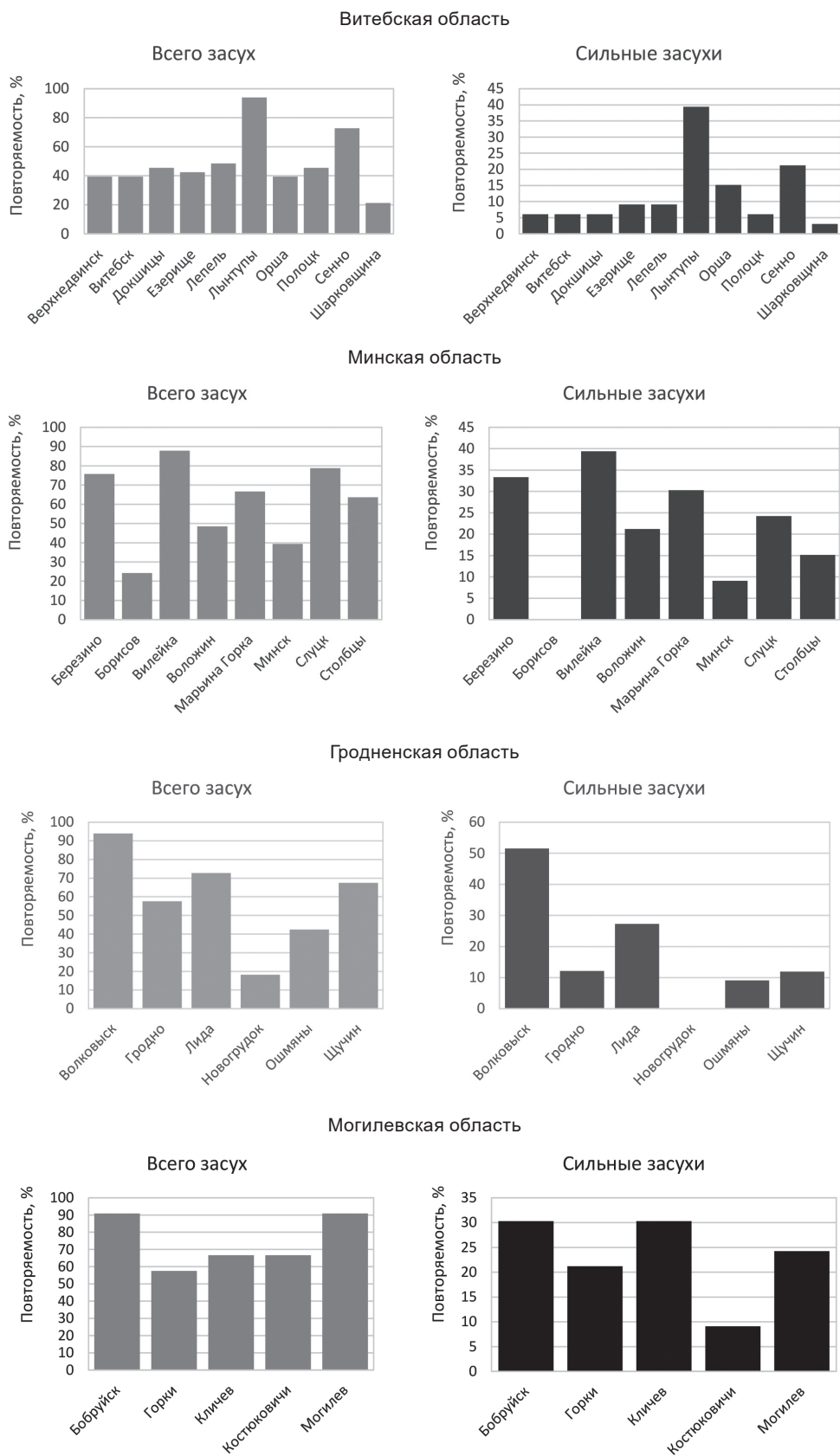


Рис. 2. Повторяемость (%) лет с засухой и сильной засухой в слое почвы 0–20 см за период активной вегетации сельскохозяйственных культур (май – сентябрь) по пунктам наблюдений (окончание см. на с. 16)

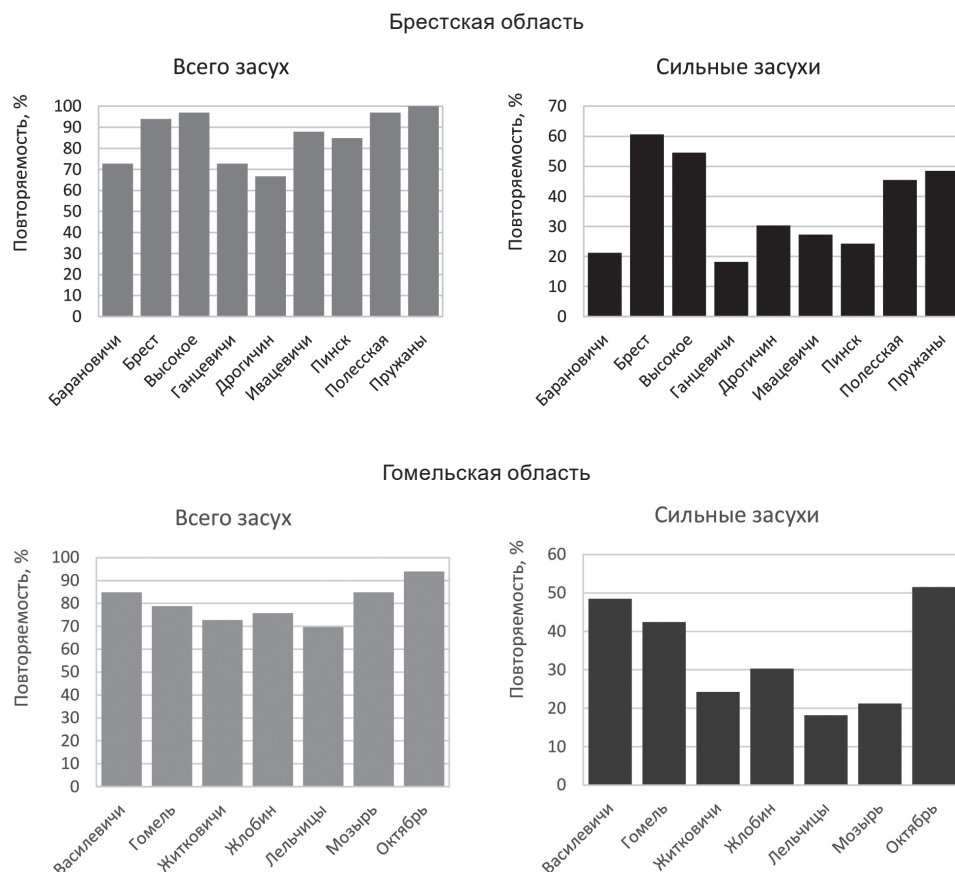


Рис. 2. Продолжение (начало см. на с. 15)

рована в Бресте. Следует отметить, что максимальная продолжительность сильных засух – восемь декад за исследуемый период наблюдалась в различные годы в Гомеле (08.07 – 18.09.2014), Бресте (18.07–28.09.2003), Высоком (18.07–28.09.2002 и 18.06–28.08.2015) [2].

Повторяемость засух в мае – сентябре в целом дает общую картину распределения засух по территории Беларуси в период активной вегетации. Вместе с тем важно владеть информацией о распределении засух по территории (по пунктам наблюдений) и времени (по месяцам). Анализ повторяемости засух по пунктам наблюдений по месяцам показывает, что только на территории Витебской области отсутствовали почвенные засухи в апреле, а сильные засухи в мае отмечены в одном пункте наблюдений – Лынтупы. В других областях, за исключением Брестской и Гомельской, сильные засухи в мае – довольно редкое явление. За период потепления почвенные засухи отмечались в третьей декаде апреля в южных областях в пунктах наблюдений Брест (1993 г.), Ганцевичи (2006 г.), Полесская (1999, 2007 гг.), Василевичи (2007 г.), Гомель (1996, 2009, 2014 гг.), Житковичи, Лельчицы (2009 г.), Мозырь (1993, 2014, 2015 гг.), Октябрь (2009, 2011 гг.). В пунктах наблюдений Полесская (1994 г.) и Брест (1993 г.) отмечена почвенная засуха во второй декаде апреля, чего раньше не наблюдалось [2]. В пунктах Брест и Гомель имели место засухи на отдельных наблюдательных участках даже в первую декаду апреля в 1991 и 2016 гг. соответственно. Уменьшение запасов влаги в апреле обусловлено более ранними весенними процессами (сход снежного покрова, оттаивание и просыхание почвы), существенным повышением температуры воздуха и снижением количества осадков. При этом следует отметить, что в апреле на территории Гомельской области повторяемость почвенных засух и площади охвата ими территории (количество пунктов наблюдений) выше, чем в Брестской.

Наибольшая повторяемость почвенных засух во всех областях наблюдается в летние месяцы в пунктах наблюдений с легкими почвами: Лынтупы, Сенно (Витебская область); Березино, Вилейка, Слуцк (Минская область); Волковыск, Щучин (Гродненская область); Бобруйск, Кличев (Могилевская область); Брест, Ганцевичи, Дрогичин, Полесская, Пружаны (Брестская область) и Гомель, Октябрь, Мозырь, Василевичи, Жлобин (Гомельская область). На рис. 3 приведена повторяемость лет (%) с почвенными засухами и продолжительными (сильными) засухами в слое почвы 0–20 см по

месяцам по данным пунктов наблюдений Витебской (наименьшая повторяемость засух) и Гомельской (наибольшая повторяемость засух) областей.

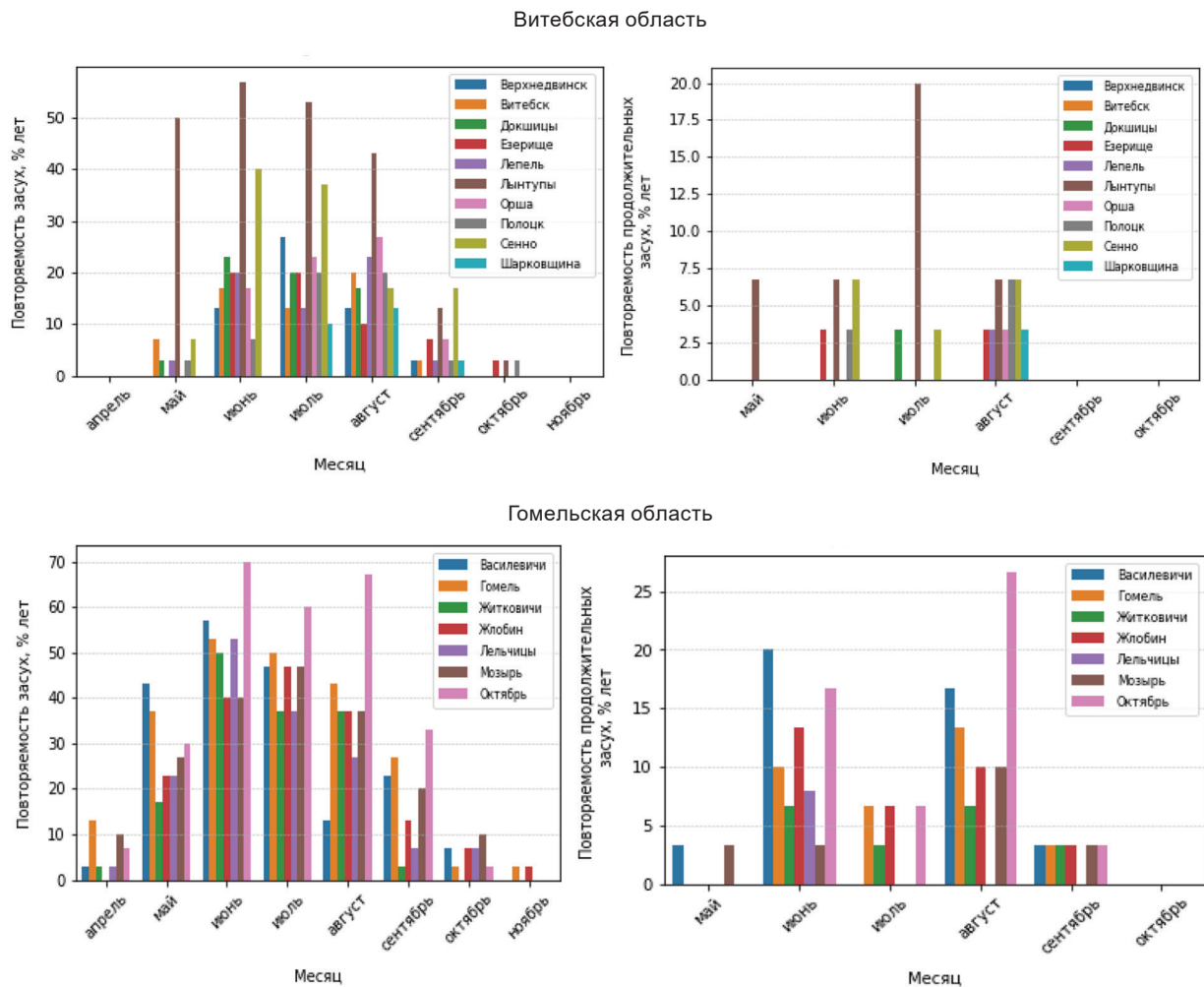


Рис. 3. Повторяемость лет (%) с почвенными засухами и продолжительными (сильными) засухами в слое почвы 0–20 см по месяцам в пунктах наблюдений Витебской и Гомельской областей

Как известно, на сельскохозяйственный сектор экономики влияние оказывает не только продолжительность засух, но и их распространение по площади. Охват засухами и сильными засухами территории областей (%) и республики в целом в мае – сентябре приведен на рис. 4.

Как видно из рис. 4, на территории Республики Беларусь почвенные засухи фиксировались почти каждый год за все время наблюдений (пусть даже в отдельных пунктах на участках), за исключением нескольких наиболее влажных лет. В период потепления 1989–2021 гг. наиболее выраженная динамика охвата территорий почвенными засухами имела место в Гомельской, Могилевской и Гродненской областях за последние два десятилетия. Слабая тенденция к росту охвата территории засухами наблюдается в Витебской и Брестской областях. В Минской области в целом наблюдается тенденция к снижению охвата территории засухами. В Витебской и Минской областях наибольшую площадь засухи охватывали в 1999 и 2002 гг., в остальных областях – в 2015 г. Наибольшая динамика роста охвата территории сильными засухами выражена в Гомельской области, особенно в 2013–2021 гг., в Гродненской и Могилевской областях отмечен их слабый рост. Почти отсутствует динамика роста сильных засух в Витебской и Брестской областях, а в Минской области наблюдается тенденция к их уменьшению.

Статистика трендов охвата почвенными засухами территории Беларуси говорит об их незначительном росте, в то же время необходимо отметить цикличность динамики территориального охвата засух (9–12 лет), которая была выявлена на территории Белорусского Полесья [1, 2]. Исходя

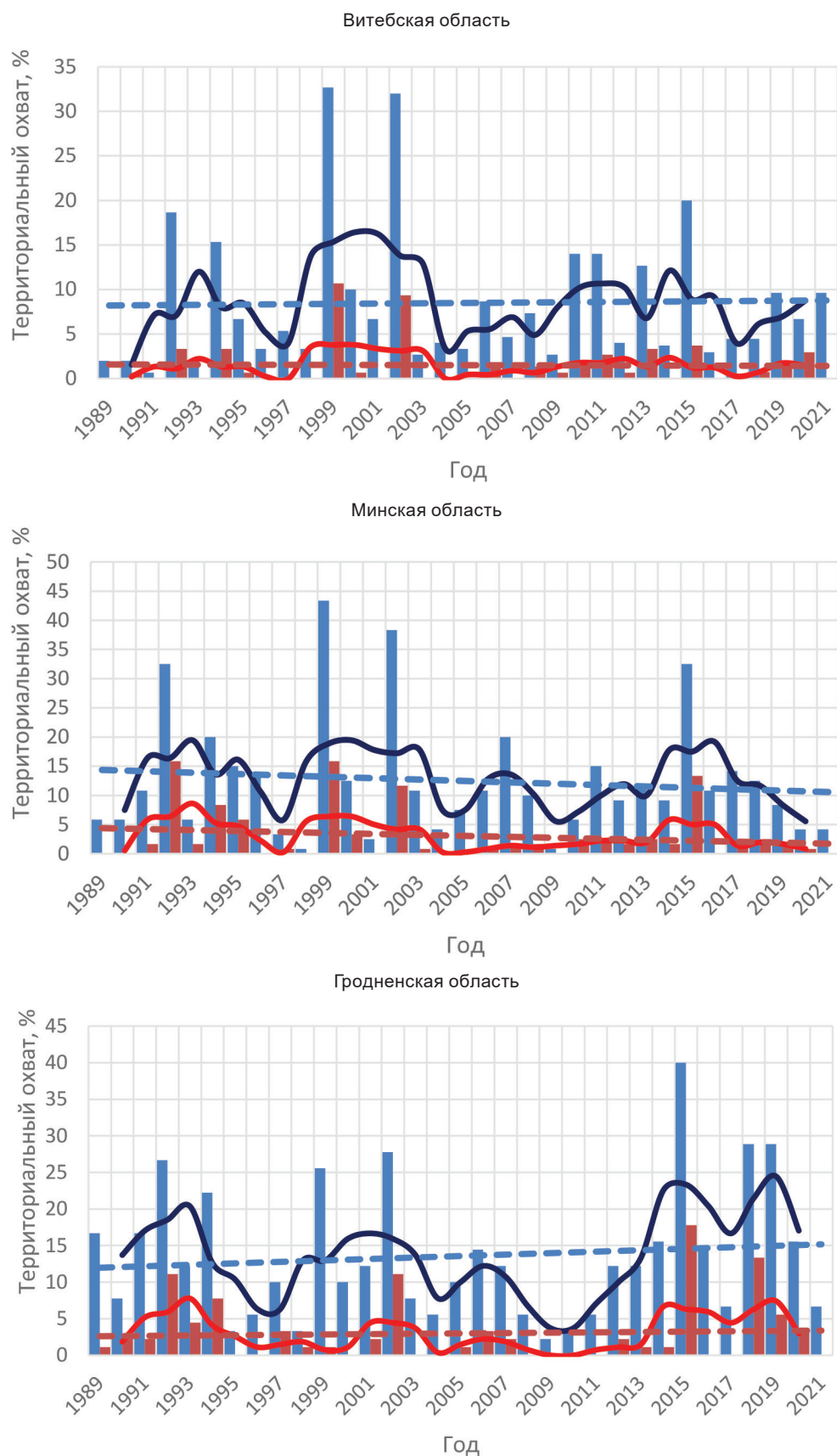


Рис. 4. Охват областей (%) и страны в целом засухами и сильными засухами по годам в мае – сентябре (продолжение и окончание см. на с. 19 и 21)

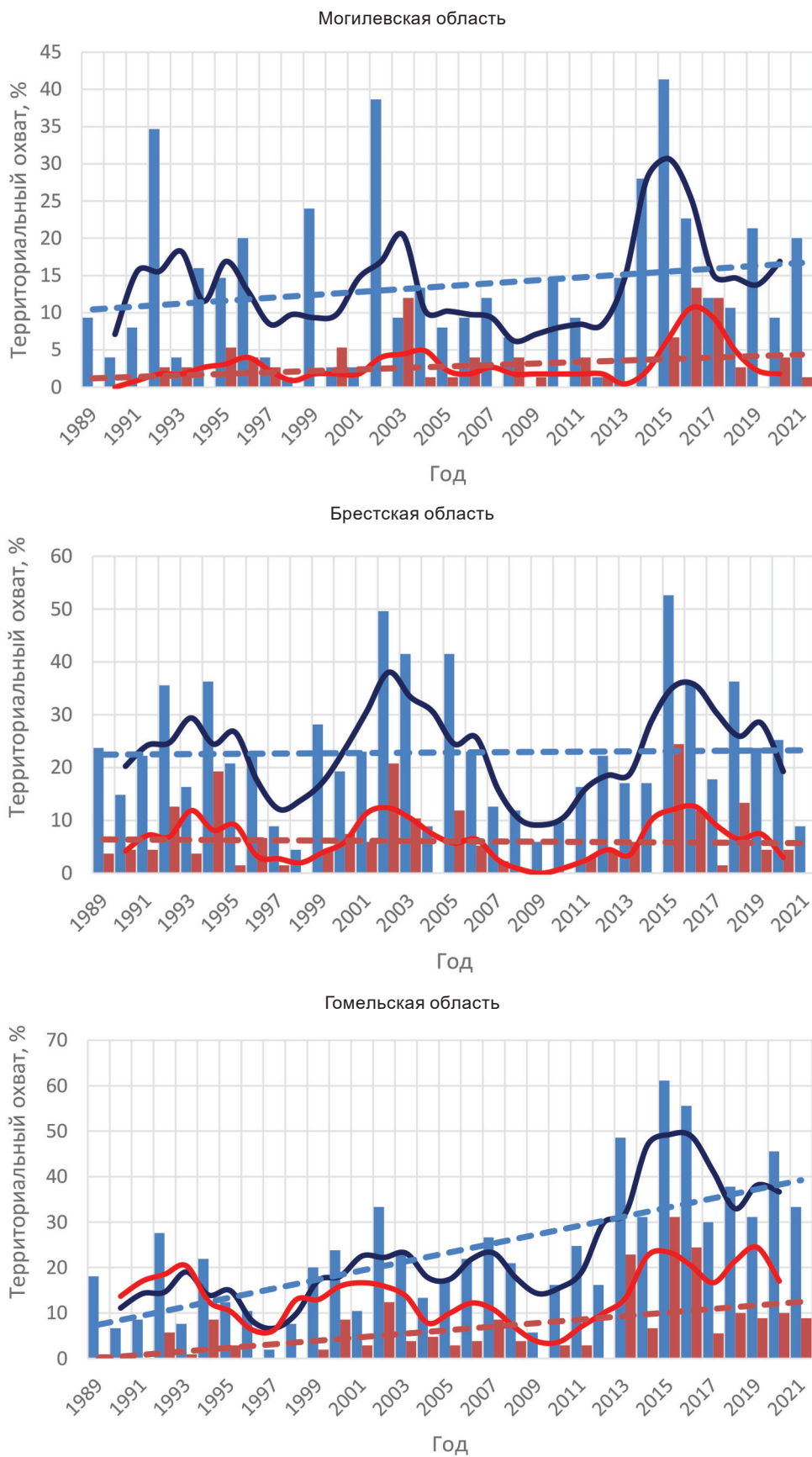


Рис. 4. Подолжение (начало см. на с. 18, окончание – на с. 20)

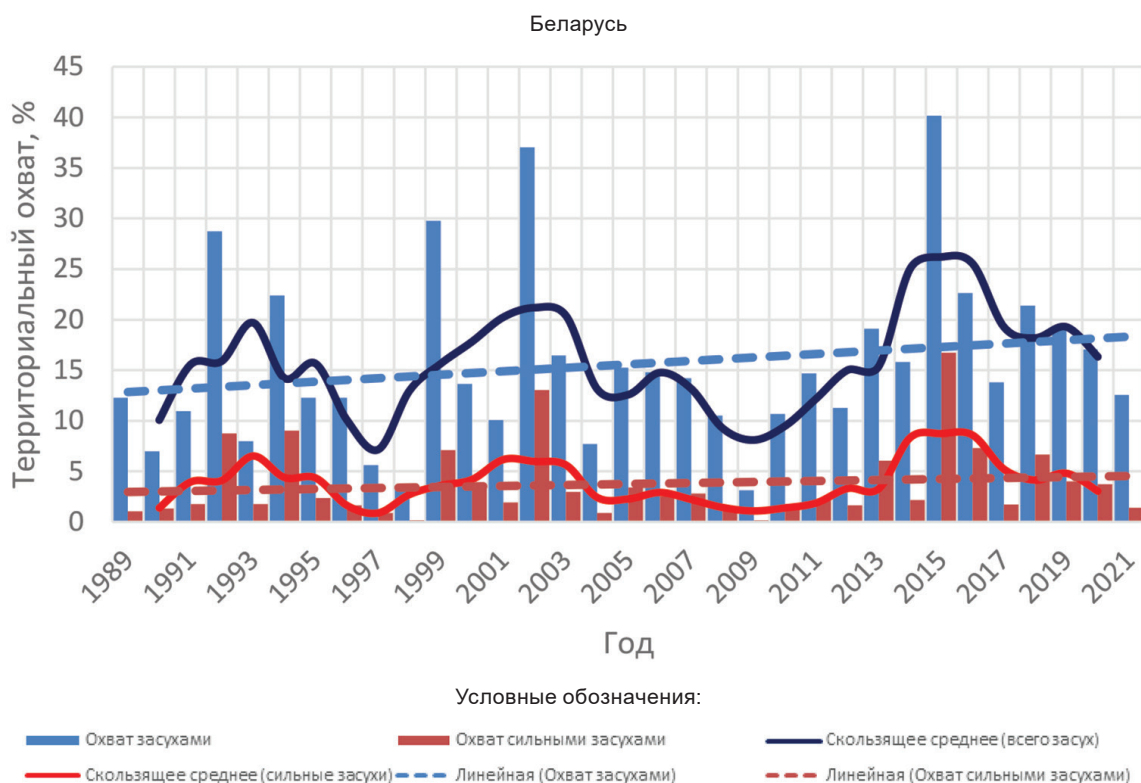


Рис. 4. Окончание (начало см. на с. 18 и 19)

из цикличности территориального охвата почвенных засух можно прогнозировать их максимальный рост примерно к 2025–2026 гг.

Заключение. На территории Беларуси за период потепления 1989–2021 гг. в целом наблюдается тенденция к снижению запасов влаги в верхнем слое почвы 0–20 см во всех областях, но статистически значимое их снижение наблюдается только в Гомельской области.

Наибольшая повторяемость почвенных засух во всех областях наблюдается в летние месяцы в пунктах наблюдений с легкими по механическому составу почвами: Лынтупы, Сенно (Витебская область); Березино, Вилейка, Слуцк (Минская область); Волковыск, Щучин (Гродненская область); Бобруйск, Кличев (Могилевская область); Брест, Ганцевичи, Дрогичин, Полесская, Пружаны (Брестская область) и Гомель, Октябрь, Мозырь, Василевичи, Жлобин (Гомельская область).

За период потепления динамика охвата областей засухами неоднозначна: наибольший процент охвата за последних два десятилетия – в Гомельской, Могилевской и Гродненской областях; далее идут Брестская и Витебская области; в Минской области в целом наблюдается тенденция к снижению охвата территории засухами. В Витебской и Минской областях наибольшую площадь территории засухи охватывали в 1999 и 2002 гг., в остальных областях – в 2015 г.

Динамика роста охвата территории сильными засухами наиболее выражена в Гомельской области, особенно в 2013–2021 гг. В Гродненской и Могилевской областях отмечен их слабый рост. Почти отсутствует динамика роста сильных засух в Витебской и Брестской областях, а в Минской области наблюдается тенденция к их уменьшению.

Подтвержден циклический характер (9–12 лет) максимальной повторяемости засух, включая сильные, который выявлен ранее в южных областях и который, возможно, связан с глобальными процессами в атмосфере (изменение траекторий перемещения циклонов, смена фаз Североатлантического колебания и Атлантического мультидекадного колебания), что требует дополнительных исследований. Исходя из цикличности территориального охвата почвенных засух можно прогнозировать их максимальный рост примерно к 2025–2026 гг.

Пространственно-временные изменения повторяемости засух и их продолжительность, выявленные циклы изменения почвенных засух по областям необходимо учитывать при планировании и обосновании технологий возделывания сельскохозяйственных культур на территории Беларуси.

Список использованных источников

1. Оценка влагозапасов и повторяемости почвенных засух на территории Белорусского Полесья в условиях современного изменения климата / В. И. Мельник [и др.] // Природные ресурсы. – 2020. – № 2. – С. 104–115.
2. Пространственно-временные изменения почвенных засух на территории Белорусского Полесья в условиях современного изменения климата / В. И. Мельник [и др.] // Природные ресурсы. – 2021. – № 1. – С. 15–21.
3. *Мееровский, А. С.* Уязвимость почв сельскохозяйственных земель к засухам в условиях потепления климата Белорусского Полесья / А. С. Мееровский, В. И. Мельник, В. М. Яцухно // Мелиорация. – 2021. – № 2 (96). – С. 29–36.
4. *Червань, А. Н.* Оценка и внутрирегиональные различия уязвимости почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья к засухам в условиях потепления климата / А. Н. Червань, В. И. Мельник, В. М. Яцухно // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, № 4. – С. 444–453.
5. *Логинов, В. Ф.* Особенности изменения осадков в Белорусском Полесье в современный период / В. Ф. Логинов, В. И. Мельник // Природные ресурсы. – 2019. – № 2. – С. 108–116.
6. О реализации Закона Республики Беларусь «О гидрометеорологической деятельности» [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 23 янв. 2007 г., № 75 // ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды». – Режим доступа: <https://belgidromet.by/uploads/files/documents/O-realizatsii-Zakona-Respubliki-Belarus-O-gidrometeorologicheskoy-deyatelnosti.pdf>. – Дата доступа: 21.12.2022
7. Научно-прикладной справочник по агроклиматическим ресурсам Республики Беларусь на основе современных изменений климата за 1989–2018 годы / ГНУ «Ин-т природопользования НАН Беларуси», ГУ «Респ. центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды»; под ред. И. С. Данилович, В. И. Мельника. – Минск, 2020. – 331 с.

Поступила 01.02.2023

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

WATER RESOURCES

ВОДНЫЯ РЭСУРСЫ

ISSN 1810-9810 (Print)

УДК 504.4:504.06

О. М. Таврыкина, Е. И. Громадская*Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов,
Минск, Беларусь, e-mail: tavrykina@mail.ru***РЕЗУЛЬТАТЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ РОДНИКОВ БЕЛАРУСИ
И ВАЖНОСТЬ ИХ СОХРАНЕНИЯ
КАК ЭЛЕМЕНТА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Аннотация. Проведено масштабное обследование родников Республики Беларусь, являющихся не только поверхностными водными объектами, потенциально пригодными в качестве альтернативных нецентрализованных источников питьевого водоснабжения, но и элементом экологической безопасности страны. Все возрастающая антропогенная нагрузка на экологическую сферу, в том числе и на водные ресурсы, истощение, радиоактивное, химическое и биологическое загрязнение вод – основные потенциальные либо реально существующие угрозы национальной безопасности. Несмотря на достаточно большие запасы пресной питьевой воды в республике, это исчерпаемый ресурс, и при неправильном управлении он подвержен угрозе истощения. В ходе исследования подтверждено наличие на местности 1 183 родников, 95 % которых имеют дебит 0,01–0,1 л/с, что позволяет обеспечить суточную потребность в питьевой воде 4 л на человека при условии пригодности 75 % верифицированных родников.

Ключевые слова: родник, элемент экологической безопасности, поверхностный водный объект, территориальное распределение родников, дифференцирование по дебиту

A. M. Tavrykina, A. I. Hramadskaya*Central Research Institute for Complex Use of Water Resources, Minsk, Belarus, e-mail: tavrykina@mail.ru***RESULTS OF INVENTORY OF SPRINGS IN BELARUS AND THE IMPORTANCE OF PRESERVING
AS AN ELEMENT OF ENVIRONMENTAL SAFETY**

Abstract. A large-scale survey of the springs of the Republic of Belarus was conducted, which are not only surface water bodies potentially suitable as alternative non-centralized sources of drinking water supply, but also an element of the country's environmental safety. The increasing anthropogenic load on the environmental sphere, including water resources, depletion, radioactive, chemical and biological pollution of waters are the main potential or real threats to national security. Despite the rather large reserves of fresh drinking water in the republic, it is an exhaustible resource and, if mismanaged, it is subject to the threat of depletion. The study confirmed the presence of 1 183 springs on the ground, 95 % of which have a flow rate of 0.01–0.1 l/s, which allows providing a daily drinking water requirement of 4 liters per person, provided that 75 % of the verified springs are suitable.

Keywords: spring, element of environmental safety, surface water object, territorial location of springs, differentiation by flow rate

A. M. Таўрыкіна, А. І. Грамадская*Цэнтральны навукова-даследчы інстытут комплекснага выкарыстання водных рэсурсаў,
Мінск, Беларусь, e-mail: tavrykina@mail.ru***ВЫНІКІ ІНВЕНТАРЫЗАЦЫІ КРЫНІЦ БЕЛАРУСІ І ВАЖНАСЦЬ ІХ ЗАХОЎВАННЯ
ЯК ЭЛЕМЕНТА ЭКАЛАГІчнай БЯСПЕКІ**

Анотацыя. Праведзена маштабнае абследаванне крыніц Рэспублікі Беларусь, якія з'яўляюцца не толькі паверхневымі воднымі аб'ектамі, патэнцыйна прыдатнымі ў якасці альтэрнатыўных нецэнтралізаваных крыніц пітнага водазабеспячэння, але і элементам экалагічнай бяспекі краіны. Узростаючая антрапагенная нагрузка на экалагічную сферу, у тым ліку і на водныя рэсурсы, спусташэнне, радыеактыўнае, хімічнае і біялагічнае забруджванне вод – асноўныя патэнцыйныя або рэальна існуючыя пагрозы нацыянальнай бяспекі. Нягледзячы на дастаткова вялікія запасы прэснай пітной вады ў рэспубліцы, гэта вычарпальны рэсурс, і пры няправільным кіраванні ён схільны да пагрозы спусташэння. У ходзе даследавання пацверджана наяўнасць на мясцовасці 1 183 крыніц, 95 % якіх маюць дэбіт 0,01–0,1 л/с, што дазваляе забяспечыць сутачную патрэбу ў пітной вадзе 4 л на чалавека, пры ўмове прыдатнасці 75 % верыфікаваных крыніц.

Ключавыя словы: крыніца, элемент экалагічнай бяспекі, паверхневы водны аб'ект, тэрытарыяльнае размеркаванне крыніц, дыферэнцыяцыя па дэбіту

Введение. Известно, что основными национальными интересами в экологической сфере являются: обеспечение экологически благоприятных условий жизнедеятельности граждан; устойчивое природно-ресурсное обеспечение социально-экономического развития страны; рациональное использование природно-ресурсного потенциала; сохранение биологического и ландшафтного разнообразия, экологического равновесия природных систем; содействие поддержанию глобального и регионального экологического равновесия. Вместе с тем растет антропогенная нагрузка на экологическую сферу и водные ресурсы. Истощение водных ресурсов, радиоактивное, химическое и биологическое загрязнение вод являются основными потенциальными либо реально существующими угрозами национальной безопасности. В случае возникновения чрезвычайных ситуаций, аварий, бедствий, в результате которых доступ к централизованному водоснабжению может отсутствовать, родники потенциально могут стать основным источником питьевой воды.

В Республике Беларусь хозяйственно-питьевое водоснабжение 208 городов и поселков городского типа, а также 5 415 сельских населенных пунктов и других потребителей базируется на использовании подземных вод. В качестве источников водоснабжения используются 13 подземных водоносных горизонтов (комплексов) [1].

Подземные водоносные горизонты (комплексы) в совокупности представляют слоистую, этажно расположенную водоносную систему (или зону подземных вод питьевого качества), общая мощность которой на территории республики изменяется от менее 100 (район г. Полоцка) до 1 300 м (район г. Бреста) при преимущественном (среднем) значении около 400 м. В установившейся практике использования подземных вод в стране для водоснабжения первый (верхний) подземный водоносный комплекс (грунтовые воды) применяется главным образом для индивидуального водоснабжения населения в сельских населенных пунктах, а остальные, залегающие последовательно ниже, – для централизованного и нецентрализованного водоснабжения городов и поселков городского типа, а также других потребителей.

Всего по состоянию на 2019 г. добыча подземных вод в республике осуществлялась в размере 2 208 тыс. м³/сут, что составляло 4,5 % от общего ресурсного потенциала (49,6 млн м³/сут.), в 2020 г. добыча снизилась на 0,4 %. Однако потребление воды на одного жителя в целом по республике в среднем в 2 и более раз выше, чем в большинстве стран Европы (100–150 л/сут.) [2].

Важный элемент экологической безопасности – родники, представляющие собой естественный выход подземных вод [3]. Но они все же являются поверхностными водными объектами и, следовательно, находятся под риском загрязнения и истощения. Интерес к родниковой воде как нецентрализованному источнику питьевого водоснабжения с течением времени не снижается. Традиционно природная вода источников среди городского и сельского населения считается чистой и целебной. Однако для того, чтобы однозначно заявить, что родники смогут обеспечить суточную потребность человека в питьевой воде, необходимо не только оценить качественный состав воды родников и их мощность (дебит), но и обеспечить защиту источника от внешних загрязнителей.

Цель работы – верифицировать родники Беларуси, определить их точное местонахождение с указанием географических координат, изучить морфометрические и гидрологические характеристики, тип питания, степень обустроенности, наличие каптажа и подхода к роднику, принадлежность к особо охраняемым природным территориям (ООПТ).

Методы исследования. Масштабное обследование родников республики было проведено РУП «ЦНИИКИВР» в 2017–2020 гг. в рамках Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2016–2020 гг. [4]. Верифицировано на местности более 1 000 родников, оценено их состояние, определено точное местонахождение с указанием географических координат, изучены морфометрические и гидрологические характеристики, тип питания, степень обустроенности, наличие каптажа и подхода к роднику, принадлежность к ООПТ. Верификация проведена путем выезда на местность с использованием беспилотного летательного аппарата с последующей обработкой данных в геоинформационной системе.

Результаты и их обсуждение. По результатам инвентаризации [5] раздел «Реестр поверхностных водных объектов Республики Беларусь» информационной системы государственного водного кадастра [6, 7] наполнен пространственными (картографическими) и тематическими данными по каждому обследованному роднику. Доступ к результатам инвентаризации открыт на сайте РУП «ЦНИИКИВР» (<http://www.cricuwr.by>), а также в книге «Родники Беларуси», вышедшей в 2020 г. [8].

В Беларуси официально верифицировано 1 183 родника, которые относительно равномерно распределены по областям (рис. 1). Наибольшее количество родников сосредоточено в Могилевской, Минской и Гродненской (22, 20 и 19 % соответственно), меньше всего – в Гомельской (13 %) и Брестской (10 %) областях [9]. При этом большого перевеса в той либо иной области также не наблюда-

ется, поэтому можно констатировать, что с точки зрения обеспечения дополнительными источниками питьевой воды в республике сложились благоприятные условия.

По сведениям лаборатории озераведения Белорусского государственного университета, наибольшее количество родников в республике находится на холмисто-моренных и эрозионных ландшафтах с высокой глубиной расчленения рельефа северной и центральной частей Беларуси [10]. На равнинных и низменных местностях Предполесья и Полесья родников сравнительно немного, располагаются они преимущественно по долинам рек, что подтверждается экспедиционными исследованиями, по результатам которых определено, что в Гомельской области и южной части Брестской области родников меньше, чем в Гродненской, Могилевской областях, а также в северной части Минской области.



Рис. 1. Распределение родников по областям

Распределение родников по районам в пределах областей оказалось более неравномерным (таблица). Так, в Брестской области более половины родников – 78 (64 %) распределены по трем районам: Барановичский – 48 (39 %), Каменецкий – 18 (15 %) и Брестский – 12 (10 %). В Жабинковском районе родников нет вообще, в Малоритском и Кобринском насчитывается по одному, в Березовском, Дрогичинском, Ивановском, Лунинецком – по 2 родника. В Гродненской области большинство родников (85, или 38 %) расположены в Гродненском и Слонимском районах – 52 (23 %) и 33 (15 %) соответственно, в Минской области 63 (27 %) родника относятся к Минскому и Логойскому районам – 40 (17 %) и 23 (10 %) соответственно. В Гомельской области на долю Чечерского и Мозырского районов приходится наибольшее количество родников – 63 (42 %) и по районам соответственно 36 (24 %) и 27 (18 %). Отмечено относительно равномерное распределение родников по районам Витебской (от 1 до 18 (1–9 %)) и Могилевской (от 4 до 25 (2–10 %)) областей. В Витебской области наименьшее количество родников находится в Дубровенском и Шарковщинском районах; в Гомельской – в Брагинском, Хойникском, Ельском, Житковичском, Октябрьском, Петриковском; в Минской области – в Слуцком и Стародорожском; в Брестской области – в Кобринском и Малоритском районах.

Распределение родников по районам

Район	Количество родников	% по области	Район	Количество родников	% по области
<i>Брестская область</i>			<i>Гродненская область</i>		
Барановичский	48	39	Берестовицкий	5	2
Березовский	2	2	Волковысский	18	8
Брестский	12	10	Вороновский	7	3
Ганцевичский	3	2	Гродненский	52	23
Дрогичинский	2	2	Дятловский	11	5
Жабинковский	0	0	Зельвенский	15	7
Ивановский	2	2	Ивьевский	3	1
Ивацевичский	4	3	Кореличский	14	6
Каменецкий	18	15	Лидский	3	1
Кобринский	1	1	Мостовский	11	5
Лунинецкий	2	2	Новогрудский	16	7
Ляховичский	8	7	Ошмянский	10	4
Малоритский	1	1	Островецкий	7	3
Пинский	9	7	Свислочский	7	3

Район	Количество родников	% по области	Район	Количество родников	% по области
Пружанский	6	5	Слонимский	33	15
Столинский	4	3	Сморгонский	11	5
			Щучинский	6	3
<i>Витебская область</i>			<i>Минская область</i>		
Бешенковичский	4	2	Березинский	11	5
Браславский	10	5	Борисовский	18	8
Верхнедвинский	13	7	Вилейский	8	3
Витебский	18	9	Воложинский	13	6
Глубокский	15	8	Дзержинский	16	7
Городокский	10	5	Клецкий	3	1
Докшицкий	15	8	Копыльский	5	2
Дубровенский	1	1	Крупский	11	5
Лепельский	18	9	Логойский	23	10
Лиозненский	3	2	Любанский	3	1
Миорский	4	2	Минский	40	17
Оршанский	18	9	Молодечненский	10	4
Полоцкий	14	7	Мядельский	18	8
Поставский	2	1	Несвижский	5	2
Россонский	6	3	Пуховичский	7	3
Сенненский	9	5	Слуцкий	1	0
Толочинский	11	6	Смолевичский	11	5
Ушачский	13	7	Солигорский	6	3
Чашникский	3	2	Стародорожский	1	0
Шарковщинский	1	1	Столбцовский	10	4
Шумилинский	5	3	Узденский	5	2
			Червенский	7	3
<i>Гомельская область</i>			<i>Могилевская область</i>		
Брагинский	0	0	Бельничский	10	4
Буда-Кошелевский	4	3	Бобруйский	12	5
Ветковский	12	8	Быховский	15	6
Гомельский	9	6	Глусский	5	2
Добрушский	5	3	Горецкий	13	5
Ельский	1	1	Дрибинский	25	10
Житковичский	1	1	Кировский	5	2
Жлобинский	7	5	Климовичский	16	6
Калинковичский	6	4	Кличевский	4	2
Кормянский	7	5	Краснопольский	6	2
Лельчицкий	7	5	Кричевский	16	6
Лоевский	4	3	Круглянский	4	2
Мозырский	27	18	Костюковичский	10	4
Наровлянский	3	2	Могилевский	17	7
Октябрьский	1	1	Мстиславский	13	5
Петриковский	1	1	Осиповичский	8	3
Речицкий	3	2	Славгородский	24	9
Рогаческий	11	7	Хотимский	5	2
Светлогорский	5	3	Чаусский	25	9
Хойникский	0	0	Чериковский	14	5
Чечерский	36	24	Шкловский	10	4

В среднем в республике плотность родников составляет 0,57 родника на 100 км² территории, на 100 тыс. человек приходится 12,7 родника. Многие родники известны по всей республике и являются популярными местами, куда приезжают люди за чистой водой. Они относятся к памятникам природы республиканского и местного значения, имеют статус особо охраняемых природных объектов (рис. 2, 3). Для них установлен особый режим охраны и использования, запрещаются виды деятельности, угрожающие их сохранности. В целом в республике насчитывается 108 родников, являющихся памятниками природы республиканского и местного значения, что составляет 9,1 % от их общего количества.



Рис. 2. Количество родников в областях, относящихся к памятникам природы республиканского значения



Рис. 3. Количество родников в областях, относящихся к памятникам природы местного значения

Важным показателем, характеризующим состояние родника, является его производительность, или дебит, т. е. объем воды в единицу времени [11]. Преобладающее количество родников в республике (1 129, или 95 %) относятся к малодобитным, чей расход не превышает 1 л/с, 54 (5 %) относятся к среднедобитным с расходом 1–10 л/с (табл. 2). Наибольшим дебитом обладает родник «Голубая криница» (Могилевская область, Славгородский район) – 50 л/с [12]. К малодобитным (0,1–1,0 л/с) относятся 382 (32 %) родника, 508 (43 %) имеют незначительный дебит (0,01–0,1 л/с), 239 (20 %) родников считаются маломощными (0,01 л/с).

Дифференцирование родников по дебиту в пределах областей показано на рис. 4.

Зная распределение родников по дебиту, несложно рассчитать средний суммарный выход воды из всех родников, который составляет 51 043 392 л/сут. Тогда суточное потребление питьевой воды из родника на одного жителя республики составит 4,1 л (в случае пригодности для питьевых нужд 75 % источников). С учетом того, что человек в среднем выпивает от 1 до 3 л воды, родники способны полностью удовлетворить питьевую потребность белорусов.

Показатель изменчивости дебита родника играет важную роль. Он свидетельствует о постоянстве (или непостоянстве) расходов воды, а значит, об устойчивости водного режима родникового источника, условиях подпитки своим стоком близлежащих водных систем. Это обязывает специалистов вести постоянные наблюдения за данным показателем. В целом по виду, состоянию и обустроенности родникам Беларуси можно дать хорошую оценку. Большинство из них преобразованы и обустроены (в той или иной степени), а наиболее значимые – благоустроены, оснащены купелью, имеют удобный подход.

В общем в республике 815 (69 %) обустроенных родников расположены в селитебной и рекреационной зонах. Немалая их часть (368, или 31%) – природные, находятся в лесных массивах, залесенной территории, на полях или других ландшафтных участках либо в населенных пунктах и остаются в своем естественном состоянии, не изменены.

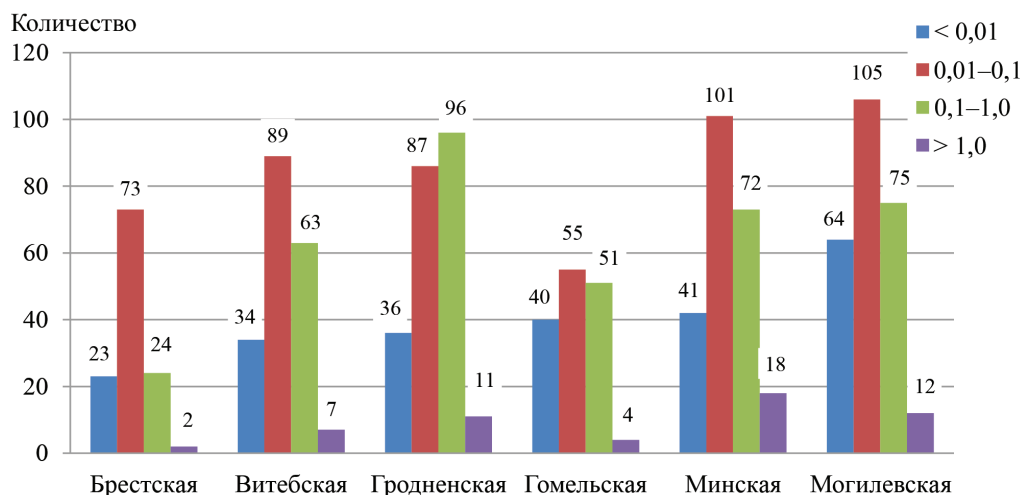


Рис. 4. Дифференцирование родников Беларуси по дебиту (л/сут.) в пределах областей

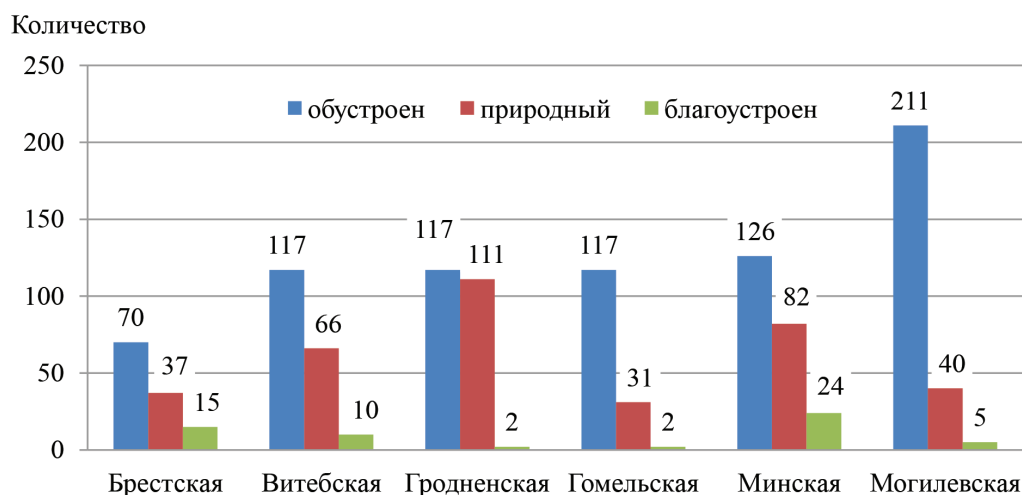


Рис. 5. Дифференцирование родников Беларуси по обустроенности

Относительно распределения родников по санитарно-техническому состоянию в пределах областей, наличию каптажных устройств необходимо отметить, что в каждой области основное количество родников видоизменены, обустроены. В Могилевской и Гомельской областях таких родников оказалось больше всего. Природными родниками наиболее богата Гродненская и Минская области (рис. 5).

Однако обустройство родников требует комплексного подхода с рассмотрением всех прилегающих к ним объектов, в том числе уровня залегания грунтовых вод, структуры и свойств почв, расположения элементов инфраструктуры, строительных и иных объектов, распаханности полей, расположения лесов и т. д. В случае неправильно проведенного обустройства может измениться качество воды родника, нарушиться его дебит вплоть до полного высыхания.

Предпочтение использования родниковой воды базируется в основном на органолептических показателях и не всегда подтверждается лабораторными исследованиями качества. В средствах массовой информации нередко появляются сведения о несоответствующем нормативам качестве воды из родников. Чаще всего наблюдаются превышения по содержанию нитрат- и фосфат-ионов, микробиологических показателей. Однако эти исследования носят поверхностный характер, поскольку не везде выполняются регулярно и не дают представления о полной картине функционирования родника.

По оценкам Всемирной организации здравоохранения, частота заболеваний, переносимых водой, является самой высокой. По данным ряда исследователей, родниковая вода, качество которой не подвергается постоянному контролю, может быть причиной различных заболеваний [13–15]. Каптаж родников для изъятия воды не является гарантом их безопасности и чистоты.

Заключение. Защита водных экосистем от различных источников загрязнения в последние годы является одной из основных задач водоохранной деятельности в большинстве стран мира. Огромное значение придается координированию усилий между органами землепользования и управления водными ресурсами.

Родники являются стратегическими объектами природы. При возникновении чрезвычайных ситуаций они могут выступать единственными источниками питьевой воды для населения. В настоящее время законодательством Республики Беларусь предусмотрены гарантии в области обеспечения населения качественной питьевой водой только в отношении централизованного водоснабжения, общей системы мониторинга по оценке качества воды из родников нет, а их исследования выполняются по усмотрению местных исполкомов.

Результаты работы по инвентаризации родников, проведенной по заданию Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, должны стать основой для дальнейшего более углубленного изучения родников как потенциальных источников нецентрализованного водоснабжения. Необходимо проведение научно-исследовательских работ с целью ранжирования изученных родников по пригодности к использованию на различные нужды (в первую очередь питьевые), выявления наиболее опасных периодов, характеризующихся загрязненной водой, и разработки комплекса мероприятий по сохранению и улучшению функционирования родников.

В рамках совершенствования природоохранного законодательства в настоящее время разработаны экологические нормы и правила по благоустройству родников и прилегающей территории. Целесообразно также усилить порядок проведения мониторинга поверхностных вод в части определения экологического состояния наиболее мощных по дебиту родников. Все это является основанием уделять больше внимания сохранению родников в качестве элементов экологической безопасности как в части проведения детального обследования качества вод, так и в необходимости заполнения пробелов в нормативной правовой базе по их сохранению и безопасному функционированию.

Важность родников как элемента экологической безопасности трудно переоценить, они нужны как для возможной нейтрализации внутренних источников угроз национальной безопасности в экологической сфере, так и при возникновении внешних угроз.

Список использованных источников

1. Экологический доклад по стратегической экологической оценке проекта Стратегии управления водными ресурсами в Республике Беларусь в условиях изменения климата на период до 2030 года / Водная инициатива Европейского союза плюс для стран Восточного партнерства; редкол.: П. Н. Захарко [и др.]. – Минск, 2020. – 199 с.
2. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2019 г.). – Минск, 2020.
3. Водный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]: 30 апр. 2014 г., № 149-З: принят Палатой представителей 2 апр. 2014 г.: одобр. Советом Респ. 11 апр. 2014 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2023.
4. Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов на 2016–2020 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 17 марта 2016 г., № 205 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by/ru/gosprog/>. – Дата доступа: 24.03.2023.
5. О некоторых мерах по реализации Водного кодекса Республики Беларусь [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 3 апр. 2017 г., № 245 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://etalonline.by>. – Дата доступа: 20.03.2022.
6. Информационная система Государственного водного кадастра Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://178.172.161.32:8081>. – Дата доступа: 20.03.2022.
7. Разработать научные основы подготовки и ведения реестра водных объектов Республики Беларусь: отчет о НИР (заключит.) / РУП «ЦНИИКИВР»; рук. В. Н. Корнеев. – №46/2017. – Минск, 2017. – 120 с.
8. Дубенок, С. А. Родники Беларуси / С. А. Дубенок, Е. И. Громадская, А. О. Русина. – Минск: Колорград, 2020. – 236 с.
9. Отчет о выполнении работ по договору № 18/3/1.11/2020 «Инвентаризация водных объектов (реки, озера, водохранилища, пруды, родники и ручьи)». Этап 4 (заключит.) / Е. И. Громадская. – Минск. – 2020. – 91 с.
10. СБ. Беларусь сегодня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/rodnikovaya-pravda.html>. – Дата доступа: 08.02.2022.
11. Словари и энциклопедии: Академик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dic.academic.ru/dic.nsf/econ_dict/6534. – Дата доступа: 20.03.2022.
12. Блакiтная кнiга Беларусi: энцыклапедыя / Беларус. энцыкл.; рэдкал.: Н. А. Дзiсько [i iнш.]. – Мiнск: БелЭн, 1994. – 415 с.
13. Буимова, С. А. Оценка качества родниковых вод Ивановской области и их влияния на здоровье населения: автореф. дис ... канд. хим. наук: 03.00.16 / С. А. Буимова / Иван. гос. химико-технол. ун-т. – Иваново, 2006. – 20 с.
14. Кузнецова, Т. А. Влияние родниковой воды на состояние здоровья населения (на примере Барышского района Ульяновской области) / Т. А. Кузнецова // Ульян. мед.-биол. журн. – 2016. – № 1. – С. 158–167.
15. Глазова, В. А. Безопасность родниковой воды для населения / В. А. Глазова, И. А. Гапоненков, О. А. Федорова // Изв. вузов. Аркт. регион. – 2016. – № 1. – С. 42–47.

Поступила 29.04.2022

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

BIOLOGICAL RESOURCES

БІЯЛАГІЧНЫЯ РЭСУРСЫ

ISSN 1810-9810 (Print)
УДК 576.895.122: 594.3**Л. Н. Акимова***Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам,
Минск, Беларусь, e-mail: akimova_minsk@mail.ru***ТРЕМАТОДЫ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С ЧУЖЕРОДНЫМ ВИДОМ ГАСТРОПОД
LITHOGLYPHUS NATICOIDES НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ**

Аннотация. Приводятся результаты исследования трематод, развивающихся с участием гастропод *Lithoglyphus naticoides*. Обследовано 7 414 экземпляров *L. naticoides* из рек Припять и Днепр на территории Беларуси за 2021–2022 гг. Зарегистрировано 12 видов трематод класса Trematoda, из которых 11 видов относятся к подклассу Digenea и один вид к подклассу Aspidogastrea. Вид *Aspidogaster conchicola* впервые отмечается у гастропод *L. naticoides*. Для данного вида трематод характерно паразитирование в двустворчатых моллюсках, а гастроподы *L. naticoides* являются случайным хозяином. Среднее значение зараженности гастропод трематодами за два года исследований в обеих реках составило 27,02 %. Наиболее часто регистрировались трематоды комплекса видов рода *Apophallus* и вид *Sanguinicola volgensis*, зараженность ими составила 13,44 и 7,06 % соответственно.

Ключевые слова: гастроподы, чужеродные виды, *Lithoglyphus naticoides*, трематоды, дигенеи, церкарии, Беларусь

L. N. Akimova*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources,
Minsk, Republic of Belarus, e-mail: akimova_minsk@mail.ru***TREMATODES ASSOCIATED WITH THE ALIEN GASTROPOD SPECIES *LITHOGLYPHUS NATICOIDES*
IN BELARUS**

Abstract. This article presents the results of the study of trematodes developing with the participation of the gastropod *Lithoglyphus naticoides*. Total 7 414 specimens *L. naticoides* from the Pripyat and Dnieper rivers in Belarus was surveyed for 2021–2022. Twelve species of trematodes of the class Trematoda have been recorded, of which 11 species belong to the subclass Digenea and one species to the subclass Aspidogastrea. The species *Aspidogaster conchicola* is first recorded in the gastropod *L. naticoides*. This trematode species is characterized by parasitism in bivalve mollusks, and gastropods *L. naticoides* are an accidental host. The average value of gastropods infection by trematodes for two years of research in both rivers was 27.02%. Trematodes of the species complex of the genus *Apophallus* and the species *Sanguinicola volgensis* were most frequently recorded, their infestation was 13.44 and 7.06 %, respectively.

Keywords: gastropods, alien species, *Lithoglyphus naticoides*, trematodes, digeneans, cercariae, Belarus

Л. М. Акімава*Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па біярэсурсах,
Мінск, Беларусь, e-mail: akimova_minsk@mail.ru***ТРЕМАТОДЫ, АСАЦЫІРАВАННЫЯ З ЧУЖАРОДНЫМ ВІДАМ ГАСТРАПОД *LITHOGLYPHUS NATICOIDES*
НА ТЭРЫТОРЫІ БЕЛАРУСІ**

Анатацыя. Прыводзяцца вынікі даследавання трэматоў, якія развіваюцца з удзелам гастрапод *Lithoglyphus naticoides*. Абследавана 7 414 экзэмпляраў *L. naticoides* з рэк Прыпяць і Днепр на тэрыторыі Беларусі за 2021–2022 гг. Зарэгістравана 12 відаў трэматоў класа Trematoda, з якіх 11 відаў адносяцца да падкласа Digenea і адзін від да падкласа Aspidogastrea. Від *Aspidogaster conchicola* ўпершыню адзначаецца ў гастрапод *L. naticoides*. Для гэтага віду трэматоў характэрна паразітаванне ў двухстворкавых малюсках, а гастраподы *L. naticoides* з'яўляюцца выпадковым гаспадаром. Сярэдняе значэнне заражанасці гастрапод трэматодамі за два гады даследавання ў абедзвюх рэках склала 27,02 %. Найбольш часта рэгістраваліся трэматыды комплексу відаў роду *Apophallus* і від *Sanguinicola volgensis*, заражанасць імі склала 13,44 і 7,06 % адпаведна.

Ключавыя словы: гастраподы, чужародныя віды, *Lithoglyphus naticoides*, трэматыды, дыгенеі, цэркарыі, Беларусь

Введение. Гастроподы *Lithoglyphus naticoides* (Pfeiffer, 1928) считаются чужеродным видом для территории Беларуси [1, 2]. Нативным ареалом вида является Понто-Каспийский бассейн: реки бассейна северо-запада Черного моря, включая низовья р. Дон и р. Днепр, р. Дунай до Регенсбурга (Германия). Впервые вид описан в 1828 г. по экземплярам, собранным в р. Дунай [3]. Гастроподы *L. naticoides* зарегистрированы во внутренних водоемах и водотоках многих стран Европы, и процесс расширения ареала вида продолжается и в настоящее время [4].

Данный вид гастропод отмечался исследователями на всех сопредельных с Беларусью территориях. Предполагается, что гастроподы *L. naticoides* попали на территорию Литвы в конце XVIII – начале XIX в., после открытия в 1783 г. Огинского канала [5, 6]. Первые опубликованные сведения о находке вида *L. naticoides* на территории Литвы относятся к 1930-м гг. [7, 8]. В Польше *L. naticoides* впервые замечен в 1873 г. в р. Западный Буг [9]. На территории Украины данные гастроподы впервые зарегистрированы в 1863 г. в р. Днепр в районе Киева [10], несколько позднее гастроподы отмечены также в р. Днестр [11]. На территории Латвии гастропод *L. naticoides* впервые описали в XIX в., а в 1932 г. *L. naticoides* были обнаружены в р. Западная Двина (Даугава) в районе Риги [12]. На территории России гастроподы данного вида регистрировались с 1971 г. в дельте р. Волга [13, 14], а в 2008 г. гастропод отмечали уже в верхней Волге [15]. На территории России вид гастропод *L. naticoides* включен в число наиболее опасных видов [4]. Первая регистрация данного вида на территории Беларуси отмечена в р. Днепр в районе Могилева в 1847 г. [16].

Как следует из вышесказанного, гастроподы *L. naticoides* имеют широкое распространение на территориях стран, граничащих с Беларусью.

Цель наших исследований – установить таксономический состав трематод, для которых гастроподы *L. naticoides* являются промежуточным хозяином, и определить зараженность ими р. Припять и р. Днепр и их притоков.

Материалы и методы. Качественный сбор гастропод *L. naticoides* осуществлялся вручную на мелководье (до 0,5 м) в 2021 г. и 2022 г. в р. Припять и р. Днепр. Собранных моллюсков помещали в пластиковые емкости с крышкой, сливали воду и транспортировали, избегая нагревания емкостей.

Всего обследовано на зараженность 7 414 экземпляров гастропод (3 220 – в 2021 г., 4 194 – в 2022 г.). Из р. Припять для исследования было взято 3 042 экземпляра, из р. Днепр – 4 372.

Объектами исследований служили дигенеи на стадии церкарии, источником которых служили зараженные гастроподы *L. naticoides*. Таксономическая принадлежность церкарий определялась по морфологическим признакам. Обнаруженные церкарии идентифицировались согласно литературным данным, в которых приведены их схематические изображения и описание [17–21]. Под зараженностью гастропод дигенеями (экстенсивность инвазии – ЭИ) принималось отношение количества зараженных особей к общему количеству обследованных, выраженное в процентах. При исследовании использовался метод вскрытия.

Результаты и их обсуждение. В результате обследования 7 414 экземпляров *L. naticoides* из р. Припять и р. Днепр зарегистрировано 2 003 экземпляра гастропод, зараженных трематодами. В табл. 1 представлены данные по количеству обследованных и зараженных гастропод в конкретных реках в отдельные годы и за весь период исследований.

Т а б л и ц а 1. Количество обследованных и зараженных дигенеями гастропод *L. naticoides*

Места сбора гастропод	Годы исследований	Собрано, экз.	Заражено, экз.
р. Днепр	2021	2 096	436
р. Припять		1 124	197
р. Днепр	2022	2 276	554
р. Припять		1 918	816
р. Днепр	2021–2022	4 372	990
р. Припять		3 042	1 013

На рис. 1 представлены показатели общей средней зараженности обследованных гастропод *L. naticoides* в отдельные годы исследований, где видно, что зараженность в 2022 г. оказалась выше, чем в 2021 г. Среднее значение зараженности гастропод за два года исследований в обеих реках составило 27,02%.

На рис. 2 представлены численные значения общей средней зараженности гастропод по отдельным рекам, где видно, что зараженность в р. Припять превышает данный показатель в р. Днепр.

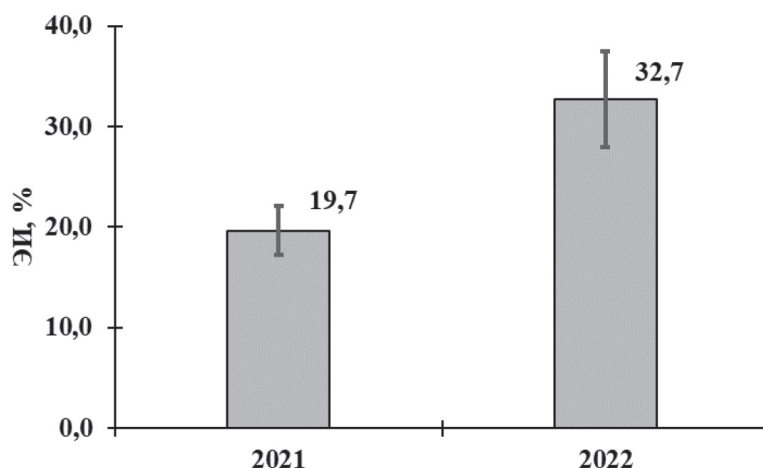


Рис. 1. Общая средняя зараженность гастропод *L. naticoides* со стандартным отклонением в отдельные годы исследований по р. Припять и р. Днепр

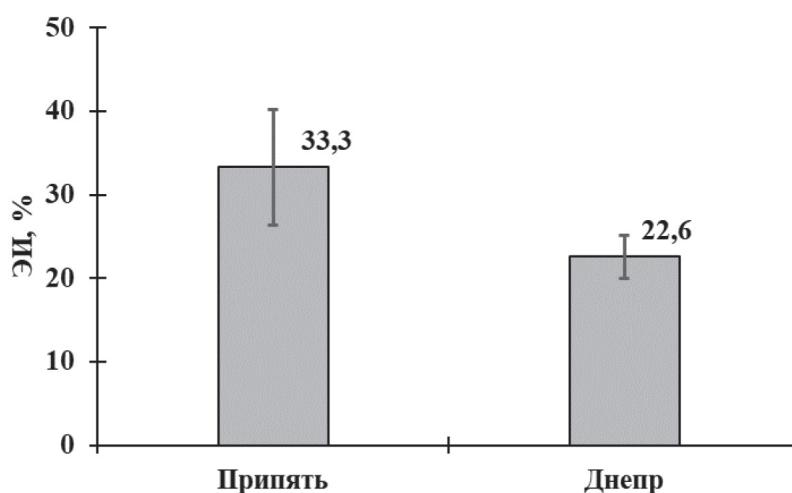


Рис. 2. Общая средняя зараженность гастропод *L. naticoides* со стандартным отклонением по отдельным рекам за два года исследований

У обследованных гастропод выявлено 12 видов трематод, из которых 11 – на стадии церкарии. Прежде чем приступить к обсуждению видового состава трематод у гастропод *L. naticoides*, необходимо объяснить, почему дигеней рода *Apophallus* будут представлены в наших исследованиях комплексом видов *Apophallus muehlingi* / *A. donicus* (при дальнейшем анализе данный комплекс будет указываться как *Apophallus* spp.). Согласно литературным данным [22], оба вида на стадии церкарии имеют идентичную морфологию и близкие метрические показатели, поэтому фактически не отличаются друг от друга. При этом на стадии метацеркарии, которая отмечается у рыб, данные виды можно дифференцировать.

На территории Беларуси вид дигеней *A. muehlingi* регистрировался в реках Днепр, Западный Буг, Западная Двина, Припять, Сож у 13 видов рыб: *Abramis brama* (Linnaeus, 1758); *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758); *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758); *Cobitis taenia* Linnaeus, 1758; *Gobio gobio* (Linnaeus, 1758); *Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758); *L. leuciscus* (Linnaeus, 1758); *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758); *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758); *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758); *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758); *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758); *Vimba vimba* (Linnaeus, 1758) [23]. Второй вид дигеней *A. donicus* регистрировался на территории Беларуси у четырех видов рыб: *A. brama*, *Gymnocephalus cernuus* (Linnaeus, 1758), *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758, *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) (реки Березина, Днепр, Западный Буг, Западная Двина, Припять, Сож) [23]. Как видим, в тех реках, где нами проводились исследования гастропод *L. naticoides* на зараженность, отмечались оба вида дигеней рода *Apophallus*, поэтому считаем вполне обоснованным в своих исследованиях использование комплекса видов *Apophallus* spp.

Приведем полные данные по таксономическому положению зарегистрированных трематод, поскольку некоторые виды в настоящий момент относятся к другим семействам, в отличие от отраженных в издании «Гельминты позвоночных животных и человека на территории Беларуси: каталог» [23]. Согласно молекулярно-генетическим исследованиям, проведенным российскими учеными в 2020 г. [24], дигенеи рода *Aporhalls* следует относить к подсемейству Aporhallinae из семейства Opisthorchiidae (ранее данный род относился к семейству Heterophyidae). На основании молекулярно-генетических исследований дигенеи рода *Echinochasmus*, ранее относившиеся к семейству Echinostomidae, теперь относятся к самостоятельному семейству Echinochasmidae [25]. Вид *Sanguinicola volgensis*, ранее относившийся к семейству Sanguinicolidae, переведен в семейство Aporocotylidae [26]. Два вида, имеющие неясное систематическое положение (species incertae sedis) – *Xiphidiocercariae* sp. I и *Xiphidiocercariae* (virgulate) sp., ранее были описаны как представители надсемейства Lecithodendrioidea [19]. Сегодня данное надсемейство не валидно, а представители, которые к нему принадлежали, теперь относятся к надсемейству Microphalloidea [27, 28]. Нужно так же отметить, что вид, указываемый ранее как *Palaeorchis* sp. из гастропод *L. naticoides* [19, 20], согласно молекулярно-генетическим исследованиям теперь относится к виду *Palaeorchis incognitus* [29].

В табл. 2 представлены показатели общей средней зараженности в р. Припять и р. Днепр гастропод *L. naticoides* конкретными таксонами трематод в отдельные годы исследования, согласно которому всего зарегистрировано 11 видов дигеней на стадии церкарии и один половозрелый вид аспидогастрид (Trematoda: Aspidogastrea). Вид *A. conchicola* впервые отмечается у гастропод *L. naticoides* на территории Беларуси. Точная локализация найденного аспидогастера не установлена. Для данного вида трематод характерно паразитирование в двустворчатых моллюсках, а гастроподы *L. naticoides*

 Таблица 2. Таксономическое разнообразие трематод у гастропод *L. naticoides*

Вид дигеней	ЭИ, %	
	2021 г.	2022 г.
Класс Trematoda Rudolphi, 1808 Подкласс Digenea Carus, 1863 Отряд Diplostomida Olson, Cribb, Tkach, Bray & Littlewood, 2003 Надсемейство Schistosomatoidea Stiles & Hassall, 1898 Семейство Aporocotylidae Odhner, 1912		
<i>Sanguinicola volgensis</i> (Rašín, 1929)	5,47	7,08
Отряд Plagiorchiida La Rue, 1957 Надсемейство Echinostomatoidea Looss, 1902 Семейство Echinochasmidae Odhner, 1910		
<i>Echinochasmus</i> sp.	0,03	0,03
Надсемейство Pronocephaloidea Looss, 1899 Семейство Notocotylidae Lühe, 1909		
<i>Notocotylus</i> sp. Odening, 1971	0,06	0,41
Надсемейство Opescoeloidae Ozaki, 1925 Семейство Opescoelidae Ozaki, 1925		
<i>Nicolla skrjabini</i> (Iwanitzky, 1928)	0,09	0,29
Надсемейство Microphalloidea Ward, 1901 Семейство Phaneroopsolidae Mehra, 1935		
<i>Lecithodolffusia</i> sp.	1,93	0,86
Семейство Microphallidae Ward, 1901		
<i>Microphallidae</i> gen. sp.	0,06	1,26
species incertae sedis		
<i>Xiphidiocercariae</i> sp. I Odening, 1971	2,11	3,60
<i>Xiphidiocercariae</i> (virgulate) sp.	1,09	0,36
Надсемейство Opisthorchioidea Looss, 1899 Семейство Opisthorchiidae Looss, 1899		
<i>Aporhalls donicus</i> (Skrjabin & Lindtrop, 1919) / <i>Aporhalls muehlingi</i> (Jägerskiöld, 1899)	7,27	15,90
Надсемейство Monorchioidea Odhner, 1911 Семейство Lissorchiidae Magath, 1917		
<i>Palaeorchis incognitus</i> Szidat, 1943	1,58	0
Подкласс Aspidogastrea Faust & Tang, 1936 Надсемейство Aspidogastrioidea Poche, 1907 Семейство Aspidogastridae Poche, 1907		
<i>Aspidogaster conchicola</i> Baer, 1827	0,03	0

являются случайным хозяином. Обычно *A. conchicola* паразитирует в околосердечной (перикардиальной) сумке двустворчатых, редко – у брюхоногих моллюсков. Нами была выявлена единственная особь данного вида аспидогастера, которая уже имела характерный диск Бэра, что соответствует половозрелой стадии особи, способной откладывать яйца. В отличие от дигеней аспидогастры обладают более простым жизненным циклом. Их развитие всегда проходит без смены поколений, а у некоторых видов и без смены хозяев, у дигеней же жизненный цикл характеризуется сменой поколений и сменой хозяев.

Из табл. 2 также следует, что для шести видов трематод, из которых один комплекс видов, развивающихся с участием гастропод *L. naticoides*, известно точное определение видовой принадлежности. Для остальных зарегистрированных нами видов дигеней описана только стадия церкарии [17–20] и нет данных о стадии мариты. На основании морфологического строения этих церкарий возможно определение родовой принадлежности, а для точной видовой идентификации необходимо проведение молекулярно-генетических исследований.

На рис. 3 представлены данные по общей средней зараженности гастропод *L. naticoides* конкретными видами дигеней за двухлетний период исследований в обеих реках. Наиболее часто регистрировались трематоды комплекса видов *Apophallus* spp. и вид *S. volgensis*, зараженность ими составила 13,44 и 7,06 % соответственно. Зараженность следующими тремя видами (*Xiphidiocercariae* sp. I, *P. incognitus* и *Lecithodolffusia* sp.) находилась в диапазоне от 1,46 до 3,27 %. Для остальных видов трематод показатель зараженности не превышал 1 %.

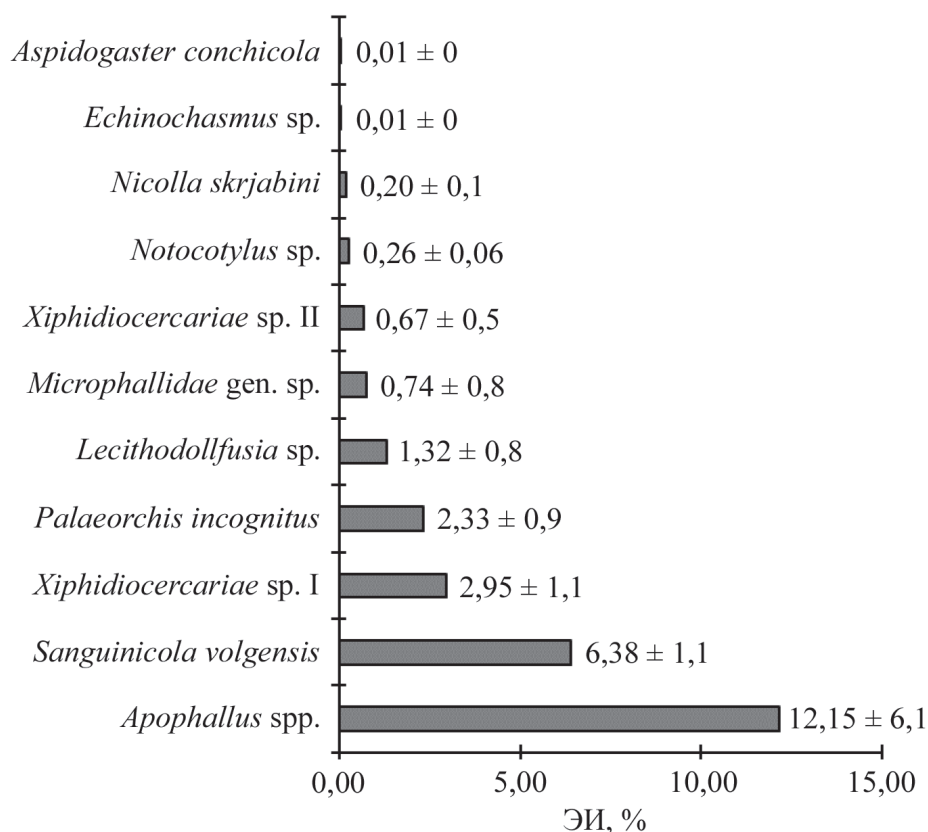


Рис. 3. Показатели зараженности гастропод *L. naticoides* конкретными видами дигеней за весь период исследований

Интервалы общей средней зараженности гастропод *L. naticoides* трематодами в обеих реках за два года исследований представлены на рис. 4, из которого следует, что наиболее широкий интервал зараженности отмечен для комплекса видов рода *Apophallus*. Широкий интервал зараженности свидетельствует, что зараженность данным видом гастропод может значительно варьировать на отдельных участках обеих рек (в нашем случае в пределах 8,64 %). Для следующих двух видов *S. volgensis* и *Xiphidiocercariae* sp. I интервал зараженности находится в районе 1,5 %. Для еще шести видов трематод данный интервал менее 1 %. Для оставшихся двух видов *A. conchicola* и *Echinochasmus* sp. интервал не указан, поскольку данные виды трематод регистрировались однократно.

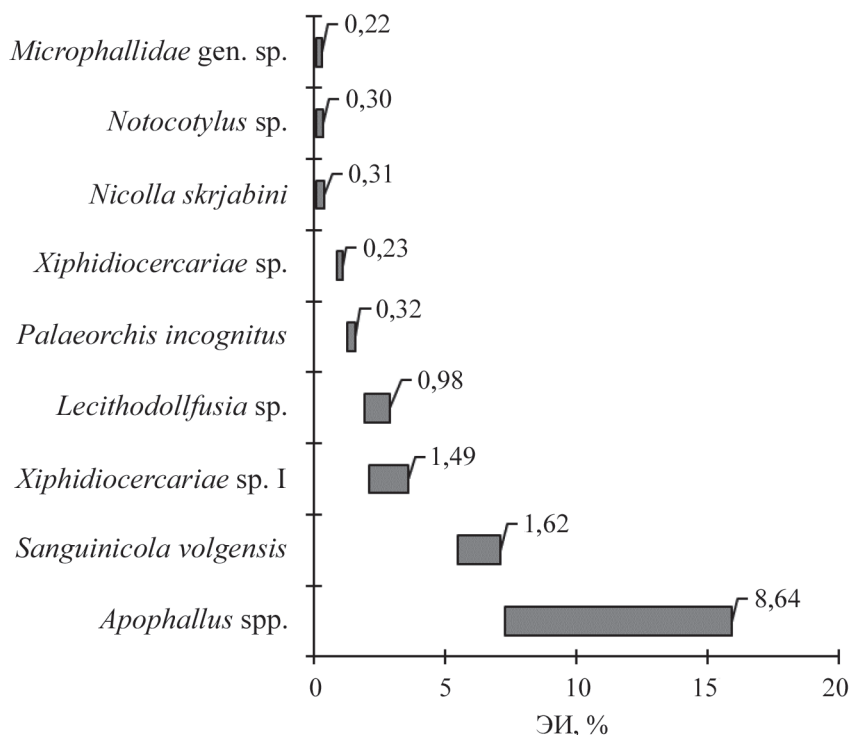


Рис. 4. Интервалы зараженности гастропод *L. naticoides* конкретными таксонами дигеней за весь период исследований

Нужно отметить, что наиболее опасные трематоды, ассоциированные с гастроподами *L. naticoides*, – *A. muehlingi* и *A. donicus*. Они являются высоко патогенными для рыб, у которых паразитируют на стадии метацеркарии. При массовом заражении данные дигеней могут вызывать тяжелые эпизоотии чернопятнистого заболевания у ряда карповых, окуневых, а также рыб других семейств [15, 30, 31]. Заболевание может быть причиной значительного отхода (до 80 %) молоди карповых рыб [14]. Питание зараженной рыбой может, в свою очередь, привести к заражению дефинитивных хозяев данных дигеней – птиц и млекопитающих, в том числе и человека [32].

Заключение. При обследовании 7 414 экземпляров гастропод *L. naticoides* из р. Припять и р. Днепр отмечено 12 видов трематод, из которых 11 относятся к подклассу Digenea и один вид к подклассу Aspidogastrea класса Trematoda. Вид *A. conchicola* впервые отмечается у гастропод *L. naticoides*. Для данного вида трематод характерно паразитирование в двустворчатых моллюсках, а гастроподы *L. naticoides* являются случайным хозяином. Среднее значение зараженности гастропод трематодами за два года исследований в обеих реках составило 27,02 %. Наиболее часто регистрировались трематоды комплекса видов рода *Apophallus* и вид *S. volgensis*, зараженность ими составила 13,44 % и 7,06 % соответственно. Зараженность следующими тремя видами (*Xiphidiocercariae* sp. I, *P. incognitus* и *Lecithodolffusia* sp.) находилась в диапазоне от 1,46 до 3,27 %. Для остальных видов трематод показатель зараженности не превышал 1 %.

Список использованных источников

1. Mastitsky, S. E. The gravel snail, *Lithoglyphus naticoides* (Gastropoda: Hydrobiidae), a new Ponto-Caspian species in Lake Lukomskoe (Belarus) / S. E. Mastitsky, V. M. Samoilenko // Aquatic Invasions. – 2006. – Vol. 1, № 3. – 161–170. DOI: 10.3391/ai.2006.1.3.11
2. Semenchenko, V. P. Checklist of aquatic alien species established in large river basins of Belarus / V. P. Semenchenko [et al.] // Aquatic Invasions. – 2009. – Vol. 4, № 2. – P. 337–347. DOI: 10.3391/ai.2009.4.2.5
3. Pfeiffer, C. Naturgeschichte deutscher Land- und Süßwassermollusken / C. Pfeiffer. – Weimar, 1828. – 84 p.
4. Дгебуадзе, Ю. Ю. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / Ю. Ю. Дгебуадзе, В. Г. Петросян, Л. А. Хляп. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2018. – 688 с.
5. Arbačiauskas, K. Non-indigenous macroinvertebrate species in Lithuanian fresh waters. Part 1: Distributions, dispersal and future / K. Arbačiauskas [et al.] // Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. – 2011. – Vol. 402, № 12. – P. 1–18. DOI: 10.1051/kmae/2011075
6. Leppakoski, E. The Baltic – a sea of invaders / E. Leppakoski [et al.] // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 2002. – Vol. 59, № 7. – P. 1175–1188. DOI: 10.1139/f02-089

7. *Schlesch, H.* Bemerkungen über die Verbreitung der Süßwasser- und Meeresmollusken im östlichen Ostseegebiete / H. Schlesch // Tartu Ülikooli juures oleva Loodusuurijate Seltsi Aruanded. – 1937. – Vol. 43. – P. 37–64.
8. *Schlesch, H.* Zur Kenntniss der Land- und Süßwassermollusken Litauens / H. Schlesch, C. Krausp // Archiv für Molluskenkunde. – 1938. – Vol. 70. – P. 73–125.
9. *Slosarski, A.* Matériaux pour la faune malacologique du Royaume de Pologne / A. Slosarski // Bulletin de la Société Zoologique de France. – 1876. – Vol. 1. – P. 291–299.
10. *Jelski, C.* Note sur la faune malacologique des environs de Kieff (Russie) / C. Jelski // Journal de Conchyliologie. – 1863. – Vol. 11, № 3. – P. 128–137.
11. *Jachno, J.* Materyaly do fauny malako-zoologiczney Galicyjskej. – Kraków: Uniwers, Jagell, 1870. – 104 p.
12. *Pilate, D.* The mollusk fauna of Natura 2000 site „Augsdaugava” / D. Pilate, R. Cibulskis, I. Jakubane // Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis. – 2014. – Vol. 14, № 1. – P. 85–96.
13. *Пирогов, В. В.* О местонахождении *Lithoglyphus naticoides* в дельте Волги / В. В. Пирогов // Зоолог. журн. – 1972. – Т. 51, № 6. – С. 912–913.
14. *Бисерова, Л. И.* Встречаемость и распространение *Lithoglyphus naticoides* (Gastropoda, Lithoglyphidae) в дельте Волги / Л. И. Бисерова // Гидробиол. журн. – 1990. – Т. 26, № 2. – С. 98–100.
15. *Тютин, А. В.* Первое обнаружение черноморского моллюска *Lithoglyphus naticoides* (Gastropoda) и связанных с ним видоспецифичных трематод в бассейне верхней Волги / А. В. Тютин, Ю. В. Слынько // Рос. журн. биол. инвазий. – 2008. – Вып. 1. – С. 51–58.
16. *Siemaschko, J.* Beitrag zur Kenntniss der Konchylien Russlands / J. Siemaschko // Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou. – 1847. – Vol. 20, № 1. – P. 93–131.
17. *Черногоренко-Бидулина, М. И.* Фауна личиночных форм трематод моллюсков Днепра. – Киев: Акад. наук СССР, 1961. – 108 с.
18. *Здун, В.* Личинки трематод пресноводных моллюсков Украины. – Киев: Акад. наук СССР, 1961. – 141 с.
19. *Odening, K.* Der Trematodenbefall von *Lithoglyphus naticoides* (Gastropoda) im Berliner Müggelsee 1968 / K. Odening // Parasitologische Schriftenreihe – 1971. – Vol. 21. – P. 169–178.
20. *Staneviciute, G.* Digenean parasites in prosobranch snail *Lithoglyphus naticoides* population with the morphological description of *Echinochasmus* sp. cecaria / G. Staneviciute, R. Petkeviciute, V. Kiseliene // Ekologija. – 2008. – Vol. 54, № 4. – P. 251–255.
21. *Стенько, Р. П.* Жизненный цикл *Crowcrocaecum skryabini* (Iwanitzky, 1928) (Allocreadiata, Openceloidae) / Р. П. Стенько // Паразитология. – 1976. – Т. 10, № 1. – С. 9–16.
22. *Odening, K.* Der Lebenszyklus des Trematoden *Apophallus donicus* in Berlin im Vergleich A. muehlingi / K. Odening // Biologisches Zentralblatt. – 1973. – Vol. 92. – P. 455–494.
23. *Бычкова, Е. И.* Гельминты позвоночных животных и человека на территории Беларуси: каталог / Е. И. Бычкова [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по биоресурсам. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 316 с.
24. *Sokolov, S.* An opisthorchiid concept of the genus *Liliatrema* (Trematoda: Plagiorchiida: Opisthorchioidea): an unexpected systematic position / S. Sokolov [et al.] // Zool. J. Linn. Soc. – 2020. – Vol. XX. – P. 1–19. DOI: 10.1093/zoolinnean/zlaa093/5902681
25. *Tkach, V. V.* Molecular phylogeny and systematics of the Echinostomatoidea Looss, 1899 (Platyhelminthes: Digenea) / V. V. Tkach, O. Kudlai, A. Kostadinova // Int. J. Parasitol. – 2016. – Vol. 46, № 3. – P. 171–185. DOI: 10.1016/j.ijpara.2015.11.001
26. *Bullard, S.* Historical account of the two family-group names in use for the single accepted family comprising the “fish blood flukes” / S. Bullard, K. Jensen, R. Overstreet // Acta Parasitologica. – 2009. – Vol. 54, № 1. – P. 78–84.
27. *Tkach, V. V.* Molecular phylogenetic analysis of the Microphalloidea Ward, 1901 (Trematoda: Digenea) / V. V. Tkach, O. Kudlai, A. Kostadinova // Systematic Parasitology. – 2003. – Vol. 56, № 1. – P. 1–15. DOI: 10.1023/A:1025546001611
28. *Olson, P. D.* Phylogeny and classification of the Digenea (Platyhelminthes: Trematoda) / P. D. Olson [et al.] // Int. J. Parasitol. – 2003. – Vol. 33. – P. 733–755. DOI: 10.1016/s0020-7519(03)00049-3
29. *Petkeviciute, R.* Exploring species diversity of lissorchiid trematodes (Digenea: Lissorchiidae) associated with the gravel snail, *Lithoglyphus naticoides*, in European freshwaters / R. Petkeviciute, G. Staneviciute, V. Stunzenas // J. Helminthol. – 2020. – Vol. 94, № 152. – P. 1–10. DOI: 10.1017/S0022149X2000036X
30. *Тютин, А. В.* Первая находка черноморского моллюска *Lithoglyphus naticoides* (Gastropoda) и связанных с ней видоспецифичных трематод в бассейне Верхней Волги / А. В. Тютин, Ю. В. Слынько // Рос. журн. биол. инвазий. – 2010. – Вып. 1. – С. 45–49.
31. *Tyutin, A. V.* Parasites of alien aquatic animals in the Upper Volga Basin / A. V. Tyutin [et al.] // Russian Journal of Biological Invasions. – 2013. – Vol. 4. – P. 54–59. DOI: 10.1134/S2075111713010098

Поступила 21.06.2023

А. А. Волнистый, К. В. Гомель, П. А. Велигуров, М. Е. Никифоров

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по биоресурсам, Минск, e-mail: volnisty.aa@yandex.ru*

СИСТЕМА ЕДИНИЦ УПРАВЛЕНИЯ ПОПУЛЯЦИЯМИ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ ИХ ВЫДЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ БЛАГОРОДНОГО ОЛЕНЯ В БЕЛАРУСИ)

Аннотация. Рассматриваются возможности и перспективы для внедрения системы единиц управления популяциями диких животных на основании их популяционной структуры и происхождения, устанавливаемых молекулярно-генетическими методами, на примере благородного оленя *Cervus elaphus*. Приводятся аргументы и преимущества использования единиц управления как средства для осуществления адаптивного управления популяциями ресурсных, охраняемых и инвазивных видов, а также называются препятствия для внедрения этой системы. Выносятся заключения о недостаточности одного только существующего массива молекулярно-генетических данных для выделения единиц управления в белорусской популяции благородного оленя как вида с высоким влиянием человека на формирование структуры популяции в связи с его реинтродукцией. Отмечаются перспективные направления исследования в рамках обозначенной проблематики.

Ключевые слова: охотничьи виды, копытные, популяционная структура, единицы управления

A. A. Valnisty, K. V. Homel, P. A. Veligurov, M. Ye. Nikiforov

*Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Belarus,
e-mail: volnisty.aa@yandex.ru*

SYSTEM OF WILDLIFE POPULATION MANAGEMENT UNITS AND GENETIC APPROACHES FOR THEIR SELECTION (ON THE EXAMPLE OF RED DEER IN BELARUS)

Abstract. The paper considers the possibilities and prospects for implementing a system of Management Units based on population structure and molecular genetic data for wildlife management in Belarus. We give an overview of benefits and downsides of Management Units as tools for adaptive management of resource, protected and invasive species and approaches towards their implementation, derived from published information and our own research on red deer (*Cervus elaphus*) population genetics. We conclude that the existing amount of molecular genetic data on red deer in Belarus is insufficient on its own for delineation of Management Units due to high role of anthropogenic effects on their population structure, and that a more complex approach and further study are required.

Keywords: game species, ungulates, population structure, management units

A. A. Валністы, К. В. Гомель, П. А. Велігураў, М. Я. Нікіфараў

*Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі
па біярэсурсах, Мінск, e-mail: volnisty.aa@yandex.ru*

СІСТЭМА АДЗІНАК КІРАВАННЯ ПАПУЛЯЦЫЯМІ ДЗІКІХ ЖЫВЁЛ І ГЕНЕТЫЧНЫЯ ПАДЫХОДЫ ДЛЯ ІХ ВЫЛУЧЭННЯ (НА ПРЫКЛАДЗЕ ВЫСАКАРОДНАГА АЛЕНЯ Ў БЕЛАРУСІ)

Анотацыя. Разглядаюцца магчымасці і перспектывы для ўкаранення сістэмы адзінак кіравання для папуляцый дзікіх жывёл на падставе іх папуляцыйнай структуры і паходжання, якія ўстанаўліваюцца малекулярна-генетычнымі метадамі, на прыкладзе высакароднага аленя *Cervus elaphus*. Прыводзяцца аргументы і перавагі выкарыстання адзінак кіравання як сродкі для ажыццяўлення адаптыўнага кіравання папуляцыямі рэсурсных, ахоўных і інвазіўных відаў, а таксама называюцца перашкоды для ўкаранення гэтай сістэмы. Выносіцца заключэнне аб недастатковасці існуючага масіва малекулярна-генетычных дадзеных для вылучэння адзінак кіравання на падставе малекулярна-генетычных метадаў. Адзначаюцца перспектыўныя напрамкі даследавання ў рамках пазначанай праблематыкі.

Ключавыя словы: паляўнічыя віды, капытныя, папуляцыйная структура, адзінкі кіравання

Введение. В условиях возрастающего антропогенного давления и растущей роли человеческого вмешательства в развитие популяций диких животных возникает потребность в совершенствовании модели управления ими в Республике Беларусь. Поддержание благополучного существования популяций ресурсных видов сталкивается с рядом проблем, например, высокой смертностью европейской косули (*Capreolus capreolus*), благородного оленя (*Cervus elaphus*) и европейского лося (*Alces alces*) [1], недостаточными темпами роста численности популяций без интенсивных мер искусственной поддержки популяционных группировок для достижения расчетной оптимальной плотности у благородного оленя [2], необходимостью жесткого регулирования поголовья в условиях непредсказуемых эпизоотических угроз, в частности депопуляции дикого кабана (*Sus scrofa*) с целью

профилактики африканской чумы свиней (АЧС) [3], дальнейшим расширением ареала инвазивных видов (таких как американская норка *Neogale vison* [4]).

Известные подходы для улучшения системы управления популяциями разнородны по характеру, включая развитие методов расселения ресурсных животных для расширения ареала [5], переход к адаптивному управлению [6], совершенствование методик проведения учетов и контроля численности животных [7], реформы регулирующей охотохозяйственную деятельность законодательства [8] и развитие трофейного дела [9]. При этом все перечисленные подходы так или иначе сводятся к изменению стратегий, методик и контроля воздействия на популяционные группы животных на определенных территориях. В то же время сам вопрос обоснованного выделения вышеупомянутых популяционных групп для ресурсных видов животных остается нерешенным – управление их популяциями осуществляется на уровне охотпользователей и сводится к управлению частями популяций в административных границах охотугодий вместо управления фактическими популяционными группами в пределах полной территории их обитания.

В настоящей работе рассматривается концепция единиц управления (ЕУ) охраняемых и ресурсных видов животных, ее перспективы для повышения эффективности ныне применяемых методов учета, защиты, контроля и хозяйственного использования популяций, а также возможности генетического подхода к выделению ЕУ (локальных популяционных группы животных одного вида, которые подлежат управлению в качестве самостоятельной единицы ввиду их демографической самостоятельности) в популяциях диких видов.

В 1994 г. К. Мориц впервые ввел понятие ЕУ в научный дискурс [10] как развитие ранее предложенной О. Райдером концепции эволюционно значимых единиц (ЭЗЕ) [11]. Обе концепции предлагались для исключения недостатков таксономического подхода в управлении популяциями охраняемых и ресурсных видов животных и растений, так как принятие законодательных мер в отношении видов и подвидов часто неэффективно [12]: уникальные и нуждающиеся в поддержке и восстановлении популяции могут не иметь собственного таксономического статуса и испытывать затруднения с его получением, и наоборот, популяции, не нуждающиеся в специализированном управлении, имеющие минимальные генетические и морфологические отличия, могут обладать статусом самостоятельных таксонов в силу преимущественно систематической традиции. Использование ресурсных видов при таксономическом подходе ориентируется на статус вида в пределах некой административной территориальной единицы, нежели на наиболее эффективное использование реальной биологической популяции. В этом контексте ЭЗЕ и ЕУ предлагались как популяционные группы, наиболее подходящие для целостного управления на основании, соответственно, значительной эволюционной дифференциации и демографической независимости в рамках видов вне зависимости от таксономического статуса этих групп. Подобный подход позволяет направить меры по изучению, учету, охране или хозяйственной эксплуатации на реальные в биологическом смысле популяционные группы организмов.

К настоящему времени концепции ЭЗЕ и ЕУ и осуществление управления видами на их основе стали широко распространенной в мире практикой, применяемой к популяциям охраняемых и ресурсных видов [13]. Было показано, что использование ЕУ по сравнению с традиционными подходами к обозначению управляемых групп в одних и тех же популяциях позволяет повысить действенность косвенных учетов численности [14], эффективнее добиваться как сохранения уязвимых популяций видов, так и стабильной и выгодной эксплуатации популяций ресурсных видов животных, упрощает постановку и выполнение целей менеджмента [15]. В качестве примеров можно привести систему управления популяцией северного оленя *Rangifer tarandus* в Норвегии [16] (рис. 1), принцип выделяемых популяционных сегментов (Distinct Population Segments) в рамках закона об угрожаемых видах в законодательной системе США [17] в целом и систему управления популяцией волка *Canis lupus* на территории штата Мичиган в частности [18], а также систему ЕУ Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (SUMA), повсеместно внедренную в Мексике [19]. Данный подход обсуждался к применению и в России [20].

В условиях осуществляемых в Беларуси реформ законодательства в областях охраны природы [21] и охотничьего хозяйства [22], а также реорганизации крупнейшей в стране организации-охотпользователя – Республиканского государственно-общественного объединения «Белорусское общество охотников и рыболовов» (БООР) [23] выделение ЕУ охраняемыми и ресурсными популяциями животных выглядит перспективным подходом для дальнейшего совершенствования белорусского охотхозяйства и экологической сети. В условиях расширения антропогенных ландшафтов ключевой угрозой для стабильности популяций становится фрагментация ареалов и утрата генетического разнообразия в изолированных субпопуляциях [12]. В этой связи ЕУ представляют собой подход, направленный на противодействие этим угрозам. Однако практика внедрения и использования ЕУ,

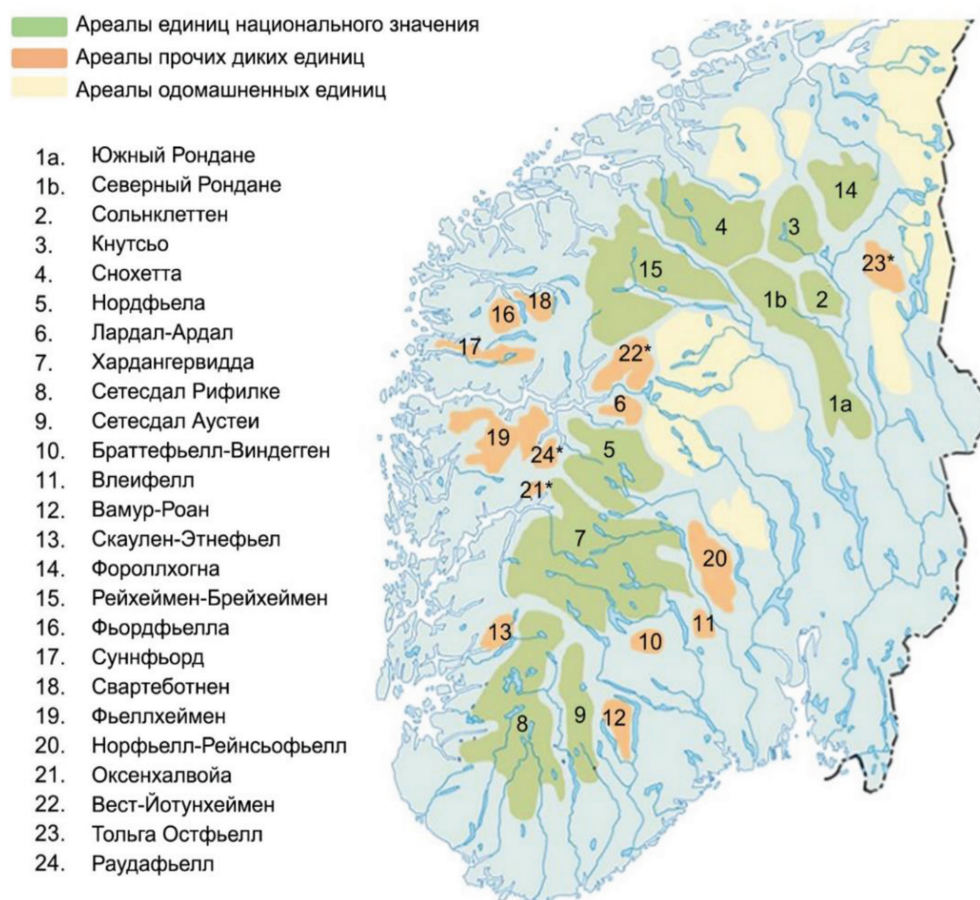


Рис. 1. Географическая схема ареалов ЕУ популяцией северного оленя *Rangifer tarandus* в Норвегии [16]

судя по зарубежному опыту, обладает набором характерных затруднений и препятствий [24, 25]. В настоящей работе мы рассматриваем проблематику выделения ЕУ с точки зрения молекулярно-генетического подхода на примере популяций одного из наиболее изученных ресурсных видов крупных млекопитающих Беларуси – благородного оленя *Cervus elaphus* – с целью выделить основные возможности, препятствия и перспективы выделения ЕУ для обитающих на территории республики видов животных.

Концепция и практическое значение единиц управления. Говоря о ЕУ, необходимо сделать пояснение, почему введение системы ЕУ не влечет за собой создания абсолютно новой системы для охотничьего хозяйства и природоохранной деятельности в Беларуси:

во-первых, система ЕУ не представляет собой какой-либо альтернативной экологической сети природных территорий, не подразумевает создания новых популяций методом выпуска особей, освоения новых охотугодий или формирования дополнительной егерской службы;

во-вторых, внедрение системы ЕУ не подразумевает изменения или введения новых принципов или мероприятий учета, защиты или использования природных популяций диких животных;

в-третьих, использование ЕУ не влияет на структуру особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и организаций-охотпользователей;

в-четвертых, система ЕУ не влечет за собой отказ от таксономического подхода в управлении и определении охраняемых, ресурсных, инвазивных и других видов, так как ЕУ выделяются в рамках одного таксона (вида или же подвида).

Сама по себе ЕУ популяцией диких животных представляет собой совокупность особей одного вида животных, составляющую демографически независимую популяцию. Демографическая независимость в данном контексте означает не полную изоляцию, а самодостаточность выделяемой популяции и ее ареала в плане динамики численности, половозрастной структуры, типологии ландшафта и жизненного цикла животных при возможном наличии ограниченных миграционных потоков

[12]. В качестве общего правила для большинства видов демографически независимой считается популяция, в которой иммиграция составляет не более 10 % прироста численности [26], хотя точные величины определяются экологическими особенностями вида. ЕУ не может быть фрагментом более крупной популяции – управление избыточно-фрагментированными группами является одним из основных источников проблем, на решение которых направлена сама концепция ЕУ. Она не может быть и группой животных одного пола, как кочующие вместе самцы волка *Canis lupus* на определенной территории в отрыве от самок и потомства; или совокупностью особей одной ограниченной стадии развития без учета прочих стадий, как колония дрейссены *Dreissena polymorpha* в отрыве от распространяемого ими потомства на личиночной стадии; или миграционной группой, как перелетная группировка гуменника *Anser fabalis* без учета их гнездовых групп. ЕУ также не может быть сформирована из нескольких демографически не зависящих друг от друга групп животных: включать в себя одновременно, например, осиповичскую и беловежскую субпопуляции зубра *Bison bonasus*, или камышовых жаб *Epidalea calamita* из бассейнов Западного Буга и Вилии. ЕУ должна включать в себя всю популяционную совокупность организмов конкретного вида, обитающих в определенном ареале, демографически отделенную от прочих популяций этого вида.

Основное практическое значение ЕУ заключается в выделении совокупности особей для управления в границах обитания реальной биологической популяции, что дает ряд значительных преимуществ при управлении:

эффективное целеполагание и постановку задач для каждой ЕУ в зависимости от состояния популяции, внешних условий и взаимных интересов органов контроля, природопользователей и частных лиц. Каждая ЕУ может быть охарактеризована по ее состоянию, динамике, численности и предназначению, что позволяет разрешить внутренний конфликт управления популяциями – эффективное сохранение популяций при их эксплуатации. Выделение ЕУ позволяет применять меры, обеспечивающие защиту, рост и развитие в отношении нуждающихся популяций согласно приоритету потребности, не препятствуя хозяйственному использованию пригодных для этого популяций;

осуществление учетов численности и плотности обитания диких животных в пределах границ ЕУ с высокой точностью, так как снижается вероятность множественного подсчета одних и тех же особей в ходе отдельных мероприятий по учету, покрывающих разные территории или временные промежутки в пределах обитания одной и той же биологической популяции [14]. Это касается в первую очередь крупных хищников, у которых индивидуальные участки обитания занимают большую площадь и могут находиться на территории нескольких охотничьих хозяйств;

соответствующая реальным популяционным потребностям оценка качества местообитания для каждой выделенной ЕУ;

возможность осуществления санитарного и ветеринарного контроля в отношении реальных популяций диких животных, затронутых эпизоотическими вспышками заболеваний, а также популяций, затронутых потоком мигрантов. При этом высвобождаются значительные ресурсы, используемые для контроля популяций, демографически изолированных от источников заражения;

применимость методов оценки состояния и динамики обитающей в рамках ЕУ популяционной группы посредством популяционно-генетических методов (например, анализ генетического разнообразия и эффективной численности).

В конечном итоге внедрение ЕУ означает использование системы управления популяциями диких животных как объектами, соответствующими реальным биологическим популяционным группам, благодаря чему обеспечивается более точное и эффективное применение мер в отношении этих популяционных групп в рамках стандартизированной системы с предсказуемыми результатами [19]. Ключевым ограничением для ЕУ, таким образом, является расхождение между выделяемыми ЕУ и реальными биологическими популяциями, происходящее из ограничений методов для их выделения.

Походы к выделению единиц управления. Как было указано выше, ключевым условием функциональности ЕУ является соответствие выделенных ЕУ реальным демографическим популяционным группам. В связи с этим центральную роль в вопросе целесообразности внедрения ЕУ занимают методы их выделения и разграничения. Ввиду проблематичности непосредственного управления группами животных в большинстве случаев, кроме видов с крайне низкой численностью, на практике для использования ЕУ выделяется соответствующая ей территориальная область – зона единицы управления (ЗЕУ), покрывающая ареал популяционной группы и формирующая ЕУ. Пространственная мобильность популяций многих видов при этом компенсируется периодическими ревизиями границ ЗЕУ.

Обозначение этих границ возможно на основании набора методических подходов, характеризующихся различной применимостью относительно различных видов животных, истории их популя-

ционных групп, биотопов, технических возможностей, размеров выделяемых ЗЕУ и ставящихся природоохранных или хозяйственных задач. При этом такие широко распространенные методы изучения популяций диких животных, как маршрутные учеты, тропление и детекция посредством фотоловушек, несмотря на их ключевую роль в изучении популяции, имеют ограничения в применении для выделения демографически независимых популяций и, следовательно, ЕУ [27].

Среди наиболее распространенных подходов для выделения ЕУ можно указать методы, основанные на средствах биологического радиослежения (GPS/GSM- и УКВ-телеметрия, RFID-тэгирование), ландшафтно-географическом анализе и популяционно-генетических исследованиях.

Радиомечение широко применяется для изучения и управления популяциями диких животных [28], в том числе и для определения их ареалов. Мечение животных с помощью компактных спутниковых приборов, осуществляющих автоматическую передачу точных данных о координатах животного посредством современных протоколов сотовой связи на протяжении значительного периода, позволяет с максимально возможной точностью описать границы ареала, маршруты миграции и используемые для питания и размножения территории в отношении группы индивидов любого вида, поддающегося мечению. При этом активное развитие средств анализа оперативно расширяет возможности радиотелеметрических исследований в отношении их точности, автономности, обработки данных и стоимости оборудования [29]. Подобные исследования в ограниченном масштабе осуществляются и в Беларуси (исследование ареала волка *Canis lupus* и большого подорлика *Clanga clanga*).

В то же время радиотелеметрический метод крайне ограничен в демографической плоскости, так как не характеризует исследуемую группу в отношении наследственности, предковых отношений и репродуктивной изоляции, но при этом требует априорного выделения популяционных единиц для последующей характеристики мобильности их представителей. Кроме того, даже в условиях повышенной доступности средств радиотелеметрии подобные исследования все еще остаются крайне трудоемкими и затратными для получения достаточного количества материала [30].

Ландшафтно-географические методы, или методы ландшафтного анализа, основываются на выявлении географических барьеров мобильности и прерываний предпочтительных биотопов относительно исследуемых видов, поэтому широко используются в изучении популяционной структуры и управлении популяциями диких животных [31]. Как правило, эти методы используют географические данные о распространении вида и экогеографические данные биотопов для алгоритмического анализа посредством ГИС и математических моделей дисперсии тех или иных видов для выявления вероятных видовых и популяционных ареалов, миграционных коридоров и фрагментации биотопов. Подобные исследования проводятся и в Беларуси [32]. Ограничением этих методов является то, что в конечном итоге они описывают ландшафты и только моделируют вероятную популяционную структуру в зависимости от выделенных характеристик ландшафта и общих экологических особенностей вида, но не анализируют исследуемую популяцию непосредственным образом.

Наиболее перспективным подходом для выделения ЕУ в настоящее время является популяционно-генетический анализ, основанный на молекулярно-генетических методах. Так как понятие ЕУ заведомо основано на демографической общности особей в рамках популяции, генетические методы анализа, основанные на выявлении демографической структуры исходя из генетических отношений между особями в популяциях, являются наиболее прямым методом для выделения ЕУ диких животных и имеют достаточно широкое применение в выделении ЕУ в отношении многих угрожаемых и хозяйственно значимых видов [33]. В Беларуси также уже осуществляются исследования популяций животных, включающие описание демографической структуры вида посредством молекулярно-генетических методов [34]. Применимость именно этого метода и его ограничения находятся в фокусе настоящей работы.

Генетический подход к выделению единиц управления дикими популяциями на примере благородного оленя *Cervus elaphus*. На протяжении 2018–2022 гг. нами проводился анализ генетической структуры, происхождения и генетического разнообразия белорусской популяции благородного оленя *Cervus elaphus* с целью осуществления генетической паспортизации вида в условиях реинтродукции. Для этого были использованы нейтральные микросателлитные маркеры и участок контрольного региона (Д-петли) митохондриальной ДНК длиной 326 пар оснований. Для описания результатов, преимуществ и ограничений популяционно-генетического подхода к выделению ЕУ в популяциях диких животных мы используем дополненные результаты исследования, проводимого ранее [35].

Материалы и методы. В ходе исследования использовалась выборка (171 образец) генетического материала благородного оленя из всех областей Беларуси. Выделение ДНК, амплификация и микросателлитный анализ осуществлялись по методике, описанной ранее [35]. Основным методом выявления генетической структуры являлся метод множественных симуляций иерархической

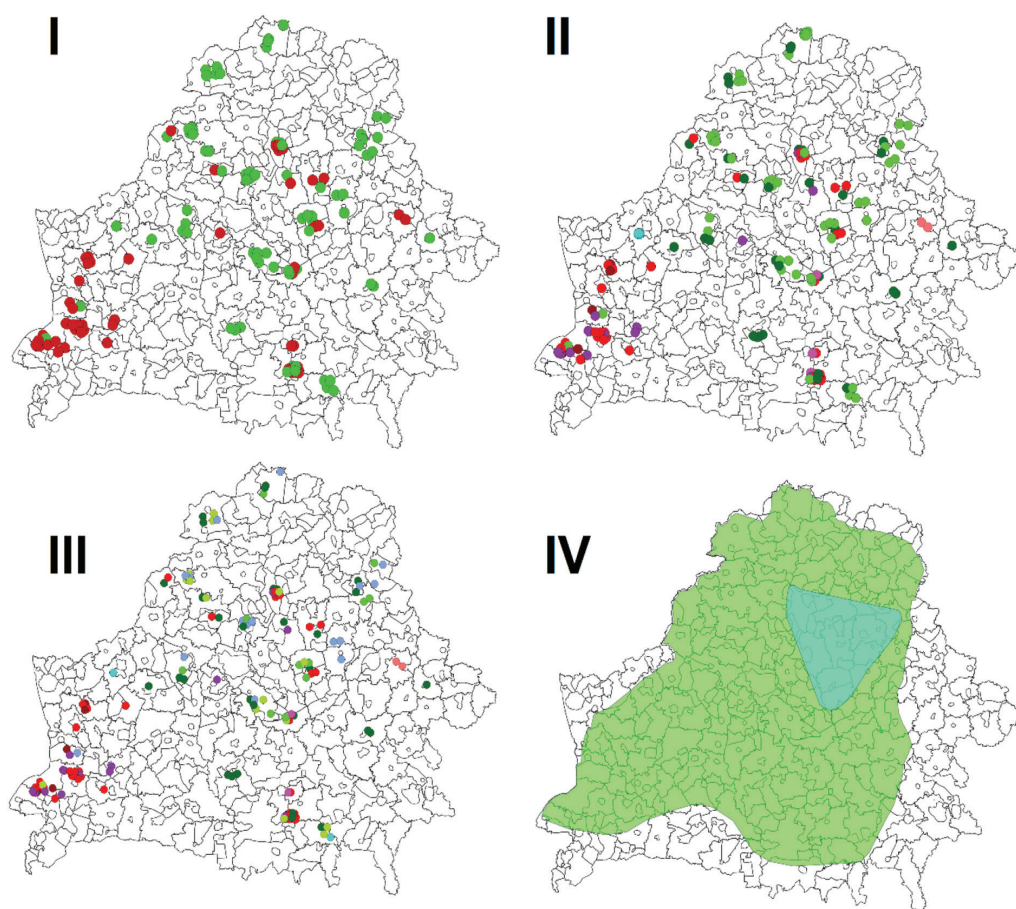


Рис. 2. Карты географического распределения генетических кластеров благородного оленя согласно результатам иерархических байесовских симуляций на основе данных микросателлитного анализа (I–III) или выделения генетических линий по данным вариабельности последовательностей контрольного региона митохондриальной ДНК (IV) (цвет точек показывает генетические кластеры 1-го (I), 2-го (II) и 3-го (III) иерархических уровней байесовской симуляции, цвет площадных полигонов (IV) отражает ареал распространения маралоидной (бирюзовый) и элафоидной (зеленый) генетических линий благородного оленя по данным анализа последовательностей контрольного региона митохондриальной ДНК)

байесовской кластеризации посредством метода Монте-Карло с марковскими цепями в наборах априорных величин количества кластеров [36]. Для микросателлитного анализа использовалась панель из 14 микросателлитных локусов [37]. Дополнительно 30 образцов из выборки использовались при изучении последовательностей контрольного региона митохондриальной ДНК для определения источников происхождения популяции посредством филогенетического анализа.

Результаты и их обсуждение. Глубокий иерархический анализ генетической структуры в популяции благородного оленя отразил слабую дифференциацию некоторых отдельных географических популяционных групп (чаусская и мостовская группировки оленя, лидская вольерная популяция сибирского марала), хотя большинство особей не показали популяционно-территориального группирования, способного послужить основой для выделения ЕУ (рис. 2).

Статистический анализ популяционной дифференциации свидетельствует, что кластеризация большинства образцов не демонстрирует корреляции с территориями охотхозяйств, лесных массивов, географических регионов, административных районов или областей. Но при этом территориально-перекрывающиеся генетические кластеры отражают демографические эффекты реинтродукции оленя на территории республики. Эти данные положительно характеризуют эффективность мероприятий по расселению оленя по территории Беларуси. Национальные парки «Беловежская пушча» и «Припятский», Государственное природоохранное учреждение «Березинский биосферный заповедник» выступают как ключевые хотспоты генетического разнообразия в популяции, но в большинстве своем не пригодны для выделения ЕУ. Кластеры высокого уровня (рис. 2, I) сформированы общностью происхождения племенного материала расселяемых особей и миграциями: первый кластер

образован реинтродукциями с использованием материала из Беловежской пуши, второй кластер – предположительно оленями воронежского происхождения. Более тонкая генетическая структура второго (рис. 2, II) и третьего (рис. 2, III) уровней отражает родственные группы, в большинстве своем также распределенные по обширным территориям в ходе реинтродукций и суммарно соответствующие морфологическим породам благородного оленя, описанным ранее [35].

В то же время распределение ареалов генетических линий согласно результатам анализа митохондриальной ДНК 30 особей (рис. 2, IV) подтвердило смешанное происхождение белорусской популяции из элафоидного (Центральная Европа) и маралоидного (Воронежский заповедник) племенного материала, но не выделило группировок, потенциально отражающих актуальные демографические группы, что в целом характерно для исследований на основе последовательностей митохондриальной ДНК, хорошо выявляющих происхождение популяций и таксонов, но плохо отражающих актуальные демографические группы.

Полученные результаты отражают генетический аспект важнейшей на данный момент фундаментальной проблемы описания и управления популяциями диких животных – апостериорного установления состояния популяционных группировок [38]. При наличии обширного кратковременного воздействия (антропогенного или естественного) на демографическую структуру популяции результаты любого прямого анализа этой демографической структуры будут отражать в первую очередь последствия вышеозначенного воздействия, а не оптимальные для управления популяцией автохтонные демографические группы, сформированные долговременными характеристиками биотопов и экологическими особенностями изучаемого вида. При этом крайне затруднительно без дополнительных исследований сделать выводы о долговечности выявленных анализом демографических структур. Современная демографическая структура популяции благородного оленя в Беларуси прежде всего отражает эффекты расселения вида в ходе мероприятий по реинтродукции. На основании полученных результатов можно предполагать, что при прямом изучении демографической структуры иных сильно затронутых антропогенными воздействиями или иными факторами популяций диких животных (например, дикого кабана *Sus scrofa* или бычка-песочника *Neogobius fluviatilis*) такой анализ также будет отражать в основном масштабы воздействия этих факторов, а не оптимальные для управления демографические единицы. Эти выводы сходятся и с актуальными результатами изучения иных затронутых значительными пертурбациями популяций диких животных в Беларуси [39] и за рубежом [40].

Закключение. Многочисленные доводы указывают на то, что ЕУ популяциями представляют перспективную инновацию в управлении ресурсами диких животных, совместимую с существующими организационными системами и методами и в то же время открывающую возможности для более эффективного управления популяциями охраняемых и хозяйственных видов животных, выражаемого в сокращении расходов на управление, росте численности популяций ценных видов и повышении адаптивных качеств особей в популяциях. Однако применение ЕУ эффективно настолько, насколько точно они соответствуют фактическим демографическим популяциям исследуемых видов. Достоверное выделение демографических групп в наибольшей степени определяет эффективность ЕУ на практике. Популяционно-генетический подход на основе таких молекулярных средств, как анализ микросателлитных фрагментов, однонуклеотидных полиморфизмов или полногеномных ассоциаций, в частности, обладает всеми необходимыми возможностями для точного выделения ЕУ в популяциях многих видов. Подобные исследования уже давали достоверные основания для выделения демографических популяций [34]. Но этот подход сталкивается с ограничениями в случае популяций диких животных, затронутых обширными трансформациями их ареалов или демографии под воздействием естественных либо антропогенных факторов в недавнем прошлом. Популяционно-генетические методы показывают наиболее прямой и перспективный путь в выделении демографических популяций и ЕУ в случае видов с достаточно стабильной демографической историей на временном отрезке, соответствующем разрешающей способности задействованного анализа, а в случае с популяциями с более сложной историей дает множество ценных для управления данных, включая генетическое разнообразие в популяции, его распределение, коэффициент инбридинга и показатели эффективной численности. Кроме того, подобный анализ позволяет выявить обширные демографические сдвиги в популяции, если они не были обнаружены иными средствами ранее.

Тем не менее искажения, вносимые в генетическую структуру популяции, требуют применения комплексного подхода к выделению ЕУ, дополняющего молекулярно-генетический анализ прочими современными методами, такими как радиомечение или ландшафтно-географический анализ. Мы считаем, что выделение ЕУ для большинства значимых видов животных на территории Беларуси посредством популяционно-генетического анализа перспективно при комплексном дополнении молекулярно-генетических данных результатами ограниченного GPS-мечения и/или ландшафт-

но-географического анализа. В контексте оформленного практического и законодательного запросов на научно-ориентированное управление популяциями, а также современного развития всех упомянутых методов в Беларуси внедрение практики управления популяциями на основании ЕУ или подобных им демографических единиц, выделенных посредством комплексного подхода, следует охарактеризовать как возможное и доступное даже в ближайшей перспективе.

Список использованных источников

1. Козорез, А. И. Охотничьи ресурсы Беларуси / А. И. Козорез // Лесное хозяйство: 82-я науч.-техн. конф. проф.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием), Минск, 1–14 февр. 2018 г.: тез. докл. – Минск: БГТУ, 2018. – С. 149.
2. Шакун, В. В. Особенности формирования популяций благородного оленя в Беларуси и факторы, их обуславливающие / В. В. Шакун. – Минск, 2011. – 24 с.
3. Шуневич, И. А. Использование ресурсов кабана в Республике Беларусь / И. А. Шуневич, А. А. Моложавский, С. Ю. Цербук // Современные проблемы охотоведения и сохранения биоразнообразия: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию образования УП «Белгосохота», Минск, 23–24 февр. 2023 г. – Минск: Белгосохота, 2023. – С. 181–186.
4. Feral American mink *Neogale vison* continues to expand its European range: time to harmonise population monitoring and coordinate control / R. Vada [et al.] // *Mammal Review*. – 2023. – № 53. – P. 158–176.
5. Козорез, А. И. Стратегия расселения оленя благородного в Беларуси / А. И. Козорез // Наука – инновационному развитию лесного хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 11–13 нояб. 2015 г.). – Гомель: Ин-т леса, 2015. – С. 286–288.
6. Гештовт, П. А. Адаптивное управление дикими животными / П. А. Гештовт, А. В. Гуринович // Современные проблемы охотоведения и сохранения биоразнообразия: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения В. С. Романова, Минск, 16–17 мая 2017 г. – Минск: БГТУ, 2017. – С. 57–61.
7. Козорез, А. И. Непреодолимые противоречия зимнего маршрутного учета диких животных / А. И. Козорез, А. В. Гуринович // Тр. БГТУ. Сер. 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2019. – № 2. – С. 149–155.
8. Гуринович, А. В. Охотничье право – две мировые системы и место в них Беларуси / Гуринович А. В. // Современные проблемы охотоведения и сохранения биоразнообразия: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения В. С. Романова, Минск, 16–17 мая 2017 г. – Минск: БГТУ, 2017. – С. 71–76.
9. Ровкач, А. И. Повышение эффективности охотничьего хозяйства путем развития трофейного дела / А. И. Ровкач, А. И. Козорез // Тр. БГТУ. Сер. 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2014. – № 2. – С. 91–93.
10. Moritz, C. Defining “Evolutionarily Significant Units” for conservation / C. Moritz // *Trends in Ecology & Evolution*. – 1994. – Vol. 9, № 10. – P. 373–375.
11. Ryder, O. A. Species conservation and systematics: the dilemma of subspecies / O. A. Ryder // *Trends in Ecology & Evolution*. – 1986. – Vol. 1, № 1. – P. 9–10.
12. Genetic management of fragmented animal and plant populations / R. Frankham [et al.]. – Oxford: Oxford University Press, 2017. – 401 p.
13. Gordon, I. J. REVIEW: The management of wild large herbivores to meet economic, conservation and environmental objectives: Management of wild large herbivores / I. J. Gordon [et al.] // *J. Appl. Ecol.* – 2004. – Vol. 41, № 6. – P. 1021–1031.
14. Elphick, C. S. How you count counts: the importance of methods research in applied ecology / C. S. Elphick // *J. Appl. Ecol.* – 2008. – Vol. 45, № 5. – P. 1313–1320.
15. Integrating wildlife and human-dimensions research methods to study hunters / R. Stedman [et al.] // *J. Wildl. Manag.* – 2004. – Vol. 68, № 4. – P. 762–773.
16. Recent large-scale landscape changes, genetic drift and reintroductions characterize the genetic structure of Norwegian wild reindeer / K. S. Kvie [et al.] // *Conserv. Genet.* – 2019. – Vol. 20, № 6. – P. 1405–1419.
17. Rogers, J. G. Policy Regarding the Recognition of Distinct Vertebrate Population Segments Under the Endangered Species Act / J. G. Rogers // *Federal Register*. – 1996. – Vol. 61, № 26. – P. 4722–4725.
18. Evaluating the principles of wildlife conservation: a case study of wolf (*Canis lupus*) hunting in Michigan, United States / J. A. Vucetich [et al.] // *J. Mammal.* – 2017. – Vol. 98, № 1. – P. 53–64.
19. Evaluating the sustainability of conservation and development strategies: The case of management units for wildlife conservation in Tabasco, Mexico / M. Pineda-Vázquez [et al.] // *J. Environ. Manag.* – 2019. – Vol. 248 – P. 109260.
20. Efremov, V. V. [Population as a conservation and management unit in vertebrate animals] / V. V. Efremov // *J. Gen. Biol.* – 2007. – Vol. 68, № 3. – P. 205–220.
21. Об изменении Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды»: Закон Респ. Беларусь от 17 июля 2023 г. № 294-З. – URL: <https://house.gov.by/ru/zakony-ru/view/ob-izmenenii-zakona-respubliki-belarus-ob-oxrane-okruzhajuschej-sredy-1378/> (дата обращения: 03.11.2023).
22. Гуринович, А. В. Актуальные аспекты управления ресурсами охотничьих животных / А. В. Гуринович // Современные проблемы охотоведения и сохранения биоразнообразия: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию образования УП «Белгосохота», Минск, 23–24 февр. 2023 г. – Минск: Белгосохота, 2023. – С. 64–69.
23. Шуневич, И. А. К вопросу о реорганизации РГОО «Белорусское общество охотников и рыболовов» / И. А. Шуневич, А. А. Моложавский, Ж. О. Серова // Современные проблемы охотоведения и сохранения биоразнообразия: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию образования УП «Белгосохота», Минск, 23–24 февр. 2023 г. – Минск: Белгосохота, 2023. – С. 176–180.
24. Weber, M. The Tragedy of the Commons: Wildlife Management Units in Southeastern Mexico / M. Weber, G. García-Marmolejo, R. Reyna-Hurtado // *Wildl. Soc. Bull.* – 2006. – Vol. 34, № 5. – P. 1480–1488.

25. *Rosen, T.* The Endangered Species Act and the distinct population segment policy / T. Rosen // *Ursus*. – 2007. – Vol. 18, № 1. – P. 109–116.
26. Conservation and the genetics of populations / F. W. Allendorf [et al.]. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2013. – 602 p.
27. Use of track counts and camera traps to estimate the abundance of roe deer in North-Eastern Italy: are they effective methods? / T. Romani [et al.] // *Mamm. Res.* – 2018. – Vol. 63, № 4. – P. 477–484.
28. Wildlife tracking data management: a new vision / F. Urbano [et al.] // *Philos. Trans R. Soc. B.* – 2010. – Vol. 365, № 1550. – P. 2177–2185.
29. A multi-species evaluation of digital wildlife monitoring using the Sigfox IoT network / T. A. Wild [et al.] // *Anim. Biotelem.* – 2023. – Vol. 11, № 1. – P. 13.
30. *Lindberg, M. S.* Satellite Telemetry in Avian Research and Management: Sample Size Considerations / M. S. Lindberg, J. Walker // *J. Wildl. Manag.* – 2007. – Vol. 71, № 3. – P. 1002–1009.
31. *Perkl, R. M.* Geodesigning landscape linkages: Coupling GIS with wildlife corridor design in conservation planning / R. M. Perkl // *Landsc. Urban Plan.* – 2016. – Vol. 156 – P. 44–58.
32. *Даглиц, В. Ю.* Анализ территориальной целостности среды обитания для некоторых видов животных белорусского Поозерья на основании индексов проницаемости, рассчитанных с использованием программного инструментария ГИС / В. Ю. Даглиц // Молодежь в науке – 2022: XIX Междунар. науч. конф. (Минск, 25–28 окт. 2022 г.): аграр., биол., гуманитар. науки и искусства, мед., физ.-мат., физ.-техн., химия и науки о Земле: тез. докл. – Минск: Беларуская навука, 2022. – С. 127–129.
33. Genomics-informed delineation of conservation units in a desert amphibian / B. R. Forester [et al.] // *Mol. Ecol.* – 2022. – Vol. 31, № 20. – P. 5249–5269.
34. Genetic structure and diversity of the capercaillie (*Tetrao urogallus*) population in Belarus in the context of de-lineation of two subspecies: major and pleskei / K. Homel [et al.] // *GEO&BIO.* – 2022. – Vol. 2022, № 22. – P. 113–128.
35. Reintroduction shapes the genetic structure of the red deer (*Cervus elaphus*) population in Belarus / A. A. Valnisty [et al.] // *Theriol. Ukr.* – 2022. – Vol. 2022, № 23. – P. 31–46.
36. *Pritchard, J. K.* Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data / J. K. Pritchard, M. Stephens, P. Donnelly // *Genetics.* – 2000. – Vol. 155, № 2. – P. 945–959.
37. *Волнистый, А. А.* Разработка панели микросателлитных маркеров для мультиплексного генотипирования белорусских популяций благородного оленя (*Cervus elaphus*) / А. А. Волнистый // Структура и динамика биоразнообразия: материалы I Респ. заоч. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 23 дек. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: С. В. Буга (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2019. – P. 260–263.
38. How different is different? Defining management and conservation units for a problematic exploited species / A. M. Bernard [et al.] // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* – 2009. – Vol. 66, № 9. – P. 1617–1630.
39. Genetic diversity of the free-living population of Przewalski's horses in the Chernobyl Exclusion Zone / E. E. Kheidorova [et al.] // *Theriol. Ukr.* – 2021. – Vol. 2020, № 20. – P. 58–66.
40. Changes in the Genetic Structure of Lithuania's Wild Boar (*Sus scrofa*) Population Following the Outbreak of African Swine Fever / L. Gričiuvienė [et al.] // *Genes.* – 2022. – Vol. 13, № 9. – P. 1561.

Поступила 07.07.2023

ISSN 1810-9810 (Print)

УДК 634.739.3:631.615:631.466.12

С. П. Зимич¹, А. П. Яковлев¹, О. Ю. Баранов², Г. И. Булавко¹¹Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси,

Минск, Беларусь,

e-mail: antohina_lana@mail.ru, yakovlev@cbg.org.by, bulavkog@mail.ru

²Национальная академия наук Беларуси, Минск, Беларусь

e-mail: betula-belarus@mail.ru

ДОМИНИРУЮЩИЙ СОСТАВ МИКРОМИЦЕТОВ В КОРНЕВЫХ ОКОНЧАНИЯХ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ НА ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКАХ

Аннотация. Проведен метагенетический (коды доступа в NCBI GenBank PRJNA887247, PRJNA8875562, PRJNA892121) анализ микобиомов корневых окончаний саженцев клюквы крупноплодной, культивируемых на выработанных торфяниках. Идентифицировано 255 генотипических вариантов грибов. Среди доминирующих групп микромицетов отмечены *Sebacina* spp., *Oidiodendron maius*, *Rhizoscyphus* spp. и некультивируемые грибы. По результатам микроскопического анализа корневых окончаний отмечена особенность, связанная с развитием внутриклеточной несептированной мицелиальной сети с многочисленными вздутиями, образованными предположительно эндофитными грибами.

Ключевые слова: клюква крупноплодная, выработанные торфяники, микориза, микобиом, видовое разнообразие

S. P. Zimich¹, A. P. Yakovlev¹, O. Yu. Baranov¹, G. I. Bulavko¹¹Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,

e-mail: antohina_lana@mail.ru, yakovlev@cbg.org.by, bulavkog@mail.ru

²National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

e-mail: betula-belarus@mail.ru

DOMINANT COMPOSITION OF MICROMYCETES IN THE ROOT ENDINGS OF LARGE-FRUITED CRANBERRY DURING CULTIVATION ON DEVELOPED PEATLANDS

Abstract. A metagenetic (access codes in NCBI GenBank PRJNA887247, PRJNA8875562, PRJNA892121) analysis of mycobiomes of root endings of large-fruited cranberry seedlings cultivated on developed peatlands was carried out. 255 genotypic variants of fungi were identified. Among the dominant groups of micromycetes *Sebacina* spp., *Oidiodendron maius*, *Rhizoscyphus* spp. and non-cultivated mushrooms were noted among the dominant groups of micromycetes. According to the results of microscopic analysis of root endings, a feature associated with the development of an intracellular non-septate mycelial network with numerous swellings, formed presumably by endophytic fungi, was noted.

Keywords: cranberry, developed peatlands, mycorrhiza, micobiome, species diversity

С. П. Зіміч¹, А. П. Якаўлеў¹, А. Ю. Баранаў², Г. І. Булаўко¹¹Цэнтральны батанічны сад Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь,

e-mail: antohina_lana@mail.ru, yakovlev@cbg.org.by, bulavkog@mail.ru

²Нацыянальная акадэмія навук Беларусі, Мінск, Беларусь

e-mail: betula-belarus@mail.ru

ДАМІНУЮЧЫ САСТАЎ МІКРАМІЦЭТАЎ У КАРАНЁВЫХ КАНЧАТКАХ ЖУРАВІН БУЙНАПЛОДНЫХ ПРЫ КУЛЬТЫВАВАННІ НА ВЫПРАЦАВАННЫХ ТАРФЯНІКАХ

Анотацыя. Прыведзены метагенетычны (коды доступу ў NCBI GenBank PRJNA887247, PRJNA8875562, PRJNA892121) аналіз мікабіёмаў каранёвых канчаткаў сажанцаў журавін буйнаплодных, якія культывіруюцца на выпрацаваных тарфяніках. Ідэнтыфікавана 255 генатыпічных варыянтаў грыбоў. Сярод дамінуючых груп мікраміцэтаў адзначаны *Sebacina* spp., *Oidiodendron maius*, *Rhizoscyphus* spp. і некультывіруемыя грыбы. Па выніках мікраскапічнага аналізу каранёвых канчаткаў адзначана асаблівасць, звязаная з развіццём унутрыклеткавай несептаванай міцэліяльнай сеткі са шматлікімі ўздуццямі, утворанымі меркавана эндафітнымі грыбамі.

Ключавыя словы: журавіны буйнаплодныя, выпрацаваныя тарфянікі, мікарыза, мікабіём, відавая разнастайнасць

Введение. Одними из наиболее типичных эдафических условий произрастания представителей семейства Вересковые (*Ericaceae*) являются почвы с высоким уровнем кислотности и низкой обеспеченностью основными элементами питания, особенно азотом. К данным эдафическим условиям относят болотные биоценозы и площади выработанных торфяных месторождений верхового типа,

где процессы минерализации протекают медленно и количество накапливаемого неорганического азота, как правило, является невысоким. Снижению почвенной активности способствуют и сами растения, выделяющие в ризосферу фенольные соединения, многие из которых являются токсичными для почвенных грибов и бактерий [1]. Высокая кислотность почвы в ряде случаев может делать труднодоступным для усвоения растениями и фосфор, содержащийся в виде пента- и гексафосфатных солей алюминия, железа и фосфодиэфиров. Понижение pH почвы ниже 6,0 оказывает определенный бактериостатический эффект, однако является менее действенным по отношению к грибным организмам [2].

Микобиота ризосферы вересковых, и в особенности микоризообразующие грибы, способствуют в данных эдафических условиях мобилизации и лучшему усвоению минеральных элементов питания из почвы, что, в свою очередь, обуславливает повышение биологической продуктивности и устойчивости растений [3]. Например, выделяемые в почву ферменты эрикоидной микоризы (ERM-грибов) характеризуются высокой активностью в диапазоне значений pH от 3,0 до 5,5 и устойчивостью к ингибированию ионами алюминия и железа [4]. Перечень ферментов, продуцируемых микоризными грибами, является широким, наиболее важными из которых являются фосфатазы (обеспечивают перевод фосфора в растворимую форму из органических веществ и полифосфатов), протеазы и хитиназы (способствуют поступлению азота), пектиназы и целлюлазы (позволяют расщеплять полисахариды) и др. [5–7].

Еще одной из основных функций микоризных грибов является улучшение обеспеченности влагой растений благодаря увеличению объема всасывающей поверхности за счет гиф гриба. В литературе отмечается, что для строительства одинаковой всасывающей зоны растению требуется в 100 раз больше материала, чем грибу [8].

Согласно ранним микологическим исследованиям у растений семейства Вересковые был отмечен только специализированный для них эрикоидный тип микоризы. Однако в последнее время широким кругом исследователей были идентифицированы дополнительные типы микоризных ассоциаций, что обусловлено расширением спектра аскомицетных и базидиомицетных грибов, способных биотизировать корневые системы вересковых растений [9, 10]. Так, проведенные молекулярно-генетические исследования показали наличие в корневых окончаниях вересковых микромицетов *Glomeraceae*, формирующих арбускулярную микоризу [11]. У некоторых видов рода *Vaccinium* (гавайские эндемичные виды) установлено наличие двойного симбиоза, где эрикоидная микориза образовывалась на «волосовидных корнях», а арбускулярная – в оставшихся частях корневых растений [4]. Кроме того, в литературных источниках приведены данные о выявлении в корневых окончаниях биологического материала грибов порядков *Boletales*, *Russulales*, *Thelephorales*, для которых характерно образование эктомикориз [11].

Согласно традиционным микологическим представлениям грибы, которые участвуют в образовании экто- и эрикоидной микоризы, принадлежат к различным таксономическим группам [12]. Однако проведенные молекулярно-генетические исследования показали, что ДНК многих грибов, обычно классифицируемых как эктомикоризные, может быть обнаружена в корнях кустарников с эрикоидной микоризой, а ДНК предположительно ERM-грибов – у растений с эктомикоризой [13]. Некоторые авторы высказали предположение, что вересковые в условиях аксенической культуры позволяют проникать широкому спектру грибов в периферические клетки корней, где они образуют типичные спиральные инфицированные единицы [14].

Исходя из всего вышесказанного видно, что видовое разнообразие микоризных грибов в значительной степени может зависеть от типа почвы, характера растительных ассоциаций, климатических условий и др. [15]. В этой связи целью нашей работы являлась оценка видового разнообразия микобиома корневых окончаний клюквы крупноплодной при культивировании на выработанных торфяниках в условиях умеренных широт.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования являлись 5-летние саженцы клюквы крупноплодной *Oxycoccus macrocarpus* (Pers.), син. *Vaccinium macrocarpon* (Ait.), сортов *Stevens* и *Ben Lear*, культивируемых на опытно-производственных посадках на площадях вышедших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений (т. м.) центральной (т. м. Зеленоборское, Смолевичский р-н Минской обл.) и северной (т. м. Рамжино, Докшицкий р-н Витебской обл.) агроклиматических зон Беларуси. Отбор образцов корневых окончаний осуществляли в конце вегетационного сезона (сентябрь).

Мацерацию корней проводили методом Boyer [16]. Микроскопическую оценку микориз определяли по методу Лабутова [17]. Просмотр препарата осуществлялся на микроскопе OLYMPUS BX53M с цифровой камерой при увеличении $\times 20$ и $\times 40$.

Определение видового разнообразия грибов корневых окончаний клюквы крупноплодной проводили на основе метагенетического анализа, выполняемого на основании высокопроизводительного

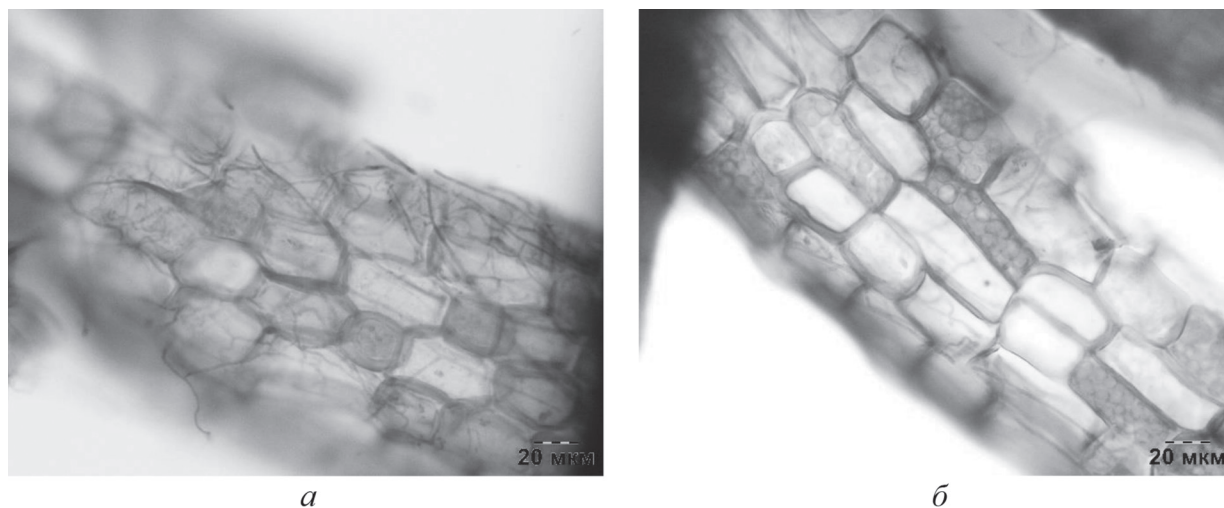
секвенирования продуктов амплификации внутреннего транскрибируемого спейсера ITS1. Получение препаратов суммарной ДНК образцов корневых окончаний проводили с использованием модифицированного СТАВ-протокола [18]. Полимеразную цепную реакцию выполняли с применением коммерческого набора 2xDreamTaq™ Green PCR Master Mix (Thermo Scientific, США). В ходе исследования были использованы универсальные праймеры ITS1F и ITS2 [19].

Высокопроизводительное секвенирование выполнялось на анализаторе Ion PGM System (Thermo Scientific, США). Все этапы подготовки проводили в соответствии с инструкцией фирмы-производителя (технология AmpliSeq) с использованием наборов реагентов (Thermo Scientific, США), соответствующих техническим параметрам оборудования и протокола анализа для ДНК-библиотек размером 400 н. о.

Первоначальную обработку и сортировку данных, поступающих от геномного анализатора, осуществляли в автоматическом режиме при помощи программного обеспечения Ion Torrent Suite v. 4.1 (Thermo Scientific, США). Окончательную обработку информации и аннотацию последовательностей выполняли с помощью онлайн-сервиса BLAST (NCBI, США), находящегося в открытом доступе [20].

Результаты и их обсуждение. Корневые окончания исследуемых растений характеризовались светло-коричневым цветом, слабым ветвлением и малым количеством корневых волосков. Микориза была представлена внеклеточным и межклеточным мицелием и внутриклеточными структурами, которые характеризовались разветвлением мицелия (рисунок, а). При микроскопировании корневых окончаний клюквы крупноплодной также была отмечена внутриклеточная несептированная мицелиальная сеть с многочисленными вздутиями, которые напоминали везикулу, но были намного меньше по размеру, находились в большом количестве в одной клетке корня (рисунок, б). Некоторые авторы сходные структуры описывают как микоризный морфотип, встречающийся у тропических растений *Alzatea verticillata* [21, 22], а также у *Tilia* spp. [23].

Однако выявленные структуры были намного мельче и разделены. В литературе описываются молекулярные исследования, которые показывают, что подобные структуры характерны для разных родов гломусовых грибов (*Glomus*, *Acaulospora* и *Gigaspora*) [21]. На наш взгляд, выявленные структуры относятся к темным септированным эндофитам (dark septate endophytic (DSE)), колонизирующим корневые окончания растений и положительно влияющим на их рост и развитие [24, 25].



Микроскопирование корневых окончаний *O. macrocarpus* сорта *Stewens*, культивируемой на выработанных торфяниках верхового типа: а – эрикоидная микориза (арбускулы, гифы), б – темные септированные эндофиты (микросклероции)

Многие авторы отмечают, что инфицирование растений DSE происходит при сильных стрессовых условиях (засуха, засоление, загрязнение тяжелыми металлами, пустынные земли) и необходимо для преодоления воздействия негативных факторов [26–29]. Особое внимание следует обратить на то, что описания подобных структур у представителей *Ericaceae*, культивируемых в сложных экологических условиях умеренных широт, в литературе мы не встречали.

Данные молекулярно-генетического анализа микобиома корневых окончаний клюквы крупноплодной показали, что выявленные виды грибов встречаются не только в почвах верховых болот,

торфяников, на корнях вересковых, но и в лесных насаждениях, парках, а также свойственны древесным растениям (сосна, осина, ольха). Полный перечень выявленных генотипов грибов задепонирован в базе данных NCBI GenBank (коды доступа – PRJNA887247, PRJNA887562, PRJNA892121) [20]. Информация о доминирующих видах грибов корневых окончаний клюквы представлена в таблице. Следует особо подчеркнуть, что почти в каждом исследуемом образце были идентифицированы *Sebacina* spp., *Oidiodendron maius*, *Helotiales* spp. и др. Выявленные генотипы грибов были сходными с изолятами, идентифицированными в Швеции, Польше и Ирландии.

Представители *Sebacina* способны к образованию экто-, арбутоидной, эрикоидной и орхидной микориз с разнообразными видами растений [30], в том числе и в симбиозе с видом *Comarostaphylis arbutoides*, произрастающим в тропиках Центральной Америки и относящимся к семейству *Ericaceae* [9].

Oidiodendron maius – вид гифомицета, выделенный из торфа и почвы с разлагающимися остатками. Встречается на вересковых пустошах, торфяниках с высоким уровнем кислотности, где наблюдается его оптимальный рост, что подтверждается и лабораторными исследованиями [31]. В чистом виде имеет колонии белого цвета из-за наличия обильных артроконидиев. Является компонентом микоризы, а также сапротрофом на органическом субстрате [14, 32, 33].

Канадскими исследователями было отмечено, что доминирующими грибами эрикоидной микоризы в посадках голубики были представители рода *Oidiodendron* [34, 35]. Кроме того, имеются сведения, что у представителя черники обыкновенной, выращенной *in vitro*, гриб *Oidiodendron* spp. встречался и в надземной части растения [36]. Инокуляция (биотизация) в лабораторном эксперименте и на опытно-производственных посадках *V. corymbosum* тремя корневыми симбиотическими грибами (*Oidiodendron maius*, *Hymenoscyphus* spp., *P. fortinii*) в комплексе с эндофитным грибом *Xylaria* spp. способствовала повышению жизнеспособности, увеличению высоты и развитию габитуса растений голубики [37].

Эрикоидная микориза у вересковых образуется также за счет участия грибов порядка *Helotiales* представителями родов *Pezizula*, *Hymenoscyphus*, *Phialophora*, относящихся к аскомицетам [38–40]. При этом показаны признаки видоспецифичности вышеуказанных грибов, наиболее многочисленное представительство которых идентифицировано в корневой системе *V. angustifolium* [41].

К грибам порядка *Helotiales* относится вид *Rhizoscyphus ericae*, формирующий эрикоидную микоризу, который, по данным японских ученых, чаще других микоризных грибов этого типа встречался в корневых окончаниях *Vaccinium oldhamii* [35]. Установлено также, что по сравнению с немикоризованными растениями инокуляция клюквы грибом *Rhizoscyphus ericae* увеличивала способность утилизации нитратов в восемь раз, не оказывая негативного влияния на накопление их в плодах [42].

Talaromyces amestolkiae относится к арбускулярно-микоризным грибам, встречающимся у тростника обыкновенного [43]. А *Cladophialophora minutissima* – гифомицет, сапрофитный или эндофитный гриб растений с широкой географией обитания в бореальных и горных болотных экосистемах [44] и даже в Антарктиде [45, 46].

Доминирующая группа грибных видов, идентифицированных в корневых окончаниях клюквы крупноплодной

Вид	Семейство	Порядок	Номер GenBank	Результат анализа BLAST		
				Идентичность (п. н.)	Сходство (%)	Референтный образец в NCBI GenBank или UNITE
Некультивируемый гриб	<i>Hyaloscyphaceae</i>	<i>Helotiales</i>	OP720873.1	292/294	99	JX857212.1
Некультивируемый гриб	<i>Dermateaceae</i>	<i>Helotiales</i>	OP714518.1	286/285	99	JQ272337.1
Некультивируемый гриб	<i>Magnaporthaceae</i>	<i>Magnaporthales</i>	OP720874.1	305/303	98	KT965061.1
<i>Sebacina</i> spp.	<i>Unclassified Sebaciniales</i>	<i>Sebacinales</i>	OP720875.1	322/325	99	FJ475810.1
Некультивируемый гриб	<i>Dermateaceae</i>	<i>Helotiales</i>	OP720877.1	285/285	100	JQ272337.1
<i>Rhizoscyphus</i> spp.	<i>Helotiaceae</i>	<i>Helotiales</i>	OP720880.1	279/279	100	HF947835.1
<i>Talaromyces amestolkiae</i>	<i>Trichocomaceae</i>	<i>Eurotiales</i>	OP720878.1	292/292	100	MN086355.1
<i>Cladophialophora minutissima</i>	<i>Herpotrichiellaceae</i>	<i>Chaetothyriales</i>	OP712186.1	294/294	100	EF016383.1
Некультивируемый гриб	<i>Dermateaceae</i>	<i>Helotiales</i>	OP720879.1	285/285	100	HM030571.1
<i>Oidiodendron maius</i>	<i>Myxotrichaceae</i>	<i>Leotiomyces</i>	OP712189.1	286/286	100	OM729680.1

Заключение. Микроскопирование корневых окончаний клюквы крупноплодной позволило определить наличие темных септированных эндофитов, ранее не отмеченных в литературе для представителей семейства Вересковые, произрастающих в умеренных широтах. Данные грибы представляют собой внутриклеточные несептированные мицелиальные сети с многочисленными вздутиями,

которые расположены в большом количестве в одной клетке корня. Это свидетельствует о том, что в корневых окончаниях клюквы крупноплодной могут встречаться не только грибы-микоризообразователи.

Результаты полного метагенетического анализа микобиома корней клюквы крупноплодной, культивируемой на выработанных торфяниках Беларуси, показали, что почти для каждого исследуемого образца идентифицированы грибы, относящиеся к *Rhizoscyphus* spp., *Sebacina* spp., *Oidiodendron maius* и др.

Согласно литературным данным идентифицированные микоризные грибы на корневых окончаниях *O. macrocarpus*, культивируемой на выработанных торфяниках Беларуси, характерны также для корней не только родственных видов семейства Вересковые, встречающихся в Японии, Канаде, Италии, США, Польше, Ирландии, Китае, России в сходных экологических условиях (вересковые пустоши, бореальные и горные болотные комплексы), но и у растений других систематических таксонов и жизненных форм, обитающих в лесных насаждениях, парках, скверах.

Список использованных источников

1. Cairney, J. W. G. Ericoid mycorrhiza: a partnership that exploits harsh edaphic conditions / J. W. G. Cairney, A. A. Meharg // Eur. J. Soil Sci. – 2003. – Vol. 54. – P. 735–740.
2. Nitrogen for growing cranberries in Europe [Electronic resource] / J. R. Davenport [et al.]. – Corvallis, Oregon, USA: Oregon State University, 2000. – 21 p. – Mode of access: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em8741>. – Date of access: 27.12.2022.
3. Read, D. J. Mycorrhizal fungi as drivers of ecosystem processes in heathland and boreal forest biomes / D. J. Read, J. R. Leake, J. Perez-Moreno // Can. J. Bot. – 2004. – Vol. 82. – P. 1243–1263.
4. Straker, C. J. Ericoid mycorrhiza: ecological and host specificity / C. J. Straker // Mycorrhiza. – 1996. – Vol. 6. – P. 215–225.
5. Convergent loss of decay mechanisms and rapid turnover of symbiosis genes in mycorrhizal mutualists / A. Kohler [et al.] // Nat. Genet. – 2015. – Vol. 47. – P. 410–415.
6. Perotto, S. Ericoid mycorrhizal fungi and their genomes: another side to the mycorrhizal symbiosis? / S. Perotto, S. Daghino, E. Martino // Special Issue: Cross-scale integration of mycorrhizal function. – 2018. – Vol. 220, iss. 4. – P. 141–1147.
7. Isolation and Characterization of Endomycorrhizal Fungi Associated with Growth Promotion of Blueberry Plants / B. Cai [et al.] // J. Fungi. – 2021. – Vol. 7. – Art. № jof7080584.
8. Smith, S. E. Mycorrhizal symbiosis / S. E. Smith, D. J. Read. – London: Academic Press, 1997. – 605 p.
9. *Sebacina* sp. is a mycorrhizal partner of *Comarostaphylis arbutoides* (Ericaceae) / K. Kühdorf [et al.] // Mycol. Prog. – 2014. – Vol. 13. – P. 733–744.
10. The fungal diversity in heather hair roots varies with the vegetation gradient / S. Bugur Damian [et al.] // Mol. Ecol. – 2007. – Vol. 16, iss. 21. – P. 4624–4636.
11. Diversity of root-associated fungi of *Vaccinium mandarinorum* along a human disturbance gradient in subtropical forests, China / Yanhua Zhang [et al.] // J. Plant Ecol. – 2017. – Vol. 10, iss. 1. – P. 56–66.
12. Smith, S. E. Mycorrhizal Symbiosis / S. E. Smith, D. J. Read. – 3rd. ed. – New York, NY, USA: Academic Press, 2008. – 787 p.
13. Villarreal-Ruiz, L. Interaction of an isolate from an aggregate of *Hymenoscyphus ericae* with Pinus and Vaccinium roots / L. Villarreal-Ruiz, I. S. Anderson, I. J. Alexander // New Phytol. – 2004. – Vol. 164. – P. 183–192.
14. Rice, A. V. *Oidiodendron maius*: Saprobe in Sphagnum Peat, Mutualist in Ericaceous Roots? / A. V. Rice, R. S. Currah // Microbial Root Endophytes. – 2006. – Vol. 9. – P. 227–246.
15. First record of *Rhizoscyphus ericae* in Southern Hemisphere's Ericaceae / M. C. Bruzone [et al.] // Mycorrhiza. – 2016. – Vol. 27, iss. 2. – P. 147–163.
16. Boyer, E. P. Endomycorrhizae of *Vaccinium corymbosum* L. in North Carolina / E. P. Boyer, G. R. Ballington, C. M. Hainland // J. Am. Soc. Hort. Sci. – 1982. – Vol. 107, iss. 5. – P. 751–754.
17. Лабутова, Н. М. Методы исследования арбускулярных микоризных грибов / Н. М. Лабутова. – СПб., 2000. – 23 с.
18. Падутов, В. Е. Методы молекулярно-генетического анализа / В. Е. Падутов, О. Ю. Баранов, Е. В. Воропаев. – Минск: Юнипол, 2007. – 176 с.
19. White, T. J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics / T. J. White [et al.] // in PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications (Innis, M. A., D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, and T. J. White eds.). – New York: Academic Press Inc., 1990. – P. 315–322.
20. BLAST (National Library of Medicine, США) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>. – Date of access: 10.09.2022.
21. Beck, A. Structural characterization and molecular identification of arbuscular mycorrhiza morphotypes of *Alzatea verticillata* (Alzateaceae), a prominent tree in the tropical mountain rain forest of South Ecuador / A. Beck [et al.] // Mycorrhiza. – 2007. – Vol. 17. – P. 607–625.
22. Beck, A. Two members of the Glomeromycota form distinct ectendomycorrhizas with *Alzatea verticillata*, a prominent tree in the mountain rain forest of southern Ecuador / A. Beck, I. Kottke, I. Haug // Mycol. Progress. – 2005. – Vol. 4, iss. 1. – P. 11–22.
23. Микориза липы (*Tilia* spp.) в искусственных насаждениях Санкт-Петербурга / В. А. Дудка [и др.] // Микология и фитопатология. – 2021. – Т. 55, № 1. – С. 11–35.
24. Endophytes from blueberry roots and their antifungal activity and plant growth enhancement effects / Xiaohu Song [et al.] // Rhizosphere. – 2021. – Vol. 20. – Art. № 100454.

25. Yan, Liu. Dark septate endophyte improves the drought-stress resistance of *Ormosia hosiei* seedlings by altering leaf morphology and photosynthetic characteristics / Yan Liu, Xiaoli Wei // *Plant Ecol.* – 2021. – Vol. 222. – P. 761–771.
26. Plant growth promotion, metabolite production and metal tolerance of dark septate endophytes isolated from metal-polluted poplar phytomanagement sites / Ch. Berthelot [et al.] // *FEMS Microbiol. Ecol.* – 2016. – Vol. 92, iss. 10. – Art. № fiw144.
27. Growth and metabolism of dark septate endophytes and their stimulatory effects on plant growth / Shuhui Wang [et al.] // *Fungal Biol.* – 2022. – Vol. 126, iss. 10. – P. 674–686.
28. Dark septate endophytes: mutualism from by-products? / A. L. Ruotsalainen [et al.] // *Trends in Plant Science.* – 2021. – Vol. 27 – P. 247–254.
29. Inoculation with a ligninolytic basidiomycete, but not root symbiotic ascomycetes, positively affects growth of highbush blueberry (*Ericaceae*) grown in a pine litter substrate / M. Vohník [et al.] // *Plant Soil.* – 2012. – Vol. 355. – P. 341–352.
30. Identification and expression of DoCCaMK during *Sebacina* sp. symbiosis of *Dendrobium officinale* / Yong-Mei Xing [et al.] // *Sci. Rep.* – 2020. – Vol. 10. – Art. № 9733.
31. *Sebacina* sp. is a mycorrhizal partner of *Comarostaphylis arbutoides* (*Ericaceae*) / K. Kuhdorf // *Mycol. prog.* – 2014. – Vol. 13. – P. 733–744.
32. Rice, A. V. New perspectives on the niche and holomorph of themyxostrichoid hyphomycete, *Oidiodendron maius* / A. V. Rice, R. S. Currah // *Mycol. Res.* – 2002. – Vol. 106. – P. 1463–1467.
33. Baba, T. Inoculation with two *Oidiodendron maius* strains differentially alters the morphological characteristics of fibrous and pioneer roots of *Vaccinium virgatum* 'Tifblue' cuttings / T. Baba, D. Hirose, S. Noma, T. Ban // *Sci. Hortic.* – 2021. – Vol. 281. – Art. № 109948.
34. Bizabani, C. Ericoid fungal inoculation of blueberry under commercial production in South Africa / C. Bizabani, S. Fontenla, J. F. Dames // *Sci. Hortic.* – 2016. – Vol. 209. – P. 173–177.
35. Diversity of fungal assemblages in rhizosphere and endosphere of blueberry (*Vaccinium* spp.) under field conditions revealed by culturing and culture-independent molecular methods / Mei Dong [et al.] // *Can. J. Microbiol.* – 2022. – Vol. 68, № 10. – Art. № 0093.
36. Mycorrhizal Formation and Diversity of Endophytic Fungi in Hair Roots of *Vaccinium oldhamii* Miq. in Japan / T. Baba [et al.] // The final version of this article is now available. – 2016. – Vol. 31, № 2. – P. 186–189.
37. Metabarcoding Reveals Diverse Endophytic Fungal Communities in *Vaccinium Myrtillus* Plant Organs and Suggests Systemic Distribution of Some Ericoid Mycorrhizal and DSE Fungi [Electronic resource] / S. Perotto [et al.]. – 2022. DOI:https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1257800/v1.
38. Biotization of highbush blueberry with ericoid mycorrhizal and endophytic fungi improves plant growth and vitality / R. Ważny [et al.] // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2022. – Vol. 106. – P. 4775–4786.
39. Huan-Di Zheng / Additions to the Knowledge of the Genus *Pezicula* (*Dermateaceae*, *Helotiales*, *Ascomycota*) in China / Huan-Di Zheng, Wen-Ying Zhuang // *Biology.* – 2022 – Vol. 11, iss.10. – P. 1386.
40. Vohník, M. *Hyaloscypha gabretae* and *Hyaloscypha gryndleri* spp. nov. (*Hyaloscyphaceae*, *Helotiales*), two new mycobionts colonizing conifer, ericaceous and orchid roots / M. Vohník, T. Figura, M. Réblová // *Mycorrhiza.* – 2022. – Vol. 32. – P. 105–122.
41. Vralstad, T. Molecular diversity and phylogenetic affinities of symbiotic root-associated ascomycetes of the *Helotiales* in burnt and metal polluted habitats / T. Vralstad, E. Myhre, T. Schumacher // *New Phytol.* – 2002. – Vol. 155, iss. 1. – P. 131–148.
42. Into the wild blueberry (*Vaccinium angustifolium*) rhizosphere microbiota / S. Morvan [et al.] // *Environ. Microbiol.* – 2020. – Vol. 22, iss. 9. – P. 3803–3822.
43. Kosola, Kevin R. Inoculation of cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) with the ericoid mycorrhizal fungus *Rhizoscyphus ericae* increases nitrate influx / Kevin R. Kosola, Beth Ann A. Workmaster, Piero A. Spada // *New Phytol.* – Vol. 176, iss. 1. – 2007. – P. 184–196.
44. Biochar and AMF Combination Promotes the Phosphorus Utilization to Increase Phragmites Growth: Insights from the Microbial Co-occurrence Networks to Rhizosphere Lipid Metabolites [Electronic resource] / Shuangqiang Lia [et al.]. – 2022. – Mode of access: <https://ssrn.com/abstract=4122964>. – Date of access: 27.12.2022.
45. Davey, M. L. A new species of *Cladophialophora* (hyphomycetes) from boreal and montane bryophytes / M. L. Davey, R. S. Currah // *Mycol. Res.* – 2007. – Vol. 111, iss. 1. – P. 106–116.
46. Gesheva, V. Psychrotrophic microorganism communities in soils of Haswell Island, Antarctica, and their biosynthetic potential / V. Gesheva, T. Negoita // *Polar Biol.* – 2011. – Vol. 35, iss. 2. – P. 291–297.
47. Bridge, P. D. Soil fungal community composition at Mars Oasis, a southern maritime Antarctic site, assessed by PCR amplification and cloning / P. D. Bridge, K. K. Newsham // *Fungal Ecol.* – 2009. – Vol. 2, iss. 2. – P. 66–74.

Поступила 27.06.2023

А. Ю. Карпаева, К. В. Мягкова, Е. В. Корзун

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам,
Минск, Беларусь, e-mail: karpaevanastya1@gmail.com, e-mail: myksen@mail.ru,
e-mail: natrrix109@gmail.com*

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРЕСНОВОДНЫХ ФИТОПЛАНКТОНА И ЗООПЛАНКТОНА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В РАЙОНЕ БЕЛОРУССКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «ГОРА ВЕЧЕРНЯЯ»

Аннотация. Изучен таксономический состав и количественные показатели пресноводных фитопланктона и зоопланктона в районе Белорусской антарктической станции «Гора Вечерняя» (БАС). В двух подледных антарктических озерах, расположенных в окрестностях БАС, было выявлено 60 видов фитопланктона. Для них характерна низкая численность и биомасса. Доминирующими по численности и биомассе отделами являются Bacillariophyta и Cyanophyta. Преобладание отдела Cyanophyta связано с большим количеством биогенных элементов в изучаемых озерах. Видовой состав зоопланктона беден и представлен 5 видами коловраток, включающих также неопределяемые до вида особи подкласса Bdelloidea. Выявлена небольшая разница в таксономической структуре зоопланктона исследованных озер.

Ключевые слова: Антарктида, фитопланктон, зоопланктон, видовой состав, численность, биомасса

A. Yu. Karpaeva, K. V. Myagkova, E. V. Korzun

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Belarus,
e-mail: karpaevanastya1@gmail.com, e-mail: myksen@mail.ru
e-mail: natrrix109@gmail.com*

TAXONOMIC COMPOSITION AND QUANTITATIVE INDICATORS OF FRESHWATER PHYTOPLANKTON AND ZOOPLANKTON OF WATER BODIES IN THE AREA OF THE BELARUSIAN ANTARCTIC STATION "MOUNT VECHERNYAYA"

Abstract. The taxonomic composition and quantitative indices of freshwater phytoplankton and zooplankton in the vicinity of the Belarusian Antarctic station "Mount Vechernyaya" were studied. In two subglacial Antarctic lakes 60 phytoplankton species were identified. They are characterised by low abundance and biomass. The dominating by abundance and biomass divisions are Bacillariophyta and Cyanophyta. The predominance of the Cyanophyta division is associated with a large amount of biogenic elements in the studied lakes. The species composition of zooplankton is poor and is represented by 5 species of rotifers, including also indeterminate individuals of the Bdelloidea subclass. A slight difference in the taxonomic structure of zooplankton of the studied lakes was revealed.

Keywords: Antarctica, phytoplankton, zooplankton, species composition, abundance, biomass

А. Ю. Карпаева, К. В. Мягкова, Я. В. Корзун

*Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па біярэсурсах,
Мінск, Беларусь, e-mail: karpaevanastya1@gmail.com, e-mail: myksen@mail.ru,
e-mail: natrrix109@gmail.com*

ТАКСАНАМІЧНЫ СКЛАД І КОЛЬКАСНЫЯ ПАКАЗЧЫКІ ПРАСНОВОДНЫХ ФІТАПЛАНКТОНУ І ЗААПЛАНКТОНУ ВОДНЫХ АБ'ЕКТАЎ У РАЁНЕ БЕЛАРУСКАЙ АНТАРКТЫЧНАЙ СТАНЦЫІ «ГАРА ВЯЧЭРНЯЯ»

Анотацыя. Вывучаны таксанамічны склад і колькасныя паказчыкі прэснаводных фітапланктону і заапланктону ў раёне Беларускай антарктычнай станцыі «Гара Вячэрняя» (БАС). У двух падледных антарктычных азёрах каля БАС было выяўлена 60 відаў фітапланктону. Для іх характэрна нізкая колькасць і біямаса. Дамінантнымі па колькасці і біямасе былі аддзелы Bacillariophyta і Cyanophyta. Перавага аддзела Cyanophyta звязана з вялікай колькасцю біягенных элементаў у азёрах. Відавы склад заапланктону бедны і прадстаўлены 5 відамі калаўротак, а таксама нявызначаных да віду асобін падкласа Bdelloidea. Выяўлена невялікая розніца ў таксанамічнай структуры заапланктону даследаваных азёр.

Ключавыя словы: Антарктыда, фітапланктон, заапланктон, відавы склад, колькасць, біямаса

Введение. Начало изучения антарктических экосистем белорусскими учеными было положено в период 16-й Советской антарктической экспедиции (САЭ), проходящей с 1970 по 1972 г. Однако несмотря на длительность изучения региона, исследования Антарктиды являются актуальными и по сей день [1].

Биологические антарктические исследования прежде всего направлены на изучение механизмов функционирования наземных и водных экосистем, которые существуют в экстремальных условиях.

© Карпаева А. Ю., Мягкова К. В., Корзун Е. В., 2023

Пониманию этих закономерностей служит изучение пресноводных фитопланктона и зоопланктона как первичных звеньев в экологической цепи.

Материалы и методы. Сбор материала проводился в декабре 2021 г. на двух водоемах вблизи БАС: озеро Нижнее (67,65 656 076° ю. ш., 46,15 944 073° в. д.) и временный водоем-таялка (67,65 698 901° ю. ш., 46,15 651 980° в. д.). Водоемы расположены в понижении рельефа восточнее мыса Доступный оазиса Вечерний. Площадь озера Нижнее составляет около 1,5 га, водоема-таялки – 0,15 га. Максимальная глубина – 6–8 м и 1 м соответственно. Температура воды во время сбора материала в озере Нижнее составляла 1,4 °С, в водоеме-таялке – 3,2 °С.

В течение 15 сезонных экспедиций озеро Нижнее ни разу полностью не освобождалось ото льда. В летний период его толщина составляет 4–5 м. В отдельные годы в январе/феврале возможно появление небольших открытых участков. В то же время, как утверждает М. В. Александров [2], ранее в теплые годы озеро полностью освобождалось ото льда, что зафиксировано в 1967 г. [3].

Отбор проб на станциях производился методом фильтрации через планктонную сеть по 50 и 500 л с поверхностного слоя озер. Пробы фиксировались 96%-ным спиртом. Исходный объем пробы фитопланктона (до концентрирования) составлял 50 л, а для исследования зоопланктона параллельно отбирали пробы объемом 50 и 500 л.

Плотность (численность) фитопланктона определяли счетным методом в камере Фукса-Розенталя объемом 3,2 мл. Просчет численности проводился по всему полю камеры. Количество клеток из-за малой численности выражалось в кл/л. Для большей точности расчет количества клеток производился по формулам:

$$M = \frac{m \cdot 103}{n \cdot V},$$

где M – количество клеток в 1 мл; m – количество просчитанных клеток (сумма); n – количество просчитанных маленьких квадратов камеры; V – объем части камеры, имеющей площадь маленького квадрата;

$$N = \frac{nv_1 \cdot 100}{V_2 \cdot V_3},$$

где N – число клеток в 1 л воды исследуемого водного объекта; n – число клеток, обнаруженных в просчитанных полосах камеры; v_1 – объем концентрата пробы, см³; V_2 – объем воды в просчитанных полосах камеры, см³; V_3 – объем профильтрованной пробы, см³.

По индивидуальным размерам клеток встреченных видов водорослей рассчитывались их объемы методом приравнивания формы клеток к геометрическим фигурам для последующего расчета биомассы. Видовой состав фитопланктона определяли с помощью светового микроскопа фирмы CarlZeiss (модель Axiostarplus) при увеличении $\times 100$, $\times 200$ и $\times 400$.

Для определения видового состава зоопланктона в качественной пробе использовали микроскоп Leica MZ6 с проходящим светом (увеличение $\times 40$) и микроскоп фирмы CarlZeiss (модель Axiostarplus) при увеличении $\times 10$, $\times 40$ в соответствии с источником [4].

Результаты и их обсуждение. *Фитопланктон.* В результате обработки проб фитопланктона, собранных с 07.12.2021 по 14.12.2021 обнаружено 60 видов водорослей фитопланктона, относящихся к 5 отделам (табл. 1).

Процентное распределение отделов в водоемах варьировало незначительно. В озере Нижнее ведущее место по количеству видов занимали отдел Bacillariophyta – 38 % (20 видов) и отдел Суанопхита – 37 % (19 видов). В водоеме-таялке наблюдались почти такие же процентные значения: на отдел Bacillariophyta приходилось 32 % (13 видов) от общего числа видов, а на отдел Суанопхита – 40 % (16 видов). Значительно меньше встречено Chlorophyta – 11 видов в озере Нижнее и 10 видов в водоеме-таялке. Остальные отделы представлены 1–3 видами (рис. 1). Всего в озере Нижнее идентифицировано 52 вида, в водоеме-таялке – 40 видов.

Согласно литературным сведениям типично антарктическими видами, которые постоянно присутствуют в материалах, являются диатомовые *Thalassiosira antarctica*, *Leptolyngbya antarctica* и *Chlorella antarctica*. Из космополитов наиболее часто встречаются *Melosira granulata* и *Euglena* sp. Кроме того, при таянии льда в планктоне часто появляются пресноводные и солоноватоводные водоросли из родов *Amphora* и *Oscillatoria* [5].

При исследовании фитопланктона Антарктиды было отмечено, что для этой зоны характерна смешанная планктонная флора, состоящая из космополитов, антарктических, арктобореальных и тропических видов, а также бентических, ледовых и пресноводных видов [5].

Т а б л и ц а 1. Перечень видов фитопланктона, зарегистрированного в озере Нижнее и временном водоеме-таялке в декабре 2021 года

Вид	Озеро Нижнее	Водоем-таялка	Вид	Озеро Нижнее	Водоем-таялка
Отдел Суанophyta			<i>Halamphora veneta</i> (Kützing) Levkov	+	
<i>Anabaena planctonica</i> (Brunnthalер) Komárek	+	+	<i>Melosira granulate</i> (Ehrenberg) Ralfs	+	+
<i>Anathece</i> sp.	+	+	<i>Navicula</i> sp.	+	+
<i>Aphanocapsa</i> sp.	+	+	<i>Nitzschia</i> sp.	+	
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli	+	+	<i>Nitzschia</i> sp. (2)	+	+
<i>Gloeocapsa magma</i> (Breb.) Kützing	+	+	<i>Fragilaria</i> sp.	+	+
<i>Gloeocapsa</i> sp.	+	+	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton		+
<i>Gloeothece</i> sp.	+	+	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	+	
<i>Lyngbya</i> sp.	+		<i>Pinnularia</i> sp.	+	+
<i>Leptolyngbya</i> sp.	+		<i>Skeletonema subsalsum</i> (Cleve-Euler) Bethge	+	
<i>Leptolyngbya antarctica</i> (W.West & G.S.West) Anagnostidis and Komárek	+	+	<i>Synedra berolinebsis</i> Lemmermann		+
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	+	+	<i>Stauroneis</i> sp.	+	
<i>Microcystis</i> sp.	+	+	<i>Thalassiosira</i> sp.		+
<i>Nostoc commune</i> Vaucher	+	+	Отдел Chlorophyta		
<i>Nostoc</i> sp.	+		<i>Chlamydomonas</i> sp.	+	+
<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm.	+	+	<i>Chlorella antarctica</i> (F.E.Fritsch) Wille	+	
<i>Schizothrix</i> sp.	+	+	<i>Coccomyxa</i> sp.	+	
<i>Stigonema minutum</i> Hassall ex Bornet & Flahault	+	+	<i>Granulocystopsis pseudocoronata</i> (Korshikov) Hindák	+	
<i>Phormidium</i> sp.	+	+	<i>Kirchneriella</i> sp.	+	+
<i>Phormidium autumnale</i> Gomont.	+		<i>Lobomonas</i> sp.	+	+
<i>Pseudoanabaena</i> sp.		+	<i>Mougeotia</i> sp.	+	+
Отдел Bacillariophyta			<i>Oedogonium microgonium</i> Prescott	+	+
<i>Achnanthes</i> sp.	+		<i>Oocystis lacustris</i> Chodat	+	+
<i>Actinastrum intermedia</i> Lagerheim	+		<i>Oocystis borgei</i> Snow	+	
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	+		<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E. Hegewald		+
<i>Achnantheidium brevipes</i> Ag.	+		<i>Schizochlamys gelatinosa</i> A. Braun		+
<i>Amphora</i> sp.	+	+	<i>Stichococcus bacillaris</i> Nägeli		+
<i>Cocconeis</i> sp.	+		<i>Tetracystis</i> sp.	+	+
<i>Cyclotella</i> sp.	+	+	Отдел Cryptophyceae		
<i>Cymbella</i> sp.	+		<i>Cryptomonas</i> sp.	+	
<i>Diatoma ovale</i> (Fricke) Hust.		+	Отдел Euglenophyta		
<i>Eunotia</i> sp.	+	+	<i>Euglena</i> sp.	+	+
<i>Gomphonema</i> sp.	+	+	Всего	52	40

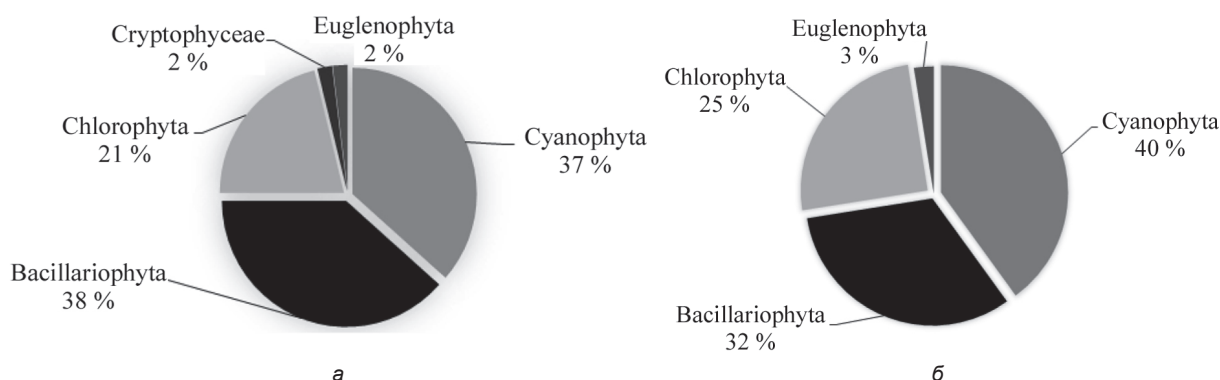


Рис. 1. Таксономическая структура сообщества фитопланктона в озере Нижнее (а) и водоеме-таялке (б) в окрестностях БАС в декабре 2021 г.

Приведенные литературные данные подтверждаются и нашими исследованиями. Так, видовое разнообразие фитопланктона в этот период формировалось в основном за счет представителей диатомовых и некоторых родов отдела цианобактерий. Наиболее разнообразными по количеству видов были диатомовые, принадлежащие к родам *Achnantheidium* (2 вида), *Nitzschia* (2), *Fragilaria* (2), *Pinnularia* (2). Из цианобактерий наибольшим числом видов характеризовались роды *Leptolyngbya* (2), *Phormidium* (2), *Gloeocapsa* (2) и *Nostoc* (2).

По видовому составу фитопланктон в обоих водоемах почти идентичен, однако по значениям численности и биомассы водорослей они существенно различаются. Эти расхождения могут быть объяснены различным количеством биогенных элементов, поступающих в водоемы.

Среднее количество видов в озерах составляет примерно 18 видов. Наибольшее количество зафиксировано в одной из повторностей проб озера Нижнее – 24 вида, наименьшее (12 видов) – в водоеме-таялке.

Средняя численность фитопланктона в декабре в озере Нижнее составила 1 488 кл/л, в водоеме-таялке – 474 кл/л. Общая низкая численность, по всей видимости, может быть связана с влиянием жесткого УФ на флору верхних водных слоев [5], откуда отбирался материал для исследования, а также низких температур воды (до 3,2 °С).

Наибольший вклад в численность фитопланктона в этот период был внесен за счет отделов Cyanophyta и Bacillariophyta. Средняя численность цианобактерий на озере Нижнее составила 1 097 кл/л, для диатомовых – 195 кл/л. В водоеме-таялке эти величины также значительно различались. Численность цианобактерий составила 363 кл/л, диатомовых – 60 кл/л (рис. 2).

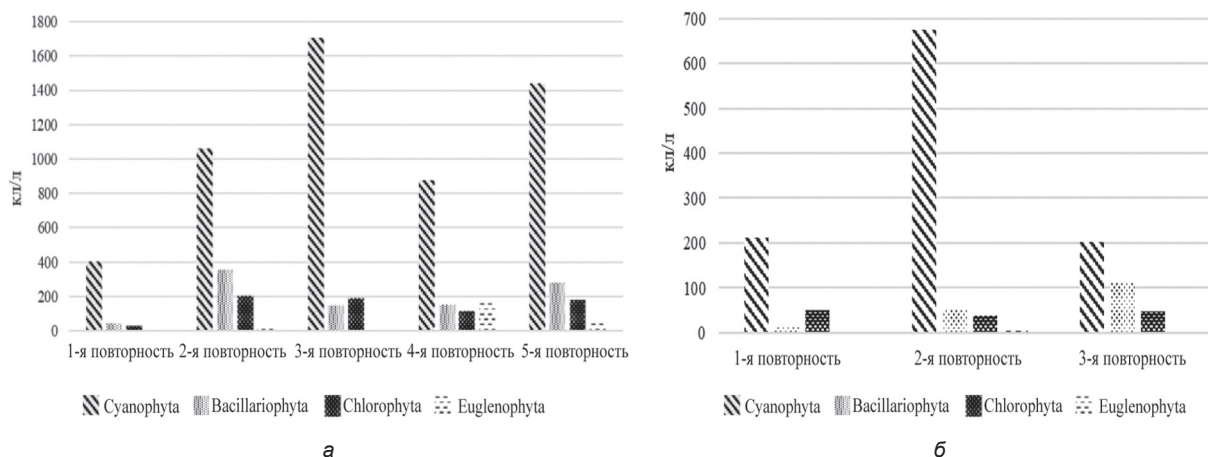


Рис. 2. Численность фитопланктона в озере Нижнее (а) и водоеме-таялке (б) в окрестностях БАС в декабре 2021 г.

Высокая численность отдела Cyanophyta относительно отдела Bacillariophyta связана с большим количеством органических веществ, которые попадали в озеро Нижнее вместе с потоками талых вод. В водоеме-таялке приток органических веществ мог осуществляться при попадании в озеро продуктов жизнедеятельности птиц. Предположение о высоком содержании органики в водоемах подтверждается большой численностью видов из рода *Euglena* в обоих водоемах (рис. 3).

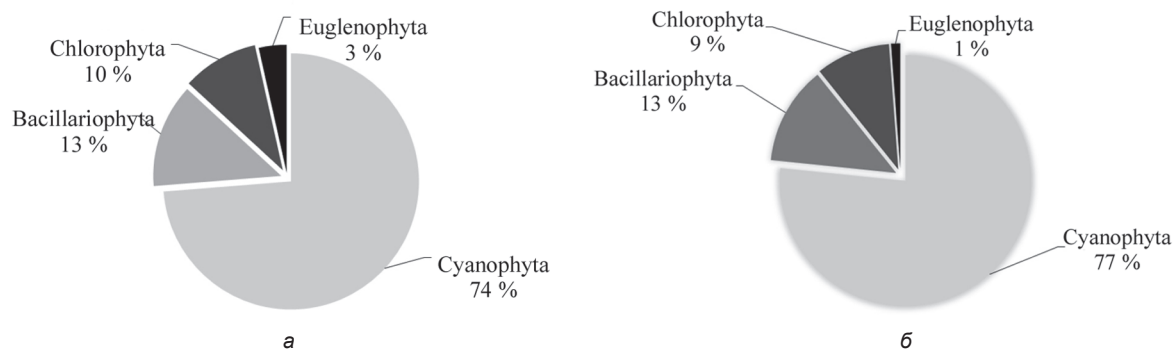


Рис. 3. Соотношение отделов фитопланктона в озере Нижнее (а) и водоеме-таялке (б) по средней численности в декабре 2021 г.

Иные закономерности были характерны для биомассы фитопланктона. В декабре для озера Нижнее она составляла $1\,160\text{ мг/л} \cdot 10^{-9}$ и $443,49\text{ мг/л} \cdot 10^{-9}$ – для водоема-таялки.

В основном биомасса поддерживалась за счет отдела диатомовых водорослей, в то время как доля отдела Cyanophyta была несколько ниже (см. рис. 3) В озере Нижнее биомасса отдела Bacillariophyta составила $487,89\text{ мг/л} \cdot 10^{-9}$ (42 %), в водоеме-таялке – $170,5\text{ мг/л} \cdot 10^{-9}$ (38 %). Биомасса цианобактерий в озере Нижнее составила $427,1\text{ мг/л} \cdot 10^{-9}$ (37 %), в водоеме-таялке – $212,2\text{ мг/л} \cdot 10^{-9}$ (48 %). Примерно одинаковый процент по биомассе приходится на отдел Chlorophyta: для озера Нижнее – 8 %, для водоема-таялки – 10 % (рис. 4).

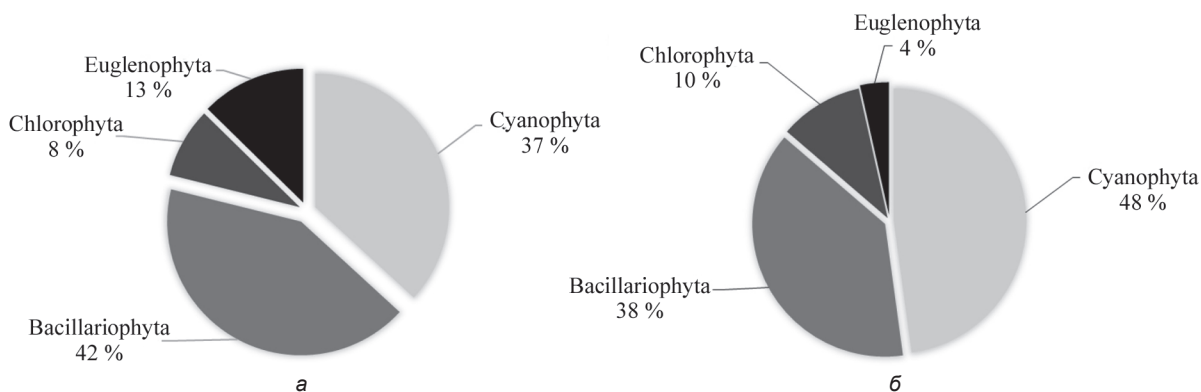


Рис. 4. Соотношение отделов фитопланктона в озере Нижнее (а) и водоеме-таялке (б) по средней биомассе в декабре 2021 г.

Основная биомасса водорослей в декабре складывалась за счет крупных и средних по размерам диатомовых водорослей – *Cyclotella* sp. и *Amphora* sp.

Данные таксономические исследования согласуются с материалами предыдущих работ по фитопланктону пресноводных озер Антарктиды, проведенных З. И. Горельшевой [6].

Зоопланктон. В результате обработки проб зоопланктона, отобранных с 07.12.2021 по 25.12.2021, было обнаружено 4 вида коловраток, а также особи *Bdelloidea* sp., неопределяемые до вида. Ветвистоусые и веслоногие ракообразные в пробах обнаружены не были (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Перечень видов зоопланктона, зарегистрированного в озере Нижнее и в водоеме-таялке в декабре 2021 г.

Вид	Озеро Нижнее	Водоем-таялка
<i>Bdelloidea</i> sp.	+	+
<i>Cephalodella sterea</i> Gosse	+	+
<i>Encentrum martoides</i> Fott	+	
<i>Lepadella patella</i> Müller		+
<i>Keratella</i> sp.	+	

Видовой состав зоопланктона в антарктических озерах не отличается видовым разнообразием. Не было выявлено различия между пробами разного объема профильтрованной воды. В некоторых пробах зоопланктон не обнаружен. Наибольший вклад в сообщество внесли представители подкласса *Bdelloidea*. Кроме того, при воздействии консервантов они сжимались и невозможно было достоверно установить их видовую принадлежность [7].

Ранее были исследованы другие озера оазиса Вечерний, где было выделено 6 видов коловраток, такие как *Bdelloidea* sp., *Collotheca sterea* Gosse, *Collotheca* sp., *Epiphanes senta*, *Lepadella patella* Müller, *Encentrum* sp. [8]. В двух исследованных нами озерах были определены *Cephalodella sterea* Gosse и особи подкласса *Bdelloidea*. Помимо данных видов в озере Нижнее были обнаружены такие виды, как *Encentrum martoides* Fott и *Keratella* sp., а в водоеме-таялке – *Lepadella patella* Müller. В сравнении с ранее проведенными исследованиями в соседних водоемах полученные данные показывают сходную низкую численность зоопланктона [7, 8].

Отметим, что большая часть водоема находилась подо льдом и вода для пробы отбиралась с поверхности. Ввиду этого можно предположить, что весь зоопланктон находился в придонном слое озера, что можно объяснить как некоторым воздействием УФ-лучей, так и наличием пищи для зоопланктона в донных отложениях. Ранее проводились исследования российскими коллегами в других озерах Холмов Тала, которые показали отсутствие планктона в верхних слоях воды (0–5 м) подо

льдом, но были зарегистрированы особи в интегрированных сетных пробах и на поверхности донных осадков [9].

Заключение. Таким образом, по результатам проведенных исследований в двух подледных антарктических озерах, расположенных в окрестностях БАС, было выявлено 60 видов фитопланктона. Для них были характерны низкая численность и биомасса. Доминирующими по численности и биомассе отделами были диатомовые и цианобактерии. Преобладание отдела Cyanophyta, в данном случае может объясняться большим количеством биогенных элементов. Видовой состав зоопланктона в данных озерах очень беден и представлен 5 видами коловраток, включающих также неопределяемые до вида особи подкласса Bdelloidea. Выявлена небольшая разница в таксономической структуре зоопланктона озер.

Проведенные исследования подтверждают факт необходимости дальнейшего изучения водных антарктических экосистем, необходимых для понимания закономерностей функционирования экосистем в экстремальных условиях.

Список использованных источников

1. Гигиняк, Ю. Г. Комплексные биологические исследования, проводимые белорусскими специалистами в Антарктике / Ю. Г. Гигиняк, О. И. Бородин // Тр. Белорус. гос. ун-та. Физиол., биохим. и молекуляр. основы функционирования биосистем. – 2014. – Т. 9, ч. 2. – С. 29.
2. Александров, М. В. Ландшафтная структура и картирование оазисов Земли Эндерби / М. В. Александров. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 152 с.
3. Основные гидрохимические характеристики антарктических озер Холмов Тала / С. В. Какарека [и др.] // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2019. – Т. 65, № 4. – С. 422–437.
4. Михеева, Т. М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог / Т. М. Михеева. – Минск: БГУ, 1999. – 396 с.
5. Чудиновских, Е. С. Состав и распределение фитопланктона в районе украинской антарктической станции «Академик Вернадский» в 2007/2008 гг. / Е. С. Чудиновских // Природная среда Антарктики: современное состояние изученности: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (пос. Нарочь, Респ. Беларусь, 18–21 мая 2016 г.) / ред. совет.: В. Е. Мямин [и др.]. – Минск: Конфидо, 2016. – С. 370.
6. Горельшева, З. И. Таксономическое разнообразие водорослей озерных и наземных экосистем в районах деятельности Белорусских антарктических экспедиций / З. И. Горельшева [и др.] // Мониторинг состояния природной среды Антарктики и обеспечение деятельности национальных экспедиций: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. (к. п. Нарочь, 26–29 мая 2014 г.). – Минск: Экоперспектива, 2014. – С. 54.
7. Вежновец, В. В. Заметки по составу зоопланктона озер в районах деятельности белорусских антарктических экспедиций / В. В. Вежновец // Мониторинг состояния природной среды Антарктики и обеспечение деятельности национальных экспедиций: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. (к. п. Нарочь, 26–29 мая 2014 г.). – Минск: Экоперспектива, 2014. – С. 126–129.
8. Майсак, Н. Н. Изучение видового состава коловраток (Rotifera) в оазисах Восточной Антарктиды по результатам сборов Белорусской антарктической экспедиции в 2009–2014 гг. / Н. Н. Майсак [и др.] // Природная среда Антарктики: современное состояние изученности: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (пос. Нарочь, Респ. Беларусь, 18–21 мая 2016 г.). – Минск: Конфидо, 2016. – С. 220–225.
9. Шаров, А. Н. Гидрологический и биологический режимы озер Восточной Антарктиды / А. Н. Шаров, А. В. Толстиков // Трансформация экосистем. – 2020. – № 3. – С. 77–86.

Поступила 06.03.2023

М. Д. Мороз, В. И. Разлуцкий

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по биоресурсам, Минск, e-mail: mdmoroz@bk.ru, vladimirraz@gmail.com***МАКРОЗООБЕНТОС РЕКИ МУХАВЕЦ**

Аннотация. Выявлено 45 низших определяемых таксонов (НОТ), относящихся к трем типам представителей макрозообентоса: Mollusca – 15; Annelida – 3 и Arthropoda – 27, обитающих в р. Мухавец. Среди коллектированных водных беспозвоночных животных в р. Мухавец впервые были отмечены 18 видов. Выявленный видовой состав соответствовал сезону исследований (октябрь), был представлен достаточно традиционным набором видов макрозообентоса, характерных для рек юга Беларуси, и изменялся в отдельных биотопах в пределах от 18 НОТ (40,0 % от всех коллектированных животных) до 31 (68,9 %). Численность макрозообентосных в обследованных местообитаниях варьировала в пределах от 503 (41,9 % от всех собранных животных) до 107 экземпляров (9,10 %). Среди обнаруженных животных отмечен инвазивный вид – моллюск *Lithoglyphus naticoides* (Pfeiffer, 1828), а также редкий для Беларуси вид, найденный только второй раз, – колеоптера *Aulongyrus concinus* (Klug, 1834). На изученном участке р. Мухавец выявлены виды, охраняемые в ряде стран Западной Европы.

Ключевые слова: макрозообентос, видовой состав, редкие и охраняемые виды, река

M. D. Moroz, V. I. Razlutskiy

*Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Belarus,
e-mail: mdmoroz@bk.ru, vladimirraz@gmail.com***MACROZOOBENTHOS OF THE MUKHAVETS RIVER**

Abstract. In the studied part of the Mukhavets River, 45 lowest defined taxa (LT) belonging to three phyla of macrozoobenthos: Mollusca – 15; Annelida – 3 and Arthropoda – 27. Among the collected aquatic invertebrates in the Mukhavets River, 18 species were noted for the first time. The observed species composition corresponded to the research season (October) and a traditional set of invertebrate species characteristic of the rivers in southern Belarus and varied from 18 (40.0 % of all collected animals) to 31 LT (68.9 %, respectively). The number of macrozoobenthos organisms varied from 503 specimens (41.9 % of all collected animals) to 107 specimens (9.10 %, respectively) in the studied biotopes of the Mukhavets River. Among the identified animals, the species of invasive mollusks – *Lithoglyphus naticoides* (Pfeiffer, 1828) was noted, as well as a very rare species for Belarus, found only for the second time – *Aulongyrus concinus* (Klug, 1834). In addition, species protected in a number of Western European countries were identified in the studied site of the Mukhavets River.

Keywords: macrozoobenthos, species composition, rare and protected species, river

М. Д. Мороз, В. И. Разлуцкий

*Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі
па біярэсурсах, Мінск, Беларусь, e-mail: mdmoroz@bk.ru, vladimirraz@gmail.com***МАКРАЗААБЕНТАС РАКІ МУХАВЕЦ**

Анатацыя. Выяўлена 45 ніжэйшых вызначаных таксонаў (НВТ), якія адносяцца да трох тыпаў прадстаўнікоў макразаабентасу: Mollusca – 15; Annelida – 3 і Arthropoda – 27, якія жывуць у р. Мухавец. Сярод калектаваных водных беспазваночных жывёл у р. Мухавец упершыню былі адзначаны 18 відаў. Выяўлены відавы склад адпавядаў сезону даследаванняў (кастрычнік), быў прадстаўлены досыць традыцыйным наборам відаў, характэрных для рэк Беларусі, і змяняўся ў межах ад 18 НВТ (40,0 % ад усіх калектаваных жывёл) да 31 (68,9 %). Значэнне паказчыка колькасці макразаабентасных арганізмаў змянялася ў межах ад 503 (41,9 % ад усіх калектаваных жывёл) да 107 экзэмпляраў (9,10 %). Сярод выяўленых жывёл адзначаны інвазіўны від маллюскаў – *Lithoglyphus naticoides* (Pfeiffer, 1828), а таксама вельмі рэдкі від для Беларусі, знойдзены толькі другі раз, – калеаптэра (верцячка) *Aulongyrus concinus* (Klug, 1834). У даследаваных біятопах р. Мухавец таксама выяўлены віды, якія ахоўваюцца ў шэрагу краін Заходняй Еўропы.

Ключавыя словы: макразаабентас, відавы склад, рэдкія і ахоўныя віды, рака

Введение. Развитие фаунистических исследований и проведение инвентаризации компонентов природных комплексов входят в число приоритетных направлений изучения и сохранения биологического разнообразия фауны и флоры Беларуси. Это особенно актуально в свете получения базовой фаунистической информации для проведения экологического мониторинга состояния природных экосистем, выявления и охраны редких и исчезающих видов животных.

Необходимо также учитывать, что р. Мухавец входит в состав Центрального Европейского инвазионного коридора и может служить проводником распространения чужеродных видов, которые обитают на территории сопредельных государств.

К сожалению, следует признать, что видовой состав макрозообентоса, обитающего в р. Мухавец, изучен еще недостаточно [1], что и определило цель наших исследований.

Река Мухавец относится к бассейну Балтийского моря, является правым притоком р. Западный Буг. Длина – 113 км, площадь бассейна – 6 350 км², средний расход воды – 33,6 м³/с. Река берет начало от слияния ручья Муха и канала Вец в г. Пружаны. Протекает в Пружанском, Кобринском, Жабинковском и Брестском районах. Судходна от г. Кобрин до Брестского речного порта, соединена Днепровско-Бугским каналом с р. Припять. Основные притоки: р. Дахловка, р. Жабинка (правые), р. Тростяница, р. Осиповка, р. Рита (левые). Ширина долины в среднем течении составляет 400–600 м, в нижнем 1,5–2 км. Пойма двусторонняя, низкая, местами заболочена, русло канализовано. Берега низкие, высотой 0,5–2,0 м, обрывистые. Наивысший уровень воды наблюдается в марте в половодье [2, 3].

Материал и методы исследования. Сборы и наблюдения, послужившие материалом для данного исследования, были проведены в октябре 2021 г.

Отбор проб представителей макрозообентоса осуществлялся стандартным гидробиологическим сачком (25 × 25 см, 500 мк диаметр сита) в прибрежной зоне водотока на глубине 0,5–0,7 м. Методика отбора количественных проб была проведена согласно Европейскому протоколу AQEM и стандарту ISO 7828.

В дальнейшем пробы фиксировали 70%-ным раствором этилового спирта, разбор и видовую идентификацию полученного полевого материала проводили в лабораторных условиях.

Исследования велись в р. Мухавец с координатами – 52,241 852° с. ш., 24,432 835° в. д. Представители макрозообентосного комплекса изучались в следующих четырех биотопах:

проективное покрытие высшей водной растительностью: манник большой *Glyceria maxima* – 10 %; *Lemna minor* – 15 %; *Carex* sp. – 15 %; *Veronica beccabunga* – 2 %;

проективное покрытие: манник большой *Glyceria maxima* – 10 %; *Lemna minor* – 15 %; *Carex* sp. – 15 %; *Veronica beccabunga* – 2 %; *Phragmites australis* – 5 %;

проективное покрытие: *Salvinia natans* – 80 %, *Lemna minor* – 3 %, *Typha angustifolia* – 3 %;

проективное покрытие: манник большой *Glyceria maxima* – 10 %; *Lemna minor* – 15 %; *Carex* sp. – 15 %; *Veronica beccabunga* – 2 %; *Phragmites australis* – 5 %.

Всего было коллектировано и изучено 1 199 экземпляров макрозообентосных организмов, находящихся на личиночной или имагинальной стадиях развития. При описании таксономического богатства макрозообентоса использовали термин «низший определяемый таксон» [4].

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования позволили выявить 45 HOT представителей макрозообентоса, относящихся к трем типам беспозвоночных животных: Mollusca – 15, Annelida – 3 и Arthropoda – 27 HOT (таблица). До вида было определено 34 таксономических элемента.

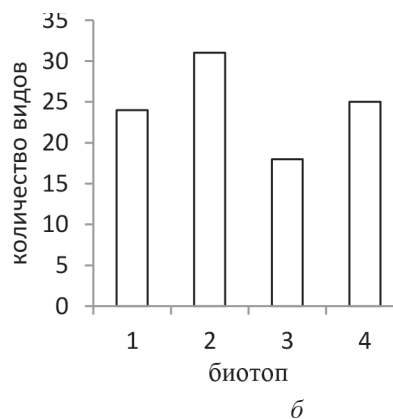
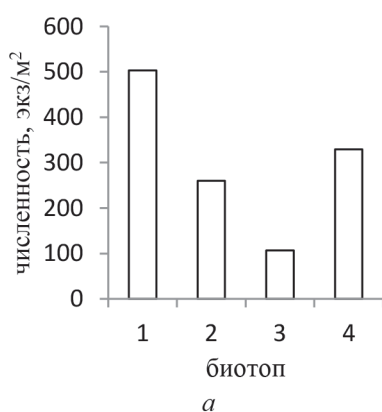
Выявленный видовой состав макрозообентосных животных на обследованном участке р. Мухавец был относительно богат и представлен в основном традиционным набором видов, характерных для осеннего периода для рек юга Беларуси.

Среди коллектированных животных в р. Мухавец впервые были отмечены следующие 18 видов: *Theodoxus fluviatilis* (Linnaeus, 1758); *Bathyomphalus contortus* (Linnaeus, 1758); *Planorbis planorbis* (Linnaeus, 1758); *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758); *Sphaerium corneum* (Linnaeus 1758); *Erpobdella octoculata* (Linnaeus, 1758); *Caenis horaria* (Linnaeus, 1758); *Neureclipsis bimaculata* (Linnaeus, 1761); *Glyptotaelius pellucidus* (Retzius, 1783); *Limnephilus rhombicus* (Linnaeus, 1758); *Calopteryx virgo* (Linnaeus, 1758); *Platycnemis pennipes* (Pallas, 1771); *Sympetrum flaveolum* (Linnaeus, 1775); *Notonecta glauca* Linnaeus, 1758, *Porhydrus lineatus* (Fabricius, 1775); *Gyrinus aeratus* Stephens, 1835; *Gyrinus paykulli* Ochs, 1927 и *Aulongyrus concinus* (Klug, 1834) [1].

Анализ видового разнообразия и численности представителей макрозообентоса показал на неоднородность значений этих показателей в отдельных биотопах обследованного участка реки (рисунок).

Оказалось, что численность макрозообентосных организмов в отдельных биотопах изменялась в пределах от 107 (9,10 % от всех собранных животных) в биотопе 3 до 503 экземпляров (41,9 %) в биотопе 1 (рисунок, а). Наиболее многочисленными были представители *Chironomidae*, численность которых была более высокой в биотопах 1, 2 и 4, с большим количеством погруженной водной растительности по сравнению с биотопом 3, где на поверхности преобладала сальвиния плавающая. В этих же биотопах наблюдалась высокая численность водяного ослика (*Asellus aquaticus*) и двусторчатых моллюсков горошин *Pisidium amnicum*. В биотопе 2 в больших количествах, чем в других биотопах, встречались *Oligochaeta* и бокоплав *Gammarus varsoviensis* (таблица).

Наибольшее количество выявленных HOT было зарегистрировано в биотопе 2 – 31 (68,9 % от всех выявленных животных). Наименьшая величина этого показателя (18, или 40,0 %) была отмечена в биотопе 3 (рисунок, б).



Общая численность представителей макрозообентоса (а) и количество низших определяемых таксонов (б) в разных биотопах на обследованном участке р. Мухавец

Видовой состав и численность макрозообентоса в разных биотопах на исследуемом участке р. Мухавец

Таксон, вид	Створы, экз./м²				Всего, экз.
	1	2	3	4	
ТИП MOLLUSCA					
Кл. Gastropoda					
Отр. Neritopsina					
Сем. Neritidae					
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)		1			1
Отр. Architaenioglossa					
Сем. Viviparidae					
<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)	8	17		6	31
Отр. Neotaenioglossa					
Сем. Hydrobiidae					
<i>Lithoglyphus naticoides</i> (Pfeiffer, 1828)	1	1	1	1	4
Сем. Bithyniidae					
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	24	4		9	37
Отр. Ectobranchia					
Сем. Valvatidae					
<i>Valvata piscinalis</i> (O.F. Müller, 1774)		1		2	3
Сем. Acroloxidae					
<i>Acroloxus lacustris</i> (Linnaeus, 1758)	3	1	1		5
Сем. Lymnaeidae					
<i>Radix balthica</i> (Linnaeus, 1758)			1		1
<i>Lymnaeidae</i> gen. spp.					
Сем. Planorbidae					
<i>Bathymorphus contortus</i> (Linnaeus, 1758)	1				1
<i>Gyraulus albus</i> (O.F. Müller, 1774)	1			1	2
<i>Planorbis planorbis</i> (Linnaeus, 1758)	1				1
Кл. Bivalvia					
Сем. Unionidae					
<i>Unio pictorum</i> (Linnaeus, 1758)		1			1
Сем. Sphaeriidae					
<i>Pisidium amnicum</i> (O.F. Müller, 1774)	39	17	5	29	90
<i>Pisidium</i> sp.	18	3	2	9	32
<i>Sphaerium corneum</i> (Linnaeus 1758)		1	6	1	8
ТИП ANNELIDA					
Кл. Oligochaeta					
Отр. Naidata					
Сем. Tubificidae					

Таксон, вид	Створы, экз./м ²				Всего, экз.
	1	2	3	4	
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	1	2		1	4
<i>Oligochaeta</i> gen. spp.	7	41	5	6	59
Кл. Hirudinea					
Отр. Arhynchobdellida					
Сем. Erpobdellidae					
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)		1			1
ТИП ARTHROPODA					
Кл. Malacostraca					
Отр. Isopoda					
Сем. Asellidae					
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	76	41	12	51	180
Отр. Amphipoda					
Сем. Gammaridae					
<i>Gammarus varsoviensis</i> Jazdzewski, 1975	1	21			22
Кл. Insecta					
Отр. Ephemeroptera					
Сем. Baetidae					
<i>Cloeon simile</i> Eaton, 1870	1	3	17	2	23
Сем. Caenidae					
<i>Caenis horaria</i> (Linnaeus, 1758)	9	5		13	27
<i>Caenis robusta</i> Eaton, 1884	3	1		3	7
Отр. Trichoptera					
Сем. Polycentropodidae					
<i>Neureclipsis bimaculata</i> (Linnaeus, 1761)		1		1	2
Сем. Limnephilidae					
<i>Glyphotaelius pellucidus</i> (Retzius, 1783)		1			1
<i>Limnephilus rhombicus</i> (Linnaeus, 1758)	2			3	5
<i>Limnephilus</i> sp.	1	1			2
Сем. Hydroptilidae					
<i>Oxyethira</i> sp.				3	3
Отр. Megaloptera					
Сем. Sialidae					
<i>Sialis morio</i> (Klingstedt, 1933)	9	4	1	5	19
Отр. Odonata					
Сем. Calopterygidae					
<i>Calopteryx virgo</i> Linnaeus, 1758			1		1
Сем. Coenagrionidae					
<i>Coenagrion puella</i> Linnaeus, 1758	1			1	2
<i>Coenagrion pulchellum</i> (Vander Linden, 1825)			1		1
<i>Coenagrion</i> sp.		1			1
Сем. Platycnemididae					
<i>Platycnemis pennipes</i> (Pallas, 1771)	2	1	2	2	7
Сем. Libellulidae					
<i>Sympetrum flaveolum</i> (Linnaeus, 1775)		1		2	3
Отр. Heteroptera					
Сем. Notonectidae					
<i>Notonecta glauca</i> Linnaeus, 1758		1			1
Отр. Coleoptera					
Сем. Dytiscidae					
<i>Porhydrus lineatus</i> (Fabricius, 1775)			2		2
<i>Dytiscidae</i> gen. spp.			1	1	2
Сем. Gyrinidae					
<i>Gyrinus aeratus</i> Stephens, 1835		1	32		33
<i>Gyrinus paykulli</i> Ochs, 1927			1		1

Окончание табл.

Таксон, вид	Створы, экз./м ²				Всего, экз.
	1	2	3	4	
<i>Aulongyrus concinus</i> (Klug, 1834)			1		1
Сем. Chrysomelidae					
<i>Donacia</i> sp.				2	2
Отр. Diptera					
<i>Ceratopogonidae</i> gen. spp.	6	1		3	10
<i>Chironomidae</i> gen. spp.	287	83	16	172	558
<i>Limoniidae</i> gen. spp.		1			1

Среди выявленных представителей макрозообентоса в р. Мухавец следует отметить инвазивный вид моллюсков – *Lithoglyphus naticoides* (Pfeiffer, 1828). Исходным ареалом является современный Понто-Азовский регион, который включает территории от р. Рейн и Дунай на западе до р. Западная Двина и Днепр на востоке [5]. Этот моллюск включен в список видов, потенциально способных вселиться в Великие озера Америки [6]. Материал: р. Мухавец (координаты: 52,241852° с. ш., 24,432835° в. д.), биотопы 1–4 (Брестский р-н, Брестская обл.), 16.11.2021 – 4 экз.

Редким видом в Беларуси, найденным пока только второй раз, является жук-вертячка *Aulongyrus concinus* (Klug, 1834). Ранее этот вид был коллектирован в р. Припять [7]. Он распространен на юге Восточной Европы, Кавказе, в Средней Азии, Северной Африке, Ираке, Иране, Афганистане, Монголии и Западном Китае. *Aulongyrus concinus* предпочитает обитать в медленно текущих реках, иногда солоноватоводных водоемах [8–10].

Можно предположить, что распространение этого вида на север, в Беларусь, связано с климатическими изменениями, с потеплением. Материал: р. Мухавец (координаты: 52,241852° с. ш., 24,432835° в. д.), створ № 3. (Брестский район, Брестская область), 16.11.2021 – 1 ♀.

Ряд видов оказались охраняемыми (входят в Красные списки) в некоторых странах Западной Европы. К ним относятся: *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758); *Lithoglyphus naticoides* (Pfeiffer, 1828); *Pisidium amnicum* (O. F. Müller, 1774); *Platycnemis pennipes* (Pallas, 1771); *Gyrinus paykulli* Ochs, 1927; *Aulongyrus concinus* (Klug, 1834) [11–14].

Заключение. На исследуемом участке р. Мухавец выявлено 45 НОТ, относящихся к трем типам представителей макрозообентоса: Mollusca – 15, Annelida – 3 и Arthropoda – 27. Среди коллектированных водных беспозвоночных животных в р. Мухавец впервые были отмечены 18 видов.

Выявленный видовой состав макрозообентоса соответствовал сезону исследований (октябрь), был представлен достаточно традиционным набором видов, характерных для рек Беларуси, и изменялся в пределах от 18 (40,0 % от всех коллектированных животных) до 31 (68,9 %) НОТ в отдельных биотопах.

Численность макрозообентосных животных варьировала в разных биотопах от 503 (41,9 % от всех коллектированных животных) до 107 экз./м² (9,10 %) исследованного створа р. Мухавец.

Среди выявленных животных были отмечены инвазивный вид – моллюск *Lithoglyphus naticoides* (Pfeiffer, 1828), а также редкий для Беларуси вид, встреченный только второй раз, – колеоптера (вертячка) *Aulongyrus concinus* (Klug, 1834), который был обнаружен в биотопе 3 с преобладанием плавающей растительности. На обследуемом участке р. Мухавец также были выявлены виды макрозообентоса, охраняемые в ряде стран Западной Европы.

Список использованных источников

- Moroz, M. D. Aboriginal and Alien Species of Macrozoobenthos in Watercourses of the Belarusian Part of the Central European Invasive Corridor / M. D. Moroz, T. P. Lipinskaya // Hydrobiological Journal. – 2020. – Vol. 56 (4). – С. 19–32.
- Блакiтная кнiга Беларусi (Водныя аб'екты Беларусi): энцыклапедыя / под ред. Н. А. Дзiсько. – Мiнск: БЭ iмя Петруся Броўкi, 1994. – 415 с.
- Природа Белоруссии: популяр. энцикл. / под ред. И. П. Шамякин. – Мiнск: БелСЭ, 1986. – 599 с.
- Баканов, А. И. Использование характеристик разнообразия зообентоса для мониторинга состояния пресноводных экосистем / А. И. Баканов // Мониторинг биоразнообразия. – М., 1997. – С. 278–282.
- Жадин, В. И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР / В. И. Жадин. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952. – 376 с.
- Grigorovich, I. A. Patterns and mechanisms of aquatic invertebrate introductions in the Ponto-Caspian region / I. A. Grigorovich [et al.] // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 2002. – Vol. 59. – P. 1189–1208.
- Moroz, M. D. Aquatic Insects of Cross-Border Water Currents between Belarus and Ukraine / M. D. Moroz // Entomol. Rev. – 2013. – Vol. 93, № 7. – P. 874–886.
- Зайцев, Ф. А. Плавунцовые и вертячки / Ф. А. Зайцев // Фауна СССР. Насекомые жесткокрылые. Т. 4. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1953. – 378 с.

9. Кирейчук, А. Г. Семейство Gyridae (Вертячки) / А. Г. Кирейчук, В. Н. Грамма // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 5. Высшие насекомые (ручейники, чешуекрылые, жесткокрылые, сетчатокрылые, большекрылые, перепончатокрылые) / под общ. ред. С. Я. Цалолихина. – СПб.: Наука, 2001. – С. 122–130, 500–511, 514–515.
10. Galewski, K. Chrząszcze (Coleoptera) Rodziny Plywakowate (*Dytiscidae*), Flisakowate (Haliplidae), Morkzelicowate (Hydrobiidae), Kretakowate (*Gyrinidae*). Fauna Slodkowodna Polska / K. Galewski, E. Tranda. – Warszawa-Poznan: PWN, 1978. – 396 s.
11. Pawłowski, J. Widelnice. Plecoptera / J. Pawłowski, D. Kubisz, M. Mazur // Katalog fauny Polski. – Warszawa, 2002. – Cz. XVI, z. 3. – 72 s.
12. Beran, L. Mollusca (měkkyši) / L. Beran, L. Juříčková, M. Horsak // Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. – Praha, 2005. – P. 69–74.
13. Hajek, J. Gyridae (virnikoviti) / J. Hajek // Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. – Praha, 2005. – P. 417–418.
14. Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera / G. Kjærstad [et al.] // The Norwegian Red List for Species. – Artstabanen, 2010. – P. 227–240.

Поступила 15.03.2022

А. П. Яцына

Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: lihenologs84@mail.ru

БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛИШАЙНИКОВ И БЛИЗКОРОДСТВЕННЫХ ГРИБОВ ДУБРАВ ПОДЗОНЫ ШИРОКОЛИСТВЕННО-СОСНОВЫХ ЛЕСОВ БЕЛАРУСИ

Аннотация. Приводятся сведения о видовом составе лишайников и близкородственных грибов пойменных и плакорных дубрав подзоны широколиственно-сосновых лесов Беларуси. Лихенобиота дубрав подзоны широколиственно-сосновых лесов представлена 191 видом: 178 видов лишайников, семь нелихенизированных грибов: *Chaenothecopsis pusilla*, *C. rubescens*, *Microcalicium disseminatum*, *Mycocalicium subtile*, *Sarea difformis*, *S. resinae* и *Stenocybe pullatula*, шесть лихенофильных грибов: *Abrothallus parmotremitis*, *Chaenothecopsis epithallina*, *Clypeococcum hypocenomyces*, *Sphinctrina turbinata*, *Stigmidium microspilum* и *Xanthoriicola physciae*. Указаны субстратная и фитоценотическая приуроченности видов, приводятся новые места произрастания охраняемых видов лишайников: *Calicium adpersum*, *Cetrelia olivetorum*, *Chaenotheca chlorella*, *Hypotrachyna revoluta*, *Lobaria pulmonaria* и *Parmotrema stuppeum*.

Ключевые слова: биологическое разнообразие, лихенобиота, дубрава, типы леса, субстратная приуроченность, охраняемые виды, индикаторные виды старовозрастных лесов

А. P. Yatsyna

V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: lihenologs84@mail.ru

BIODIVERSITY OF LICHENS AND CLOSELY RELATED FUNGI IN OAK FORESTS OF THE BROAD-LEAVED PINE FOREST SUBZONE IN BELARUS

Abstract. Information is given on the species composition of lichens and closely related fungi in floodplain and upland oak forests of the broad-leaved-pine forest subzone of Belarus. The lichen biota of oak forests in the subzone of the broad-leaved-pine forests is represented by 191 species: 178 species of lichens, 7 non-lichenized fungi: *Chaenothecopsis pusilla*, *C. rubescens*, *Microcalicium disseminatum*, *Mycocalicium subtile*, *Sarea difformis*, *S. resinae* and *Stenocybe pullatula*, 6 lichenicolous fungi: *Abrothallus parmotremitis*, *Chaenothecopsis epithallina*, *Clypeococcum hypocenomyces*, *Sphinctrina turbinata*, *Stigmidium microspilum* and *Xanthoriicola physciae*. Substrate and phytocenotic confinement of species is indicated; new habitats of protected lichen species are given: *Calicium adpersum*, *Cetrelia olivetorum*, *Chaenotheca chlorella*, *Hypotrachyna revoluta*, *Lobaria pulmonaria* and *Parmotrema stuppeum*.

Key words: biological diversity, lichenobiota, oak forests, forest types, substrate confinement, protected species, indicator species of old-growth forests

А. П. Яцына

Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В. Ф. Купрэвіча Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі,
Мінск, Беларусь, e-mail: lihenologs84@mail.ru

БІЯЛАГІЧНАЯ РАЗНАСТАЙНАСЦЬ ЛІШАЙНІКАЎ І БЛІЗКАРОДНАСНЫХ ГРЫБОЎ ДУБРОЎ ПАДЗОНЫ ШЫРАКАЛІСТА-ХВАЁВЫХ ЛЯСОЎ БЕЛАРУСІ

Анатацыя. Прыводзяцца звесткі аб відавым складзе лішайнікаў і блізкароднасных грыбоў пойменных і плакорных дубраў падзоны шыракаліста-хваёвых лясоў Беларусі. Ліхенабіёта дубраў падзоны шыракаліста-хваёвых лясоў прадстаўлена 191 відам: 178 відаў лішайнікаў, сем неліхенізаваных грыбоў: *Chaenothecopsis pusilla*, *C. rubescens*, *Microcalicium disseminatum*, *Mycocalicium subtile*, *Sarea difformis*, *S. resinae* і *Stenocybe pullatula*, шэсць ліхенафільных грыбоў: *Abrothallus parmotremitis*, *Chaenothecopsis epithallina*, *Clypeococcum hypocenomyces*, *Sphinctrina turbinata*, *Stigmidium microspilum* і *Xanthoriicola physciae*. Указаны субстратная і фітацэнатычная прымеркаванасці відаў, прыводзяцца новыя месцы вырасцання ахоўных відаў лішайнікаў: *Calicium adpersum*, *Cetrelia olivetorum*, *Chaenotheca chlorella*, *Hypotrachyna revoluta*, *Lobaria pulmonaria* і *Parmotrema stuppeum*.

Ключавыя словы: біялагічная разнастайнасць, ліхенабіёта, дубравы, тыпы лесу, субстратная прымеркаванасць, ахоўныя віды, індикатарныя віды стараўзроставак лясоў

Введение. Различие климатических условий на территории Беларуси определяется зональностью растительности, которая выражается в том, что в направлении с севера на юг бореальные леса южнотаежного типа сменяются формациями широколиственных лесов [1]. Подзона широколиственно-сосновых лесов лежит южнее границы сплошного распространения ели европейской и подразделяется на два округа: Бугско-Полесский и Полесско-Приднепровский. К данной подзоне относится собственно Белорусское Полесье. По геоморфологии, климату, почвам она наиболее однородна по

сравнению с другими подзонами в Беларуси. Ель обыкновенная здесь встречается только в немногочисленных островных очагах, постоянную примесь в дубравах образует граб обыкновенный. Для Бугско-Полесского округа характерно широкое распространение лиственных лесов на болотах, а для Полесско-Приднепровского – максимальное распространение широколиственных лесов, в том числе и дубрав. Целенаправленных исследований и научных публикаций по изучению биологического разнообразия лишайников в дубравах на территории республики нет [1].

Материалы и методы. В подзону широколиственно-сосновых лесов входят два округа – Бугско-Полесский и Полесско-Приднепровский. Бугско-Полесский округ образован двумя геоботаническими районами – Бугско-Припятским и Пинско-Припятским. Полесско-Приднепровский округ состоит из четырех геоботанических районов: Центрально-Полесский, Припятско-Мозырский, Южнополесский и Гомельско-Приднепровский.

Ниже приводится информация о государственных организациях, которые располагаются на территории геоботанических районов, в которых проводились исследования и гербарные сборы различных коллекторов из коллекции лишайников (MSK-L) лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники:

Бугско-Полесский округ – Бугско-Припятский геоботанический район: Брестский, Кобринский, Пинский, Дрогичинский лесхозы; Пинско-Припятский геоботанический район: Лунинецкий, Столинский, Микашевичский, Ганцевичский лесхозы.

Полесско-Приднепровский округ – Центрально-Полесский геоботанический район: Житковичский, Октябрьский, Светлогорский, Петриковский лесхозы; Припятско-Мозырский геоботанический район: Национальный парк «Припятский», Мозырский, Лельчицкий лесхозы; Южнополесский геоботанический район: Ельский, Наровлянский лесхозы, Полесский заповедник; Гомельско-Приднепровский геоботанический район: Речицкий, Буда-Кошелевский, Гомельский, Хойникский, Лоевский лесхозы.

Биологическое разнообразие лишайников и близкородственных грибов подзоны широколиственно-сосновых лесов Беларуси изучалось в период с 2014 по 2022 г. в пойменных (злаково-пойменные и прируслово-пойменные) и плакорных (кисличные, снытевые, папоротниковые и орляковые) дубравах как на особо охраняемых природных территориях республики (Национальный парк «Припятский», заказники «Средняя Припять», «Выдрица», «Мозырские овраги», «Стрельский», «Родостовский», многочисленные памятники природы местного значения под лаконичным названием «Дубрава»), так и просто охраняемых природных территориях. Возраст обследованных дубрав составляет от 95 до 190 лет. Типы леса и возраст обследованных дубрав определялись с помощью программы «ГисЛес» на планшете Lenovo в ходе проведения полевых работ. Камеральная обработка гербарного материала проведена в лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники с использованием световой микроскопии: бинокля Olympus SZ 6 и микроскопа Olympus BX 51. Образцы в количестве около 2,5 тыс. гербарных пакетов внесены в гербарную базу данных по лишайникам и хранятся в лихенологическом гербарии (MSK-L) лаборатории микологии.

Номенклатура таксонов лишайников и близкородственных грибов приводится по сводке M. Westberg с соавторами [2]. Исследования состава лишайниковых кислот родов *Biatora* Fr., *Bryoria* Brodo & D. Hawksw., *Cetrelia* W. L. Culb. et C. F. Culb., *Fuscidea* V. Wirth & Vězda, *Lecania* A. Massal., *Lepraria* Ach., *Loxospora* A. Massal., *Ropalospora* A. Massal. и некоторых видов *Lecanora* Ach., *Parmelia* Ach. и *Pertusaria* DC. проведены методом тонкослойной хроматографии в системе растворителей С [3]. В статье указывается выявленный состав вторичных лишайниковых кислот для отдельных видов лишайников. Индикаторные виды лишайников и нелихенизированных сапротрофных грибов старовозрастных лесов выделены по работе J. Motiejūnaitė с соавторами [4].

Результаты и их обсуждение. Биологическое разнообразие лишайников и близкородственных (лихенофильных и нелихенизированных грибов) дубрав подзоны широколиственно-сосновых лесов согласно проведенным исследованиям (собственные сборы автора и данные коллекции лишайников MSK-L) представлено 191 видом: 178 видов лишайников, шесть лихенофильных грибов *Abrothallus parmotremitis*, *Chaenothecopsis epithallina*, *Clypeococcum hypocenomyces*, *Sphinctrina turbinata*, *Stigmidium microspilum*, *Xanthoriicola physciae* и семь нелихенизированных грибов *Chaenothecopsis pusilla*, *C. rubescens*, *Microcalicium disseminatum*, *Mycocalicium subtile*, *Sarea difformis*, *S. resiniae* и *Stenocybe pullatula*.

Лихенобиота дубрав подзоны широколиственно-сосновых лесов содержит 99 родов. Среднее число видов в роде составляет 2. Наибольшее количество видов содержат следующие роды: *Chaenotheca* – 11 видов (5,7 % общего числа видов), *Lecanora* – 10 (5,2 %), *Cladonia* – 7 (3,6 %), *Micarea* – 7 (3,6 %), *Ramalina* – 7 (3,6 %), *Arthonia* – 6 (3,2 %), *Peltigera* – 5 (2,7 %) и *Calicium* – 5 (2,7 %). Высокое количество одновидовых родов (57) в лихенобиоте дубрав свидетельствует о разнообразии в них микроэкотопов, пригодных для поселения лишайников и близкородственных грибов различных так-

сономических групп. Наличие этих таксонов в изучаемой лишенобиоте дубрав связано с видовым составом широколиственных и мелколиственных древесных насаждений в дубравах Беларуси [1].

В результате собственных сборов автора для дубовых лесов подзоны широколиственно-сосновых лесов республики впервые приводятся 25 новых видов лишайников и близкородственных грибов (13 % общего числа видов): *Abrothallus parmotrematis*, *Anisomeridium polypori*, *Arthonia arthonioides*, *A. helvola*, *A. vinosa*, *Bacidina arnoldiana*, *B. chlorotricula*, *B. egenula*, *B. egenula*, *Bactrospora dryina*, *Biatora efflorescens*, *Chaenotheca gracillima*, *Coenogonium luteum*, *Cresponea chloroconia*, *Fuscidea pusilla*, *Micarea pusilla*, *M. soralifera*, *M. tomentosa*, *Parmelia ernstiae*, *P. serrana*, *Phaeocalicium polyporaenum*, *Ramalina sinensis*, *Reichlingia leopoldii*, *Ropalospora viridis* и *Vezdaea aestivalis*. Вышеперечисленные виды отсутствовали в коллекции MSK-L и не были представлены в сборах других коллекторов. Такие виды, как *Gyalecta derivata*, *Hypotrachyna afrorevoluta*, *Leptogium rivulare*, *Piccolia ochrophora*, *Sphinctrina turbinata* и *Thelocarpon laureri*, известны только по гербарным коллекциям и не были нами обнаружены в дубравах подзоны широколиственно-сосновых лесов.

Ниже приведен аннотированный список видов лишайников, близких к ним сапротрофных нелихенизированных и лихенофильных грибов дубрав подзоны широколиственно-сосновых лесов Беларуси. Виды в списке расположены в алфавитном порядке. После названия вида указан геоботанический округ и район, тип леса и субстрат, на котором был собран вид. Условные обозначения: I.1 – Бугско-Припятский геоботанический район, I.2 – Пинско-Припятский геоботанический район, II.3 – Центрально-Полесский геоботанический район, II.4 – Припятско-Мозырский геоботанический район, II.5 – Южнополесский геоботанический район, II.6. – Гомельско-Приднепровский геоботанический район, «*» – лихенофильный гриб, «+» – нелихенизированный гриб, (И) – индикаторный вид старовозрастных лесов.

- **Abrothallus parmotrematis* Diederich – II.3; дубрава снытевая; на талломе *Parmotrema stupeum*.
Acrocordia gemmata (Ach.) A. Massal. – I.2, II.3, II.4; все типы леса дубовой формации; кора *Populus tremula* L.
Alyxoria varia (Pers.) Ertz & Tehler – I.2, II.3, II.4; все типы леса дубовой формации; кора *Salix alba* L., *S. fragilis* L., *Carpinus betulus* L., *Quercus robur* L.
Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins & Scheid. – I.2, II.3, II.4; все типы леса дубовой формации; кора *Pinus sylvestris* L., *Q. robur*.
Anaptychia ciliaris (L.) Körb. – I.2, II.3, II.4, II.5; все типы леса дубовой формации; кора *Populus tremula* L., *Q. robur*.
Anisomeridium polypori (Ellis & Everh.) M. E. Barr – II.3; дубрава папоротниковая; кора *Q. robur*.
(И) *Arthonia arthonioides* (Ach.) A.L.Sm. – II.3; дубрава кисличная; кора *Q. robur*.
A. helvola (Nyl.) Nyl. – II.3; дубрава прируслово-пойменная; кора *Q. robur*.
A. dispersa (Schrad.) Nyl. – I.2; дубрава орляковая; кора *C. betulus* и *Sorbus aucuparia* L.
A. radiata (Pers.) Ach. – I.2, II.3; все типы леса дубовой формации; кора *C. betulus*, *Coryllus avelana* (L.) H. Karst.
A. ruana A. Massal. – II.3; дубрава кисличная, злаково-пойменная, папоротниковая; кора *Fraxinus excelsior* L., *C. betulus*.
(И) *A. vinosa* Leight. – II.3; дубрава прируслово-пойменная, папоротниковая; кора *Q. robur*.
Athallia cerinella (Nyl.) Arup, Frödén & Søchting – во всех геоботанических районах; все типы леса дубовой формации; кора *P. tremula*.
A. pyracea (Ach.) Arup, Frödén & Søchting – II.3; дубрава кисличная, орляковая; кора *P. tremula*.
Bacidia arceutina (Ach.) Arnold – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных пород.
(И) *B. polychroa* (Th. Fr.) Körb. – II.3; дубрава кисличная, злаково-пойменная, орляковая; кора *P. tremula*.
B. rubella (Hoffm.) A. Massal. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора *P. tremula*, *Q. robur*.
Bacidina arnoldiana (Körb.) V. Wirth & Vězda – I.2; дубрава кисличная, папоротниковая; кора *C. betulus*.
B. chlorotricula (Nyl.) Vězda & Poelt – II.3; дубрава злаково-пойменная, прируслово-пойменная; на мхах, основание ствола *Q. robur*.
B. delicata (Larbal. ex Leight.) V. Wirth & Vězda – II.3; дубрава злаково-пойменная, прируслово-пойменная, папоротниковая; кора *Q. robur*. (основание ствола) в воде.
B. egenula (Nyl.) Vězda – II.3; дубрава кисличная; кора *C. betulus*.
(И) *Bactrospora dryina* (Ach.) A. Massal. – II.3; дубрава кисличная, злаково-пойменная, папоротниковая; кора *Q. robur*.

Biatora efflorescens (Hedl.) Räsänen – II.3; дубрава кисличная; кора *P. tremula* (данные TLC: аргопсин).

B. globulosa (Flörke) Fr. – II.3; дубрава кисличная, приручейно-пойменная, папоротниковая; кора *Acer platanoides* L.

(И) *B. ocelliformis* (Nyl.) Arnold – I.2, II.3; дубрава кисличная, снытевая; кора *C. betulus*.

Bryoria fuscescens (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw. – I.2; дубрава злаково-пойменная; кора *Q. robur* (данные TLC: фумарпротоцеттаровая кислота).

B. implexa (Hoffm.) Brodo & D. Hawksw. – II.5; дубрава кисличная, снытевая; кора *Q. robur* (данные TLC: псоромовая кислота).

Buellia disciformis (Fr.) Mudd – II.3; дубрава кисличная, папоротниковая; кора *P. tremula*.

B. griseovirens (Turner & Borrer ex Sm.) Almb. – I.2, II.3; дубрава кисличная, папоротниковая, злаково-пойменная, прируслово-пойменная; кора *A. glutinosa*, *Q. robur*, *C. betulus*.

(И) *Calicium adspersum* Pers – I.2, II.3, II.4; все типы леса дубовой формации; кора *Q. robur*.

C. glaucellum Ach. – II.3; дубрава кисличная, снытевая, папоротниковая; кора *Q. robur*.

C. salicinum Pers. – I.2, II.3, II.4; дубрава снытевая, злаково-пойменная, прируслово-пойменная; кора *Q. robur*.

(И) *C. trabinellum* (Ach.) Ach. – I.2, II.3; дубрава кисличная, снытевая; кора *Q. robur*.

(И) *C. viride* Pers. – I.2, II.3; дубрава злаково-пойменная; кора *Q. robur*.

Caloplaca cerina (Hedw.) Th. Fr. – I.2, II.3; дубрава снытевая, орляковая; кора *Q. robur*, *P. tremula*.

Candelaria pacifica M. Westb. & Arup – II.3, II.4; дубрава кисличная, дубрава орляковая; кора *Q. robur*.

Candelariella xanthostigma (Pers. ex Ach.) Lettau – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев.

Cetraria sepincola (Ehrh.) Ach. – II.3; дубрава злаково-пойменная, прируслово-пойменная; кора *B. pendula*.

Cetrelia monachorum (Zahlbr.) W. L. Culb. & C. F. Culb. – I.2, II.3; дубрава кисличная, снытевая, прируслово-пойменная; кора *C. betulus*, *Q. robur* (данные TLC: атранорин, перлатоловая (следы), имбрикарная, анциевая и 4-О деметилимбрикарная кислоты).

(И) *C. olivetorum* (Nyl.) W. L. Culb. & C. F. Culb. – I.2, II.3, II.4; все типы леса дубовой формации; кора *C. betulus*, *Q. robur* и *P. tremula* (данные TLC: атранорин, хлоратранорин и оливеторовая кислота).

(И) *Chaenotheca brachypoda* (Ach.) Tibell – I.2, II.3; дубрава злаково-пойменная, прируслово-пойменная; кора *Q. robur* и *Salix* sp.

(И) *C. brunneola* (Ach.) Müll. Arg – II.3; дубрава прируслово-пойменная; древесина *Q. robur*.

(И) *C. chlorella* (Ach.) Müll. Arg. – I.2, II.3; дубрава кисличная, папоротниковая; на кора *Q. robur*.

C. chrysocephala (Turner ex Ach.) Th. Fr. – I.2, II.3; дубрава кисличная, папоротниковая; кора *Q. robur*.

C. ferruginea (Turner ex Sm.) Mig. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; древесина *B. pendula*; кора *Q. robur* и *P. sylvestris*.

C. furfuraceae (L.) Tibell – II.3; дубрава кисличная, папоротниковая; кора *A. glutinosa*, *Q. robur*.

C. gracillima (Vain.) Tibell – I.2; дубрава прируслово-пойменная; древесина *Q. robur*.

C. laevigata Nadv. – I.2, II.3; дубрава кисличная, злаково-пойменная, прируслово-пойменная; кора *Q. robur*.

C. phaeocephala (Turner) Th. Fr. – I.2, II.3, II.4; все типы леса дубовой формации; кора *Q. robur*, *T. cordata*.

C. stemonea (Ach.) Müll. Arg. – I.2, II.3; дубрава кисличная, злаково-пойменная, орляковая; кора *Q. robur* и *P. sylvestris*.

C. trichialis (Ach.) Th. Fr. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора *Q. robur*.

* *Chaenothecopsis epithallina* Tibell – II.3; дубрава снытевая; на талломе *Chaenotheca trichialis*.

+ *C. pusilla* (Ach.) A. F. W. Schmidt – II.3; дубрава кисличная, дубрава злаково-пойменная, дубрава орляковая; древесина *Q. robur*.

(И) + *C. rubescens* Vain. – II.3; дубрава кисличная, дубрава орляковая; кора *Q. robur*.

(И) *Chrysothrix candelaris* (L.) J. R. Laundon – I.2, II.3; все типы леса дубовой формации; кора *Q. robur*.

Cladonia arbuscula (Wallr.) Flot. – II.3; дубрава приручейно-пойменная; древесина *Q. robur*.

C. cenotea (Ach.) Schaer. – I.2, II.3; дубрава кисличная, дубрава злаково-пойменная, дубрава орляковая; пень *Q. robur*.

C. chlorophaea (Flörke ex Sommerf.) Spreng. s.l. – I.2, II.3, II.4; все типы леса дубовой формации; древесина лиственных деревьев у основания стволов *B. pendula* и *Q. robur*.

C. coniocraea (Flörke) Spreng. – все геоботанически районы; все типы леса дубовой формации; основания стволов лиственных деревьев.

- C. digitata* (L.) Hoffm. – I.1, II.3; дубрава кисличная; кора *Q. robur*.
- C. gracilis* (L.) Willd. – I.2, II.3; дубрава злаково-пойменная; древесина валежа *Q. robur*.
- C. macilenta* Hoffm. – I.2, II.3; все типы леса дубовой формации; древесина *Q. robur*.
- (И) *Cliostomum corrugatum* (Ach.: Fr.) Fr. – I.2, II.3; дубрава прируслово-пойменная; кора *Q. robur*.
- * *Clypeococcum hypocenomycis* D. Hawksw – II.3, II.4; дубрава кисличная; на талломе *Hypocenomyce scalaris*.
- Coenogonium luteum* (Dicks.) Kalb & Lücking – II.3; дубрава прируслово-пойменная; кора *Q. robur*.
- C. pineti* (Ach.) Lücking & Lumbsch – I.2, II.3; все типы леса дубовой формации; кора *C. betulus*, *Q. robur*, *P. sylvestris*, замшелый пенек.
- (И) *Cresponea chloroconia* (Tuck.) Egea & Torrente – II.3; дубрава злаково-пойменная; кора *Q. robur*.
- Diarthonis spadicea* (Leight.) Frisch, Ertz, Coppins & P. F. Cannon – II.3; дубрава кисличная, папоротниковая, прируслово-пойменная; кора *A. glutinosa*, *Q. robur*.
- Evernia prunastri* (L.) Ach. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора *F. excelsior*, *U. scabra*, *S. aucuparia*, *Q. robur*.
- (И) *Fellhanera gyrophorica* Sérus., Coppins, Diederich & Scheid. – II.3; дубрава кисличная, злаково-пойменная, прируслово-пойменная, папоротниковая; кора *Q. robur*.
- Flavoparmelia caperata* (L.) Hale – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора *A. platanoides*, *B. pendula*, *C. betulus*, *Q. robur*, *S. aucuparia*, *P. sylvestris*, *P. tremula*.
- Fuscidea pusilla* Tønsberg – I.2, II.3; дубрава кисличная, орляковая; кора *C. betula*, *B. pendul* (данные TLC: диварикатовая кислота).
- Graphis scripta* (L.) Ach. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора *A. glutinosa*, *C. betulus*, *F. excelsior*, *C. avellana*, *P. tremula* и *U. glabra*.
- Gyalecta derivata* (Nyl.) H. Olivier – II.4; дубрава снытевая; кора *P. tremula*.
- Hypocenomyce scalaris* (Ach.) M.Choisy – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора *P. sylvestris*, *Q. robur*.
- Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев, на древесине лиственных породубрава.
- H. tubulosa* (Schaer.) Hav. – II.3; дубрава кисличная, злаково-пойменная, прируслово-пойменная, орляковая; кора *S. aucuparia*.
- Hypotrachyna afrorevoluta* (Krog & Swinscow) Krog & Swinscow – I.1; дубрава кисличная, прируслово-пойменная; кора *A. glutinosa*, *C. betulus*.
- (И) *H. revoluta* (Flörke) Hale – I.1, II.3; дубрава кисличная, дубрава прируслово-пойменная; кора *S. aucuparia*, *F. alnus*.
- Imshaugia aleurites* (Ach.) S. L. F. Mey. – I.2, II.3, II.4; дубрава кисличная, прируслово-пойменная, древесина *Q. robur*.
- (И) *Inoderma byssaceum* (Weigel) Gray – I.2, II.3; все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора *A. platanoides*, *Q. robur*.
- Lecania croatica* (Zahlbr.) Kotlov – I.2; дубрава кисличная; кора *C. betulus*.
- L. cyrtella* (Ach.) Th. Fr. – I.2, II.3; все типы леса дубовой формации; кора *A. glutinosa*, *S. aucuparia*, *F. alnus*.
- L. naegelii* (Hepp) Diederich & van den Boom – II.3; дубрава кисличная, дубрава злаково-пойменная, дубрава папоротниковая; кора *S. aucuparia*, *F. alnus*.
- Lecanora allophana* Nyl. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора *P. tremula*.
- L. carpinea* (L.) Vain. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора *P. tremula*, *F. excelsior*, *Q. robur*.
- L. chlorotera* Nyl. – II.3, II.4; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев.
- L. compallens* van Herk & Aptroot – II.3; дубрава кисличная; кора *C. betulus*, *F. excelsior* (данные TLC: усниновая кислота, зеорин).
- L. expallens* Ach. – I.2, II.3; во всех типах леса дубовой формации; кора *Q. robur* (данные TLC: усниновая и тиофановая кислоты, зеорин, атранорин (следы)).
- L. glabrata* (Ach.) Malme – I.2, II.3, II.4; дубрава кисличная, снытевая, орляковая; на кора *C. betulus*, *C. avellana*.
- L. pulicaris* (Pers.) Ach. – II.4; дубрава кисличная, злаково-пойменная, орляковая; кора *A. glutinosa*, *P. tremula*.
- L. symmicta* (Ach.) Ach. – II.3; дубрава кисличная, снытевая, дурава прируслово-пойменная; кора *P. communis*, *Sorbus aucuparia*.
- L. thysanophora* R. C. Harris – I.2, II.3, II.4; дубрава кисличная, орляковая; кора *F. excelsior*, *C. betulus*.
- L. varia* (Hoffm.) Ach. – I.2, II.3; все типы леса дубовой формации; древесина *Q. robur*, *B. pendula*.

Lecidella elaeochroma (Ach.) M. Choisy – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев.

Lepra albescens (Huds.) Hafellner – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора *A. platanoides*, *Q. robur*, *C. betulus*.

L. amara (Ach.) Hafellner – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев.

Lepraria finkii (B. de Lesd.) R. C. Harris – I.2, II.3, II.4; все типы леса дубовой формации; кора *P. tremula* и *Q. robur* (данные TLC: стиктовая и констиктовая кислоты, зеорин и атранорин).

L. incana (L.) Ach. – I.2, II.3, II.4; все типы леса дубовой формации; кора *Q. robur*, *P. sylvestris* (данные TLC: диварикатовая кислота и зеорин).

L. jackii Tønsberg – II.3; дубрава снытевая; кора *P. sylvestris* (данные TLC: атранорин, жирные кислоты).

L. vouauxii (Hue) R. C. Harris – II.3; дубрава злаково-пойменная; кора *Q. robur* (данные TLC: паннариковая кислота).

Leptogium rivulare (Ach.) Mont. – II.3; дубрава злаково-пойменная; древесина *Q. robur*.

(И) *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. – I.2, II.3, II.4; дубрава кисличная, злаково-пойменная, прируслово-пойменная, папоротниковая; кора *Q. robur*, *P. tremula*.

(И) *Loxospora elatina* (Ach.) A. Massal. – II.3; дубрава кисличная; кора *F. excelsior* (данные TLC: тамноловая, элатиникова и скваматовая кислоты).

Melanelixia glabrata (Lamy) Sandler & Arup – I.2, II.3, II.4, II.5; все типы леса дубовой формации; кора *F. excelsior*, *P. tremula*, *C. avellana*, *C. betulus*.

M. subargentifera (Nyl.) O. Blanco et al. – II.3; дубрава орляковая, злаково-пойменная; кора *Q. robur*.

M. subaurifera (Nyl.) O. Blanco et al. – I.2, II.3; все типы леса дубовой формации; кора *A. platanoides*, *F. excelsior*, *F. alnus*.

M. exasperatula (Nyl.) O. Blanco et al. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев, часто ветки.

Melanohalea olivacea (L.) O. Blanco et al. – II.3; дубрава кисличная, прируслово-пойменная, орляковая; кора *S. aucuparia*, *Q. robur*.

Micarea denigrata (Fr.) Hedl. – II.3; дубрава кисличная; кора *P. sylvestris*.

(И) *M. melaena* (Nyl.) Hedl. – II.3; дубрава кисличная, снытевая; кора *P. sylvestris*.

M. misella (Nyl.) Hedl. – II.3; дубрава прируслово-пойменная; древесина *Q. robur*.

M. prasina Fr. – I.2, II.3; дубрава кисличная, папоротниковая, прируслово-пойменная; древесина валежа *Q. robur*.

M. pusilla Launis, Malíček & Myllys – II.3; дубрава орляковая; древесина *Q. robur*.

M. soralifera Guzew-Krzem., Czarnota, Łubek & Kukwa – II.3; дубрава кисличная; на древесина (валеж) и кора *Q. robur*.

M. tomentosa Czarnota & Coppins – II.3; дубрава прируслово-пойменная; древесина валеж *Q. robur*.

(И) + *Microcalicium disseminatum* (Ach.) Vain. – I.2, II.3; все типы леса дубовой формации; кора *Q. robur*.

+ *Mycocalicium subtile* (Pers.) Szatala – I.2; дубрава снытевая, на древесине *P. sylvestris*.

(И) *Opegrapha vermicellifera* (Kunze) J. R. Laundon – II.3; дубрава злаково-пойменная, папоротниковая; кора *F. excelsior*.

Parmelia ernstiae Feuerer & A. Thell – II.3; дубрава злаково-пойменная; кора *C. betulus* (данные TLC: атранорин, салациновая, лобариевая (следы), протолихестериновая и лихестериновая кислоты).

P. serrana A. Crespo, M. C. Molina & D. Hawksw – II.3; дубрава злаково-пойменная; кора *A. glutinosa* (данные TLC: атранорин, салациновая, протолихестериновая и лихестериновая кислоты).

P. sulcata Taylor – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев.

Parmelina tiliacea (Hoffm.) Hale – I.2, II.3, II.4; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев.

Parmeliopsis ambigua (Wulfen) Nyl. – II.3; дубрава кисличная; древесина *Q. robur*.

Parmotrema stuppeum (Taylor) Hale – I.2, II.3, II.4; дубрава кисличная, злаково-пойменная, прируслово-пойменная, папоротниковая; кора *F. excelsior*, *Q. robur*, *P. tremula*.

Peltigera canina (L.) Willd. – II.3; дубрава кисличная; основание ствола *Q. robur*.

P. extenuata (Nyl. ex Vain.) Lojka – II.4; дубрава кисличная, прируслово-пойменная; древесина *Q. robur*.

P. membranacea (Ach.) Nyl. – I.2, II.3; дубрава кисличная, злаково-пойменная, прируслово-пойменная, папоротниковая; древесина *Q. robur*.

P. neckeri Hepp ex Müll.Arg. – II.3; дубрава кисличная, прируслово-пойменная, папоротниковая; кора *Q. robur*.

P. praetextata (Flörke ex Sommerf.) Zopf – I.1, II.3, II.4; все типы леса дубовой формации; кора *F. excelsior*, *Q. robur*, *P. tremula*.

Pertusaria coccodes (Ach.) Nyl. – II.3; дубрава оряковая, прируслово-пойменная; кора *Q. robur* (данные TLC: комбинация ксантонов, депсидов, депсидонов, депсонов).

(И) *P. flavida* (DC.) J. R. Laundon – II.3; дубрава злаково-пойменная; кора *Q. robur* (данные TLC: тиофаниновая и 2'-0-метилперлатоловая кислоты, под действием UV + таллом светится оранжевым цветом).

P. leioplaca (Ach.) DC. – I.2, II.3, II.4; дубрава кисличная; кора *C. betulus*.

P. pertusa (Weigel) Tuck – II.3, II.4; дубрава прируслово-пойменная; кора *A. platanoides*, *F. excelsior*, *Q. robur*.

+ *Phaeocalicium polyporaenum* (Nyl.) Tibell – II.3; дубрава прируслово-пойменная, папоротниковая; на плодовом теле *Trichaptum biformis*.

Phaeophyscia ciliata (Hoffm.) Moberg – II.3, II.4; все типы леса дубовой формации; кора *P. tremula*.

P. nigricans (Flörke) Moberg – II.3; все типы леса дубовой формации; кора *F. excelsior*, *Q. robur*, *P. tremula*.

P. orbicularis (Neck.) Moberg – II.3, II.4, II.6; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев.

Phlyctis agelaea (Ach.) Flot. – II.3; дубрава снытевая, папоротниковая; кора *C. betulus*.

P. argena (Spreng.) Flot. – I.2, II.3, II.4, II.6; все типы леса дубовой формации; кора *C. betulus*, *P. tremula*, *Q. robur*.

Physcia adscendens H. Olivier – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; ветки лиственных деревьев.

P. aipolia (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr. – I.2, II.3, II.4; все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев.

P. stellaris (L.) Nyl – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев.

P. tenella (Scop.) DC. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев.

Physconia detersa (Nyl.) Poelt – I.2, II.3, II.4; дубрава кисличная, дубрава снытевая, дубрава злаково-пойменная; кора *A. platanoides*, *P. tremula*, *Q. robur*.

P. distorta (Wirth.) J. R. Laundon – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора *P. tremula*, *Q. robur*.

P. enteroxantha (Nyl.) Poelt – I.2, II.3, II.4, II.5; все типы леса дубовой формации; кора *Populus tremula*, *Q. robur*, *C. betulus*.

P. grisea (Lam.) Poelt – II.6; дубрава кисличная, снытевая, папоротниковая; кора *Q. robur*.

Piccolia ochrophora (Nyl.) Hafellner – II.3; дубрава прируслово-пойменная; кора *Salix* sp.

Placynthiella hyporhoda (Th.Fr.) Coppins & P. James – II.3, II.4; дубрава злаково-пойменная, приручечно-пойменная; почва.

P. icmalea (Ach.) Coppins & P. James – I.2, II.3; дубрава кисличная, злаково-пойменная, прируслово-пойменная, папоротниковая; древесина (валеж) *Q. robur*.

P. uliginosa (Schr.) Coppins & P. James – II.3; дубрава прируслово-пойменная; древесина *Q. robur*.

Platismatia glauca (L.) W.L. Culb. & C. F. Culb. – I.2, II.3; все типы леса дубовой формации; кора *B. pendula*, *Q. robur*.

Pleurosticta acetabulum (Neck.) Elix & Lumbsch – II.3; дубрава кисличная, злаково-пойменная, прируслово-пойменная; кора *Q. robur*.

Polycauliona candelaria (L.) Frödén, Arup & Söchting – I.2, II.3, II.4; дубрава злаково-пойменная; кора *Q. robur*.

P. polycarpa (Hoffm.) Frödén et al. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных пород, особенно на тонких ветках.

Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf. – I.2, II.3; дубрава кисличная, злаково-пойменная, прируслово-пойменная; кора *P. sylvestris*, *Q. robur*, *C. betulus*.

Pseudosagedia aenea (Wallr.) Hafellner & Kalb – I.2; дубрава кисличная; кора *A. glutinosa*.

Pseudochismatomma rufescens (Pers.) Ertz & Tehler – I.2, II.3; все типы леса дубовой формации; кора *A. platanoides*, *C. betulus*, *Q. robur*.

Psilolechia lucida (Ach.) M.Choisy – I.2, II.3; дубрава кисличная; кора *P. sylvestris*.

Punctelia subrudecta (Nyl.) Krog – II.3; дубрава кисличная; кора *Q. robur*.

Pycnora sorophora (Vain.) Hafellner – II.3, II.4; дубрава кисличная, прируслово-пойменная; кора *P. sylvestris*.

Pyrenula nitida (Wiegel) Ach. – I.2, II.3; дубрава кисличная; кора *C. betulus*.

(И) *P. nitidella* (Flörke ex Schaer.) Müll. Arg. – II.3, II.4; дубрава кисличная; кора *C. betulus*.

Ramalina baltica Lettau – II.3, II.4; дубрава кисличная, папоротниковая; кора *P. tremula*.

R. calicaris (L.) Fr. – II.3; дубрава злаково-пойменная, папоротниковая; кора *S. caprea*.

R. farinacea (L.) Ach. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев.

R. fastigiata (Pers.) Ach. – II.3; дубрава кисличная, снытевая, прируслово-пойменная, папоротниковая; кора *Q. robur*.

R. fraxinea (L.) Ach. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев.

R. pollinaria (Westr.) Ach. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев.

R. sinensis Jatta – I.2; дубрава злаково-пойменная; кора *Q. robur*.

Reichlingia leopoldii Diederich & Scheid. – I.2, II.3; все типы леса дубовой формации; кора *Q. robur*.

Ropalospora viridis (Tønsberg) Tønsberg – II.3; дубрава снытевая, кисличная, папоротниковая; кора *C. Betula* (данные TLC: перлатоловая кислота).

+ *Sarea difformis* (Fr.) Fr. – II.3; дубрава кисличная, снытевая, злаково-пойменная; смола *P. sylvestris*.

+ *S. resinae* (Fr.) Kuntze – II.3; дубрава кисличная, снытевая; смола *P. sylvestris*.

(И) *Schismatomma periceleum* (Ach.) Branth & Rostr. – I.2, II.3; дубрава злаково-пойменная; кора *Q. robur*.

(И) *Sclerophora pallida* (Pers.) Y. J. Yao & Spooner – II.3; дубрава кисличная; кора *A. platanoides*.

* *Sphinctrina turbinata* (Pers.) De Not. – II.3; дубрава злаково-пойменная; на талломе *Pertusaria* sp.

+ *Stenocybe pullatula* (Ach.) Stein – I.2, II.3; дубрава злаково-пойменная, прируслово-пойменная; ветки *A. glutinosa*.

Stigmatidium microspilum (Körb.) D. Hawksw. – I.2, II.3; все типы леса дубовой формации; на талломе *Grahis scripta*.

Strangospora pinicola (A. Massal.) Körb. – II.3; дубрава прируслово-пойменная; кора *Q. robur*.

Toniniopsis subincompta (Nyl.) Kistenich, Timdal, Bendiksbj & S. Ekman – II.3; дубрава кисличная; кора *Q. robur*.

Thelocarpon laureri (Flot.) Nyl. – II.3; дубрава злаково-пойменная; древесина *Q. robur*.

(И) *Thelotrema lepadium* (Ach.) Ach. – II.3; дубрава кисличная, папоротниковая; кора *C. betula*.

Trapeliopsis flexuosa (Fr.) Coppins & P. James – I.2, II.3, II.4; все типы леса дубовой формации; древесина *Q. robur*.

Tuckermannopsis chlorophylla (Willd.) Hale – I.2, II.3; дубрава злаково-пойменная; кора *Q. robur*.

Usnea dasopoga (Ach.) Nyl. – II.3; дубрава прируслово-пойменная; кора *Q. robur*.

U. hirta (L.) Weber ex F. H. Wigg. – I.2, II.3, II.4; дубрава кисличная, снытевая, злаково-пойменная; кора *B. pendula*, *P. sylvestris*, *Q. robur*.

U. subforidana Stirt. – II.3; дубрава снытевая, злаково-пойменная, дурава прируслово-пойменная; кора *P. tremula*, *Q. robur*.

Vezeadaea aestivalis (Ohlert) Tscherm-Woess & Poelt – II.3; дубрава кисличная; кора *Q. robur*.

Xanthoria parietina (L.) Th. Fr. – все геоботанические районы; все типы леса дубовой формации; кора лиственных деревьев.

**Xanthoriicola physciae* (Kalchbr.) D. Hawksw. – II.3; все типы леса дубовой формации; на апотециях *Xanthoria parietina*.

Во всех геоботанических районах подзоны широколиственно-сосновых лесов найдено 30 видов лишайников (15,7 % общего числа видов). К таким видам относятся лишайники, широко распространенные на территории республики и представленные в различных лесных формациях и антропогенных экосистемах [1]. В Бугско-Поллеском округе в дубравах отмечено 104 вида (54,4 %), Бугско-Припятском геоботаническом районе – 34 вида (17,8 %), а в Пинско-Припятском – 103 вида (45 %). В дубравах Полесско-Приднепровского округа известно 185 видов (97 %), наибольшее количество видов известно в Центрально-Полесском геоботаническом районе – 180 видов (94,2 %), в Припятско-Мозырском – 70 (36,6 %), по 30 видов отмечено в Гомельско-Приднепровском и Южно-полесском геоботанических районах.

Во всех обследованных типах леса дубовой формации отмечен 61 вид (32 % от общего числа видов). В пойменных дубравах встречается 151 вид (79 %), наибольшее число видов найдено в дубравах злаково-пойменных – 108 видов (56,5 %), в прируслово-пойменных – 103 вида (54 %).

Исключительно в пойменных дубравах найдено 29 видов (15,1 % от общего числа видов): *Arthonia helvola*, *Bacidina chlorotricula*, *Bryoria fuscescens*, *Cetraria sepincola*, *Chaenotheca brachypoda*, *C. brunneola*, *C. gracillima*, *Cliostomum corrugatum*, *Coenogonium luteum*, *Cresponea chloroconia*, *Lepraria vouauxii*, *Leptogium rivulare*, *Micarea misella*, *M. tomentosa*, *Parmelia ernstiae*, *P. serrana*, *Pertusaria flavida*, *Piccolia ochrophora*, *Placynthiella hyporhoda*, *P. uliginosa*, *Polycauliona candelaria*, *Ramalina sinensis*, *Schismatomma pericleum*, *Sphinctrina turbinata*, *Stenocybe pullatula*, *Strangospora pinicola*, *Thelocarpon laureri*, *Tuckermannopsis chlorophylla* и *Usnea dasopoga*. Большинство из вышеперечисленных видов являются редкими для лишенобиоты Беларуси [5]. Разнообразие речных водотоков Припяти, Днепра, Случи, Птичи, Пины и других рек Полесья обусловили разнообразие макро- и микроклиматических условий, что позволило лишенобиоте существовать продолжительное время. В плакорных дубравах встречается 156 видов (81,7 % от общего числа видов). Только в плакорных дубравах отмечено 52 вида (27,2 % от общего числа видов). Наибольшее число видов отмечено в дубравах кисличных – 137 видов (71,7 %), в папоротниковых дубравах – 92 вида (48,1 %), в дубравах снытевых – 85 (42 %), наименьшее количество видов отмечено в дубравах орляковых – 77 видов (40 %).

Лишайники и близкородственные грибы найдены на шести различных субстратах: на коре деревьев, древесине, лишайниках, смоле, плодовом теле трутовика и почве. Лишайники и близкородственные грибы найдены на 15 видах деревьев и кустарников.

Наибольшее количество видов отмечено на коре лиственных и хвойных деревьев – 155 видов (81,5 % от общего числа видов). На коре дуба черешчатого (*Quercus robur*) собрано наибольшее количество видов – 108 (70 % от общего числа эпифитных видов); граба обыкновенного (*Carpinus betulus*) – 41 (26,4 %); осины (*Populus tremula*) – 39 (25,1 %); клена платановидного (*Acer platanoides*) – 37 (23,8 %); рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*) – 27 видов (17,4 %); ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior*) – 23 вида (14,8%); сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) – 19 (12,2 %); березы бородавчатой (*Betula pendula*) – 17 видов (10,8 %); ольхи черной (*Alnus glutinosa*) – 15 видов (9,6 %); лещины (*Coryllus avellana*) – 13 видов (8,4 %); ивы белой (*Salix alba*) – 11 видов (7 %); вяза шершавого (*Ulmus scabra*) – 10 видов (6,4 %); ивы ломкой (*Salix fragilis*) – 8 видов (5,1 %); груши (*Pyrus communis*) – 7 видов (4,5 %); крушины ломкой (*Frangula alnus*) – 4 вида (2,5 %).

На древесине отмечено 25 видов (13 % от общего числа видов), наибольшее количество видов отмечено на дубе черешчатом (*Quercus robur*) – 23 вида (*Chaenotheca brunneola*, *C. ferruginea*, *C. gracillima*, *Chaenothecopsis pusilla*, *Cladonia arbuscula*, *C. chlorophaea*, *C. gracilis*, *C. macilenta*, *Coenogonium pineti*, *Hypogymnia physodes*, *Imshaugia aleurites*, *Lecanora varia*, *Leptogium rivulare*, *Micarea prasina*, *M. pusilla*, *M. soralifera*, *M. tomentosa*, *Parmeliopsis ambigua*, *Peltigera extenuata*, *P. membranacea*, *Placynthiella icmalea*, *P. uliginosa*, *Thelocarpon laureri* и *Trapeliopsis flexuosa*). На древесине березы бородавчатой (*Betula pendula*) найдены два вида (*Chaenotheca ferruginea* и *Lecanora varia*), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) – *Mycocalicium subtile*.

На талломах и апотециях лишайников обнаружено шесть лишенофильных грибов (3,1 % от общего числа видов): *Abrothallus parmotremae* (на талломе лишайника *Parmotrema stupeum*), *Chaenothecopsis epithallina* (на талломе *Chaenotheca trichialis*), *Clypeococcum hypocenomyces* (на талломе *Hypocenomyce scalaris*), *Sphinctrina turbinata* (на талломе *Pertusaria* sp.), *Stigmidium microspilum* (на талломе *Grahis scripta*) и *Xanthoriicola physciae* (на апотециях *Xanthoria parietina*).

На смоле сосны обыкновенной найдено два вида нелихенизированных грибов – *Sarea difformis* и *S. resiniae*. На плодовом теле трутового гриба *Trichaptum biformis* найден нелихенизированный гриб – *Phaeocalicium polyporaеum*. На песчаной почве отмечен лишайник *Placynthiella hyporhoda*.

В ходе полевых работ в плакорных и пойменных дубравах найдено шесть видов лишайников, занесенных в Красную книгу Беларуси [6]. Вид *Calicium adspersum* выявлен в 15 локалитетах: семь – в национальном парке «Припятский» (Житковичский р-н), пять – в заказнике «Средняя Припять» (Лунинецкий р-н), два – в заказнике «Выдрица» (Светлогорский р-н) и один – в Петриковском р-не.

Лишайник *Cetrelia olivetorum* обнаружен в 12 локалитетах: пять местопроизрастаний – в заказнике «Выдрица» (Светлогорский р-н) и семь в национальном парке «Припятский» (Житковичский р-н). Лишайник *Chaenotheca chlorella* найден в трех локалитетах: два – в Петриковском р-не и один – в Светлогорском р-не (заказник «Выдрица»). Вид *Hypotrachyna revoluta* обнаружен в двух местах в Петриковском р-не. Лишайник *Lobaria pulmonaria* найден в двух локалитетах в заказнике «Выдрица» и в одном в Национальном парке «Припятский». Вид *Parmotrema stupeum* обнаружен в 13 локалитетах: семь в Национальном парке «Припятский», пять – в заказнике «Выдрица», один – в Петриковском р-не [7, 8]. Охраняемые виды лишайников найдены в 47 новых локалитетах и впервые приводятся для заказников «Выдрица» и «Средняя Припять», а охраняемые виды – *Calicium adspersum*, *Chaenotheca chlorella*, *Hypotrachyna revoluta* и *Parmotrema stupeum* впервые приводятся для Петриковского р-на Гомельской обл. [7].

Дубравы подзоны широколиственно-сосновых лесов Беларуси характеризуются высоким разнообразием индикаторных видов лишайников и нелихенизированных сапротрофных грибов, характерных для старовозрастных лесов Центральной Европы [4]. В дубравах отмечено 27 индикаторных видов (14,1 % от общего числа лишайников и близкородственных грибов): *Arthonia arthonioides*, *A. vinosa*, *Bacidia polychroa*, *Bactrospora dryina*, *Biatora ocelliformis*, *Calicium adpersum*, *C. trabinellum*, *C. viride*, *Cetrelia olivetorum*, *Chaenotheca brachypoda*, *C. brunneola*, *C. chlorella*, + *Chaenothecopsis rubescens*, *Chrysothrix candelaris*, *Fellhanera gyrophorica*, *Hypotrachyna revoluta*, *Inoderma byssaceum*, *Lobaria pulmonaria*, *Loxospora elatina*, *Micarea melaena*, + *Microcalicium disseminatum*, *Opegrapha vermicellifera*, *Pertusaria flavida*, *Pyrenula nitidella*, *Schismatomma periceleum*, *Sclerophora pallida* и *Thelotrema lepadium*. Большинство из перечисленных выше индикаторных видов отмечены на коре дуба черешчатого – 19 видов, граба обыкновенного – 4, осины – 3, ясеня обыкновенного – 2, клена платановидного – 2; ивы – 1; рябины обыкновенной – 1; крушины ломкой – 1; сосны обыкновенной – 1. На древесине дуба черешчатого отмечен лишайник *Chaenotheca brunneola*.

Заключение. Видовое разнообразие лишайников дубрав подзоны широколиственно-сосновых лесов включает 191 вид: 178 видов лишайников, шесть лишайнофильных и семь нелихенизированных грибов. Впервые для дубрав подзоны приводятся 25 новых видов лишайников и близкородственных грибов.

Приводится видовой состав лишайников и близкородственных грибов дубовых лесов в двух округах и шести геоботанических районах подзоны широколиственно-сосновых лесов. Установлено видовое различие в пойменных и плакорных дубравах, а также в типах леса дубовой формации. В плакорных дубравах встречается 156 видов (81,7 % от общего числа видов), а в пойменных дубравах отмечен 151 вид (79 %). Во всех обследованных типах леса дубовой формации отмечен 61 вид (32 %). Наибольшее число видов отмечено в дубравах кисличных – 137 видов (71,7 %) и дубравах злаково-пойменных – 108 видов (56,5 %). Установлена субстратная приуроченность лишайников и близкородственных грибов, виды найдены на шести различных субстратах: на коре деревьев, древесине, лишайниках, смоле, плодовом теле трутовика и почве. Выявлены новые локалитеты охраняемых видов лишайников. Приводятся индикаторные виды дубрав, характерные для старовозрастных лесов Центральной Европы.

Высокое биологическое разнообразие редких и индикаторных видов, а также высокая концентрация находок охраняемых видов свидетельствует о том, что дубравы подзоны широколиственно-сосновых лесов являются рефугиумом биологического разнообразия лишайников и требуют особой охраны.

Список использованных источников

1. Флора Беларуси. Лишайники: в 4 т. / А. П. Яцына [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2019. – Т. 1. – 341 с.
2. Santesson's Checklist of Fennoscandian Lichen-Forming and Lichenicolous Fungi / M. Westberg [et al.]. – Uppsala University: Museum of Evolution, 2021. – 933 p.
3. Orange, A. Microchemical methods for the identification of lichens / A. Orange, P. W. James, F. J. White. – London, 2001. – 101 p.
4. Motiejūnaitė, J. Lichens – indicators of old-growth forests in biocentres of Lithuania and NE Poland / J. Motiejūnaitė, K. Czyżewska, S. Cieśliński // Botanica Lithuanica. – 2004. – Vol. 10 (1). – P. 59–74.
5. Яцына, А. П. Коллекция лишайников и близкородственных грибов Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK-L) / А. П. Яцына. – Минск: Беларуская навука, 2022. – 427 с.
6. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол.: И. М. Качановский (предс.), М. Е. Никифоров, В. И. Парфенов [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 448 с.
7. Яцына, А. П. Лишайники и близкородственные грибы дубрав Петриковского района Гомельской области (Республика Беларусь) / А. П. Яцына // Разнообразие раст. мира. – 2021. – № 2 (9). – С. 40–47.
8. Яцына, А. П. Разнообразие лишайников дубрав заказника «Выдрица», Гомельская область (Республика Беларусь) / А. П. Яцына // Разнообразие раст. мира. – 2021. – № 3 (10). – С. 46–53.

Поступила 16.05.2023

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

NATURE MANAGEMENT, ECOLOGICALLY SAFE
AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

ПРЫРОДАКАРЫСТААННЕ, ЭКОЛАГАБЯСПЕЧНЫЯ
І РЭСУРСАЗБЕРАГАЛЬНЫЯ ТЭХНАЛОГІІ

ISSN 1810-9810
УДК 628.29 + 626.16

А. Н. Колобаев

*Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь, e-mail: aleftin@list.ru*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ НОРМИРОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД, СБРАСЫВАЕМЫХ В ПРИРОДНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Аннотация. Рассматриваются особенности информационного обеспечения нормирования сброса сточных вод в поверхностные водные объекты. Определен перечень исходных данных, в наибольшей степени влияющих на значения нормируемых показателей качества сточных вод (допустимых концентраций). К ним относятся данные о фоновых концентрациях загрязняющих веществ в природных водных объектах и данные об экономических затратах на очистные сооружения в зависимости от достигаемой степени очистки сточных вод. Внесены предложения об уточнении этих исходных данных и совершенствовании расчетов по определению допустимых концентраций загрязняющих веществ на выпусках сточных вод.

Ключевые слова: информация, сточные воды, водные объекты, концентрации загрязняющих веществ, нормирование сброса сточных вод

A. N. Kolobaev

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, e-mail: aleftin@list.ru

INFORMATIONAL ASPECTS OF RATIONING WASTEWATER DISCHARGED INTO NATURAL WATER OBJECTS

Abstract. The paper presents some suggestions for improving the establishment of quality standards for wastewater discharge. The question is considered in the informational aspects of this problem. Recommendations for improving the standards are given.

Keywords: information, wastewater, water bodies, concentrations of pollutants, wastewater discharge rationing

A. M. Калабаеў

Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь, e-mail: aleftin@list.ru

ІНФАРМАЦЫЙНЫЯ АСПЕКТЫ НАРМІРАВАННЯ СЦЁКАВЫХ ВОД, ЯКІЯ СКІДВАЮЦА ў ПРЫРОДНЫЯ ВОДНЫЯ АБ'ЕКТЫ

Анатацыя. Разглядаюцца асаблівасці інфармацыйнага забеспячэння нарміравання скіду сцёкавых вод у паверхневыя водныя аб'екты. Вызначаны пералік зыходных дадзеных, якія ў найбольшай ступені ўплываюць на значэнне нарміруемых паказчыкаў якасці сцёкавых вод (дапушчальных канцэнтрацый). Да іх адносяцца дадзеныя аб фоновых канцэнтрацыях забруджвальных рэчываў у прыродных водных аб'ектах і дадзеныя аб эканамічных затратах на ачышчальныя збудаванні ў залежнасці ад дасягаемай ступені ачысткі сцёкавых вод. Унесены прапановы аб удакладненні гэтых зыходных дадзеных і ўдасканаленні разлікаў па вызначэнні дапушчальных канцэнтрацый забруджвальных рэчываў на выпусках сцёкавых вод.

Ключавыя словы: інфармацыя, сцёкавыя воды, водныя аб'екты, канцэнтрацыі забруджвальных рэчываў, нарміраванне скіду сцёкавых вод

Введение. Обоснованное нормирование сброса сточных вод может быть только при наличии полной и достоверной исходной информации. Доступность исходных сведений и достоверность их определения являются основополагающими факторами любого нормирования. В данной работе эти вопросы рассматриваются применительно к задаче установления допустимых концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых в природные водные объекты.

Материалы и методика исследования. Установление норм, регламентирующих сброс сточных вод в природные водные объекты, – одна из важнейших задач водоохранной деятельности. От ее решения зависит не только экологическое состояние приемников сточных вод, но и эффективность производственной деятельности предприятий, осуществляющих водопользование, так как стоимость очистных сооружений, налоги и штрафы (возмещение вреда) за сброс сточных вод не должны быть причиной свертывания производства предприятий-водопользователей.

В процедуре нормирования сброса сточных вод в поверхностные водные объекты можно выделить два основополагающих методологических подхода: 1) технологический, предусматривающий использование результатов внедрения современных технологий по очистке сточных вод и безотходному производству для установления максимально допустимых значений показателей качества сточных вод на выходе очистных сооружений; 2) экологический, включающий анализ влияния антропогенной нагрузки на экологическое состояние природных водных объектов и определение уровня допустимого воздействия по отдельным показателям качества воды (в основном по гидрохимическим).

До недавнего времени в Республике Беларусь преимущественно применялся второй подход, характерный для нормирования сброса сточных вод в период СССР. Однако в последние годы, следуя стратегии постепенной гармонизации нашего законодательства с законодательством Европейского союза [1], для шести показателей качества коммунально-бытовых сточных вод и некоторых показателей (от двух до 10) производственных сточных вод значения допустимых концентраций (ДК) определяются из принципа постоянного улучшения качества природных вод и постепенного, но безусловно внедрения наилучших существующих экономически достижимых очистных технологий. Значения ДК приведены в действующих нормативах [2, 3]. По остальным показателям необходимо производить расчеты, базирующиеся на экологическом методологическом подходе с использованием ассимилирующей (разбавляющей) способности природного водного объекта, являющегося приемником сточных вод.

Если фоновая концентрация загрязняющего вещества в реке-приемнике меньше предельно допустимой концентрации (ПДК), то устанавливается допустимая нагрузка, т. е. определяется, какое количество загрязнений может принять река, пока концентрация этого загрязняющего вещества не достигнет уровня ПДК. ДК загрязняющих веществ на выпусках сточных вод определяются специальным расчетом, исходя из условия, чтобы ниже сброса сточных вод в контрольном створе водопользования концентрация каждого из рассматриваемых загрязняющих веществ ($K_{н.с.}$) не превысила ПДК:

$$K_{н.с.} \leq \text{ПДК} \text{ или } K_{н.с.} = \frac{QK_{\phi} + q\text{ДК}}{Q + q}.$$

После несложных преобразований расчетная формула для определения ДК принимает вид:

$$\text{ДК} = \frac{Q}{q}(\text{ПДК} - K_{\phi}) + \text{ПДК}, \quad (1)$$

где ПДК – предельно допустимая концентрация в природном водном объекте, являющемся приемником сточных вод, в мг/дм³; K_{ϕ} – фоновая концентрация в водном объекте выше створа сброса сточных вод, в мг/дм³; Q – расход воды в реке в створе сброса сточных вод, в м³/с; q – расход сбрасываемых сточных вод.

Формула (1) выведена для условия полного смешения сточных вод с речными, что возможно лишь при значительном удалении (на десятки и сотни километров) расчетного контрольного створа водопользования от створа выпуска сточных вод. На практике это состояние принимается равным 0,5 или 1 км, поэтому в уравнение (1) дополнительно вводится безразмерный коэффициент ($K_{см} = 0 \dots 1$), учитывающий степень смешения сточных вод с речными, который определяется в зависимости от расстояния между створом выпуска сточных вод и контрольным створом водопользования, расхода воды в реке и расхода сточных вод, скорости, глубины и других гидравлических характеристик водотока. С учетом этого коэффициента уравнение (1) приобретает следующий вид:

$$\text{ДК} = K_{см} \frac{Q}{q}(\text{ПДК} - K_{\phi}) + \text{ПДК} \quad (2)$$

или

$$\text{ДК} = (n - 1)(\text{ПДК} - K_{\phi}) + \text{ПДК}, \quad (3)$$

где n – кратность разбавления; $n = (q + K_{см}Q) / q = 1 + K_{см}Q / q$.

Уравнение (3) включено в состав действующих нормативов, однако в данной работе используется более простая и понятная формула (2). Используемые в формуле (2) значения ПДК загрязняющих веществ в водном объекте конкретного целевого назначения (питьевого, рыбохозяйственного, иного) полностью доступны: приведены не только в утвержденных правительственными органами нормативных документах [3, 4], но и в различных методических и учебных пособиях учебных заведений высшего образования (БНТУ, БГТУ и др.). Погрешность значений ПДК можно считать близкой к нулю, так как они обосновываются высококвалифицированными специалистами соответствующих областей науки и техники, после чего утверждаются государственными органами управления использованием и охраной вод. Таким образом, при расчете ДК для всех предприятий, сбрасываемых сточные воды в один и тот же природный водный объект, величина ПДК является постоянной. Вследствие этого элементарный анализ уравнения (2) показывает, что фоновая концентрация ($K_{\text{ф}}$) является основополагающей, в наибольшей степени влияющей на результат расчета, так как действующими нормативами расчет выполняется только тогда, когда отношение расхода воды в реке к расходу сточных вод находится в пределах от 10 до 400. Например, при увеличении разности ($\text{ПДК} - K_{\text{ф}}$) в два раза значение ДК возрастает в 20 и более раз. Учитывая значимость влияния фоновой концентрации на величину ДК, казалось бы, что принимаемые в расчет исходные данные о фоновых концентрациях должны определяться с особой тщательностью. На самом деле все наоборот: именно данные о фоновых концентрациях, как правило, и труднодоступны, и недостоверны. Кроме того, рекомендуемая действующими нормативами методика расчета конкретных значений фоновых концентраций недостаточно аргументирована. За фоновую принимается не концентрация загрязняющего вещества, формирующаяся в результате естественных факторов загрязнения водного объекта, а так называемая сложившаяся концентрация с учетом факторов антропогенного воздействия за последние три года, т. е. концентрация, сформировавшаяся под воздействием сбросов сточных вод всех расположенных выше по течению предприятий, которая становится исходной информацией для определения ДК в сточных водах расположенных ниже предприятий-водопользователей. Таким образом, этот водопользователь всегда оказывается в проигрыше: для него расчетные значения ДК без достаточных обоснований занижаются, т. е. становятся более жесткими, что в конечном итоге приводит к повышенным экономическим затратам водопользователя. Рекомендуемыми расчетами игнорируется также учет возможных сбросов сточных вод от других водопользователей (кроме рассматриваемого) на участке от створа измерения фактических показателей качества речной воды до расчетного створа, а также поступление загрязняющих веществ от рассредоточенных источников загрязнения на этом участке.

Учитывая все вышеперечисленные обстоятельства, а также сравнительно высокую погрешность определения показателей качества природных вод (относительная ошибка измерения содержания нефтепродуктов составляет 25 % в диапазоне значений 0,5–50 мг/дм³ и 50 % – в диапазоне 0,05–0,5 мг/дм³ [5]), объективная оценка достоверности данных о фоновых концентрациях загрязняющих веществ в природных водных объектах практически невозможна. Погрешность этих данных может достигать 100 %. Именно поэтому для коммунально-бытовых сточных вод значения ДК, определенные по методологиям «от экологии» и «от технологии», могут отличаться в 10–20 раз [6]. Следовательно, ставится под сомнение целесообразность проведения большинства расчетов по определению ДК загрязняющих веществ в сбрасываемых сточных водах, исходя из требования, чтобы ниже сброса сточных вод концентрации загрязняющих веществ в речной воде не превышали ПДК. Обоснованность этих расчетов не вызывала сомнений во второй четверти прошлого века [7], когда выпусков сточных вод было намного меньше и вынос загрязняющих веществ от рассредоточенных источников являлся не таким существенным, как в настоящее время.

Величина $K_{\text{см}}$ исходной информацией не является. Для расчета $K_{\text{см}}$ (по приведенным в [2, 3] формулам) требуются кроме принимаемых согласно действующим нормативам следующие исходные данные: минимальный месячный расход воды в маловодный год 95%-ной обеспеченности (Q), расход сточных вод (q), скорость воды и глубина водотока (v и h).

Данные о расходах воды в реке, т. е. данные о речном стоке в створе выпуска сточных вод, базируются на результатах стационарных наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС) [8]. В отличие от других государств постсоветского пространства в Республике Беларусь количество пунктов наблюдений за речным стоком не уменьшилось. Плотность сети наблюдений за речным стоком вполне достаточна и соответствует рекомендациям Всемирной метеорологической организации. Погрешность расчетных гидрологических характеристик (среднемесячный сток, сток расчетной обеспеченности, расчетные минимальные расходы воды в створах рек) не превышает 10–15 %. В рамках НСМОС в настоящее время функционирует около 140 стационарных постов гидрологических наблюдений на реках, каналах, озерах и водохранилищах, а также 170 створов

гидрохимических наблюдений и 140 створов гидробиологических наблюдений. Пробы воды отбираются от 4 до 12 раз в году в зависимости от категории водного объекта. Кроме стационарных наблюдений гидрохимическими лабораториями отделов аналитического контроля областных и городских комитетов природных ресурсов и охраны окружающей среды контролируется не только качество сточных вод, но и качество природных вод выше и ниже створов сброса. Как исходные, так и обобщенные сведения представляются соответствующим органам управления в установленные сроки (в том числе и из Автоматизированной информационной системы государственного водного кадастра [9]), но для предприятий-водопользователей в большинстве случаев труднодоступно при необходимости получение обобщенных данных по участкам речных бассейнов, ограниченных расчетными створами. Это связано с тем, что Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь принято недостаточно обоснованное решение об отмене привязки водозаборов и выпусков сточных вод к створам рек, что практически означает невозможность обобщения данных о водопользовании по участкам речных бассейнов в автоматизированном режиме. Сведения о прогнозируемом, планируемом или фактическом расходе сточных вод (q) всегда известны водопользователю и могут считаться заданными. Погрешность их определения также не превышает 15 %.

В межлетний период маловодного года (обеспеченностью 95 %) значения скоростей воды (v) и глубин воды (h) большинства рек Беларуси находятся в следующих диапазонах: $v = 0,05-0,5$ м/с, $h = 0,5-2,0$ м. Их влияние на расчетную величину коэффициента смешения ($K_{см}$) незначительно, так как при расчете $K_{см}$ используется корень кубический от произведения v и h . Параметры v и h заимствуются из гидрологических ежегодников и в необходимых случаях устанавливаются по результатам измерений, проведенных исполнителями работ по обоснованию ДК.

При нормировании сброса сточных вод с использованием принципа «от технологии» водопользователь, кроме действующих нормативов [2, 3], в дополнительном информационном обеспечении не нуждается. Однако имеются сложности при отнесении предприятий к соответствующему виду производственной деятельности, так как, во-первых, не по всем видам деятельности приведены значения ДК для нормируемых загрязняющих веществ и, во-вторых, многие формулировки производственной деятельности не вызывают вопросов лишь у авторов разработанных нормативов. В то же время обоснованность утвержденных значений ДК для производственных сточных вод вызывает сомнение по следующим причинам: 1) использование ограниченных и (или) недостоверных исходных данных об основополагающих характеристиках действующих (разработанных) технологий очистки сточных вод, экономических затратах в зависимости от показателей качества сточных вод на выходе очистных сооружений и производительности этих сооружений (вследствие конфиденциальности этих данных или сознательного их искажения в рекламных целях); 2) отсутствие в нормативных документах [3] четкой систематизации и удобного для пользователей представления нормированных значений ДК.

Заключение. Существующее в Республике Беларусь информационное обеспечение нормирования сброса сточных вод в природные водные объекты не в полной мере отвечает требованиям обоснованного установления ДК загрязняющих веществ на выпусках сточных вод вследствие значительной погрешности основополагающих исходных данных: фоновых концентраций загрязняющих веществ в природных водах и зависимостей экономических затрат на строительство и эксплуатацию очистных сооружений от показателей качества сточных вод на выходе этих сооружений.

Для определения более корректных сведений о фоновых концентрациях требуются многолетние наблюдения на незатронутых хозяйственной деятельностью участках рассматриваемого речного бассейна или выделение из данных мониторинга составляющей, характеризующей влияние сосредоточенных и рассредоточенных источников загрязнения. Для получения надежных зависимостей экономических затрат от показателей качества сточных вод на выходе очистных сооружений кроме проведения специальных исследований крайне необходимо решение вопросов о доступе исследователей (в основном пока закрытом) к первичной информации о реальной стоимости проектируемых и действующих очистных сооружений, а также о качестве сточных вод на выходе из этих сооружений в зависимости от технологий очистки.

В сложившихся условиях представляется целесообразным следующее: ограничить определение ДК загрязняющих веществ в сбрасываемых сточных водах исходя из принципа «от экологии» и реализовывать этот принцип только при разработке (с последующим утверждением в установленном порядке) планов управления речными бассейнами; в составе планов устанавливать минимальные значения ДК в сточных водах предприятий, сгруппированных по основным видам деятельности, производственной мощности очистных сооружений (например, до 10 тыс., от 10 до 100 тыс. и свыше 100 тыс. м³ в сутки) и местоположению створов сброса в пределах речного бассейна (например, в верхней, средней и нижней частях бассейна); максимальные значения ДК, дифференцируемые по отраслям промышленности и численности обслуживаемого канализацией населения, устанавли-

ливать исходя из принципа «от технологии» с учетом технических и экономических возможностей отдельных предприятий и государства в целом; максимальные значения ДК должны иметь статус временных (ВДК) и постепенно снижаться [10] с целью достижения минимальных значений ДК, установленных планами управления речными бассейнами.

По мере разработки и внедрения более эффективных и относительно дешевых технологий очистки сточных вод минимальные и максимальные значения ДК загрязняющих веществ в сточных водах предприятий постепенно будут сближаться и в конечном итоге может отпасть необходимость в детальных расчетах по каждому выпуску сточных вод.

Список использованных источников

1. Рамочная директива по водным ресурсам: [принята на совместном заседании Европейского парламента и Совета Европейского союза 23 октября 2000 г.; вступила в силу 22 декабря 2000 г.] // OJL. – 22.12.2000. – № 327. – С. 1–73.
2. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Правила расчета нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод: Экологические нормы и правила. ЭкоНП 17.06.02-002-2021. – Минск, 2021. – 139 с.
3. О порядке установления допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод: постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 26 мая 2017 г., № 16 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by/ru/news-ru/view/vnimanie-priinjaty-postanovlenija-minprirody-po-voprosam-vodopolzovanija-3908/>. – Дата доступа: 12.05.2022.
4. Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов: постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 30 марта 2015 г. № 113 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21529808&p1=1>. – Дата доступа: 16.05.2022.
5. Вода (сточная, поверхностная, подземная): реестр ТНПА и МВИ в области охраны окружающей среды (по состоянию на 01.06.2022) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://analitcentre.by/ru/actualizaciya-ru/>. – Дата доступа: 17.05.2022.
6. Михневич, Э. И. Анализ действующей системы нормирования сбросов сточных вод с городских очистных сооружений в водные объекты и методические подходы к ее совершенствованию / Э. И. Михневич, Е. А. Василевская // Мелиорация. – 2019. – № 3 (89). – С. 76–84.
7. Черкинский, С. И. Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы / С. И. Черкинский. – М.: Стройиздат, 1977. – 224 с.
8. О проведении мониторинга поверхностных и подземных вод в пунктах наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь [Электронный ресурс]: приказ М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 19 июня 2019 г., № 180 // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <chrome-extension://-efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://monitoring.basnet.by/wp-content/uploads/-Postanovlenie-949-NSMOS-v-redakcii-2020>. – Дата доступа: 18.05.2022.
9. Государственный водный кадастр [Электронный ресурс]: Информационные ресурсы на сайте РУП «ЦНИИ-КИВР». – Режим доступа: <http://www.cricuwr.by/gvkinfo/>. – Дата доступа: 18.05.2022.
10. Колобаев, А. Н. Совершенствование нормативов, регламентирующих отведение сточных вод в поверхностные водные объекты / А. Н. Колобаев // Природные ресурсы. – 2013. – № 1. – С. 51–56.

Поступила 21.06.2022

ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

SOIL AND LAND RESOURCES

ГЛЕБАВА-ЗЯМЕЛЬНЫЯ РЭСУРСЫ

ISSN1810-9810 (Print)
УДК [631.42+631.459](476)

Н. Н. Цыбулько¹, И. И. Жукова²

¹Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь, e-mail: nik.nik1966@tut.by

²Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка, Минск, Беларусь, e-mail: inn0707@bspu.by

ЭРОЗИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕЛЬЕФА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ

Аннотация. Проведен анализ морфометрии (длина и крутизна) склонов пахотных и луговых земель по административным районам и областям Беларуси. Показано, что на сельскохозяйственных землях преобладают склоны крутизной 1–3°, занимающие 39,5 % с колебаниями по областям от 31,8 до 48,2 %. Склоны с крутизной > 10° составляют по республике 2,4 % от общей площади земель. Наиболее подвержены эрозионным процессам обрабатываемые земли, расположенные на склонах крутизной 5° и выше. Высокий удельный вес пахотных земель на таких склонах в Поставском, Браславском, Мозырском и Городокском районах. Около 55 % пахотных и 82 % луговых земель расположено на склонах длиной более 500 м. Площади пахотных и луговых земель на коротких склонах (< 100 м) занимают соответственно 13,2 и 5,5 %. Как правило, короткие склоны отличаются большей крутизной.

Ключевые слова: водная эрозия почв, рельеф, склон, крутизна и длина склона, пахотные и луговые земли

М. М. Tsybulka¹, I. I. Zhukova²

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: nik.nik1966@tut.by

²Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank, Minsk, Belarus, e-mail: inn0707@bspu.by

EROSION POTENTIAL OF THE RELIEF OF AGRICULTURAL LANDS IN BELARUS

Abstract. The analysis of morphometry (length and steepness) of slopes of arable and meadow lands by administrative districts and regions of Belarus was carried out. It is shown that slopes with a steepness of 1–3° prevail on agricultural lands, occupying 39.5 % with fluctuations in the regions from 31.8 to 48.2 %. Slopes with a steepness of > 10° make up 2.4 % of the total land area in the republic. The most susceptible to erosion processes are cultivated lands located on slopes with a steepness of 5° and above. There is a high proportion of arable land on such slopes in the Postavsky, Braslavsky, Mozyr and Gorodok districts. About 55 % of arable lands and 82 % of meadow lands are located on slopes longer than 500 m. The areas of arable and meadow lands on short slopes (< 100 m) occupy 13.2 and 5.5 %, respectively. As a rule, short slopes are more steep.

Keywords: : water erosion of soils, relief, slope, slope steepness, slope length, arable land, meadow land

М. М. Цыбулька¹, І. І. Жукава²

¹Міжнародны дзяржаўны экалагічны інстытут імя А. Д. Сахарова Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта, Мінск, Беларусь, e-mail: nik.nik1966@tut.by

²Беларускі дзяржаўны педагагічны ўніверсітэт імя Максіма Танка, Мінск, Беларусь, e-mail: inn0707@bspu.by

ЭРАЗІЙНЫ ПАТЭНЦЫЯЛ РЭЛЬЕФУ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧЫХ ЗЯМЕЛЬ БЕЛАРУСІ

Анотацыя. Праведзены аналіз марфаметрыі (даўжыня і крутасць) схілаў ворных і лугавых зямель па адміністрацыйных раёнах і абласцях Беларусі. Паказана, што на сельскагаспадарчых землях пераважаюць схілы крутасцю 1–3°, якія займаюць 39,5 % з ваганнямі па абласцях ад 31,8 да 48,2 %. Схілы з крутасцю > 10° складаюць па рэспубліцы 2,4 % ад агульнай плошчы зямель. Найбольш схільныя да эразійных працэсаў апрацаваныя землі, размешчаныя на схілах крутасцю 5° і вышэй. Высокая ўдзельная вага ворных зямель на такіх схілах у Пастаўскім, Браслаўскім, Мазырскім і Гарадоцкім раёнах. Каля 55 % ворных і 82 % лугавых зямель размешчана на схілах даўжынёй больш за 500 м. Плошчы ворных і лугавых зямель на кароткіх схілах (< 100 м) займаюць адпаведна 13,2 і 5,5 %. Як правіла, кароткія схілы адрозніваюцца большай крутасцю.

Ключавыя словы: водная эрозія глеб, рэльеф, схіл, крутасць і даўжыня схілу, ворныя і лугавыя землі

Введение. Водная эрозия почв – одна из серьезнейших экологических и экономических проблем, которые реально определяют национальную безопасность многих стран мира. По данным Глобальной оценки деградации земель, проведенной под эгидой Программы ООН по окружающей среде (UNEP), в мире имеется 1 093,7 млн га почв, подверженных водной и ветровой эрозии [1]. Проблема эрозии почв актуальна и для Беларуси. Водная эрозия вызывается талыми и ливневыми водами и проявляется на склонах в виде смыва верхней части почвенного покрова (плоскостная эрозия) или размыва в глубину (линейная эрозия). Водной эрозии почв подвержено 473,3 тыс. га сельскохозяйственных земель. Эродированные почвы относятся преимущественно к пахотным землям и занимают площадь 361,7 тыс. га. Из общей площади почв, подверженных водной эрозии, 268,3 тыс. га (56 %) – слабоэродированные, 120,0 тыс. га (25 %) – среднеэродированные, 20,2 тыс. га (4 %) – сильноэродированные и 64,7 тыс. га (14 %) – намытые почвы [2, 3].

Площади эродированных почв в составе сельскохозяйственных земель республики значительно различаются по регионам страны. Наибольшие площади их в Минской (130,6 тыс. га), Витебской (121,1 тыс. га), Могилевской (113,0 тыс. га) и Гродненской (107,1 тыс. га) областях. В Брестской области общая площадь эродированных земель составляет 50,9 тыс. га, в Гомельской области – 33,7 тыс. га. Доля эродированных почв от общей площади пахотных земель по областям распределяется следующим образом: Гродненская – 13,4 %, Могилевская – 11,2 %, Витебская – 10,7 %, Минская – 9,9 %, Брестская – 6,0 %, Гомельская – 4,0 %.

Основная часть. Степень эрозионной опасности земель зависит от функций многих природных и антропогенных факторов, важнейшим из которых является рельеф. Его роль состоит в преобразовании потенциальной энергии поверхностных вод в кинетическую энергию склоновых потоков. Совокупность свойств рельефа, определяющих его влияние на состояние компонентов склоновых ландшафтов, в широком смысле представляет собой эрозионный потенциал рельефа (ЭПР). При более узком гидромеханическом походе ЭПР – совокупность влияния морфометрических параметров склонов на процессы эрозии. ЭПР – наиболее переменный фактор эрозии, и в целом величина его определяется гипсометрическим уровнем и общей расчлененностью территории. В общем виде функция рельефа в эмпирических моделях смыва выглядит как степенная зависимость:

$$W = f(L^p \cdot S^n),$$

где W – средний для склона модуль смыва; S – уклон; L – длина склона; n и p – показатели степени при уклоне и длине соответственно.

Важнейшими характеристиками рельефа, влияющими на интенсивность эрозии почв, являются глубина местных базисов эрозии, величины средних уклонов, длина, крутизна, форма и экспозиция склонов. Сочетание этих параметров рельефа определяет его эрозионный потенциал. Необходимое условие для формирования стока – уклон поверхности, поэтому крутизна склона – одна из характеристик, определяющих потенциальную эрозионную опасность рельефа. Тесная взаимосвязь крутизны склона с эродирующей способностью водного потока обусловлена влиянием уклона на скорость движения воды по склону и энергию потока.

Существуют различные классификации склонов [4, 5]. В табл. 1 представлена классификация по крутизне, предложенная М. Н. Заславским [4].

Т а б л и ц а 1. Классификация склонов по крутизне

Название склона по крутизне	Крутизна		Уклон
	градусы	%	
Слабополгие	< 1	< 1,8	< 0,018
	1–3	1,8–5,2	0,018–0,052
Полгие	4–5	7,0–8,8	0,070–0,088
Слабопокатые	6–7	10,5–12,3	0,105–0,123
Покатые	8–10	14,0–17,6	0,140–0,176
Сильнопокатые	11–15	19,4–26,8	0,194–0,268
Крутые	16–20	28,7–36,4	0,287–0,364
Очень крутые	20–40	36,4–83,9	0,364–0,839
Обрывистые	> 40	> 83,9	> 0,839

Для оценки эрозионной опасности сельскохозяйственных земель в зависимости от распределения их по крутизне склонов рекомендуется по карте уклонов определять показатель средневзвешенной крутизны склонов той или иной территории (хозяйства, района, области) по формуле:

$$I_{\text{ср.вз}} = (i_1 S_1 + i_2 S_2 + i_3 S_3) / 100,$$

где $I_{\text{ср. вэ}}$ – средневзвешенное значение крутизны склонов, в градусах; i_1, i_2, i_3 – уклоны выделяемых контуров, в градусах; S_1, S_2, S_3 – площади выделяемых контуров, % от общей площади.

Большое влияние на интенсивность эрозии оказывает длина склона – расстояние от водораздела до бровки элемента гидрографической сети по линии наибольшего уклона. С увеличением длины склона возрастают масса стекающей воды и энергия потока. Склоны по длине имеют 8 градаций (табл. 2), их длина существенно зависит от степени расчлененности территории [4].

Т а б л и ц а 2. Классификация склонов по длине

Название склона по длине	Длина склона, м
Чрезвычайно короткие	< 50
Очень короткие	50–100
Короткие	100–200
Средней длины	200–500
Повышенной длины	500–1 000
Длинные	1 000–2 000
Очень длинные	2 000–4 000
Чрезвычайно длинные	> 4 000

Проявление водной эрозии с нарастанием длины линии стока резко усиливается при большом слое осадков, высокой интенсивности их выпадения и низкой водопроницаемости почвы, когда на склоны осадков выпадает значительно больше, чем почва способна поглотить. Если осадки выпадают малым слоем и (или) небольшой интенсивности, поверхностный сток и смыв почвы может не увеличиваться с нарастанием длины склона.

Интенсивность водной эрозии почв зависит от экспозиции склона, хотя влияние ее проявляется опосредованно – из-за различий микроклимата, почв и растительности на склонах разных экспозиций. Особенно сильно влияет экспозиция на проявление эрозии от стока талых вод. При эрозии почвы в период весеннего снеготаяния закономерность влияния экспозиции склона связана прежде всего с неравномерностью распределения снега на разных частях склонов различной экспозиции. В условиях пересеченного рельефа снег аккумулируется на подветренном склоне, особенно в нижней его части, и сдувается с наветренного. Вследствие этого при снеготаянии в первую очередь освобождаются от снега нижние части склонов южных экспозиций. Здесь почва оттаивает раньше и становится доступной для смыва потоками воды, поступающей сверху. На склонах северных экспозиций в нижней их части концентрируются большие объемы снега, чем в верхней части. Потоки воды, поступающие в нижнюю часть склона, не оказывают столь разрушающего действия, как на склонах южной экспозиции, так как вода идет под снегом по промерзлой почве. Следовательно, почвенный покров склонов южной и западной экспозиций более эродирован, чем северной и восточной. При дождевой эрозии влияние экспозиции склона проявляется через разную увлажненность почв склонов различных экспозиций [6].

В условиях Беларуси количество смытых почв на склонах южных и западных экспозиций на 30 % больше, чем на северных и восточных. На склонах с крутизной 4–5° средне- и сильносмытые почвы на юго-западных экспозициях составляют 75 % от смытых почв, а на северных и восточных – не более 30 % [7, 8].

Характер проявления процессов эрозии зависит от продольных профилей склоновых земель. Разнообразие встречающихся профилей склонов можно свести к следующим основным формам – прямолинейные, выпуклые, вогнутые и ступенчатые. Сочетание этих форм представляет сложные профили – прямолинейно-выпуклые, выпукло-вогнутые и т. д.

При прямолинейном профиле и неизменной крутизне склона на всем протяжении наибольшая опасность смыва почвы возникает в нижней части склона, где формируется самый большой объем стекающей воды и максимальная скорость потока. При выпуклом профиле склона крутизна увеличивается с удалением от водораздела, поэтому наиболее сильно эрозии подвергается также нижняя часть склона. На таких склонах наблюдается более интенсивный смыв почвы по сравнению с прямолинейными склонами, что связано с увеличением скорости и разрушительной силы водного потока. При вогнутом профиле крутизна уменьшается с удалением от водораздела, поэтому наибольший смыв наблюдается в верхней самой крутой части склона, а в нижней части, как правило, происходит аккумуляция смытых с верхней части продуктов эрозии. Вогнутые склоны при прочих равных условиях подвергаются эрозии в меньшей степени, чем выпуклые. Показатели эрозионного потенциала рельефа нашли отражение в многочисленных эмпирических формулах смыва почвы и сложных физически обоснованных динамических моделях эрозионного процесса [9–15].

Водная эрозия почв наиболее активно развивается на пахотных землях. Установлено, что земли на склонах с крутизной до 1° представлены незэродированными и очень слабоэродированными полнпрофильными почвами. Пахотный горизонт этих почв не нарушен. На склонах крутизной 1–3° в основном располагаются слабоэродированные почвы с величиной потенциального смыва 2,1–5,0 т/га. Пахотный горизонт (A_n) частично разрушен, к нему припахивается нижележащий подзолистый горизонт (A₂). К среднеэродированным почвам относятся земли, расположенные на склонах с крутизной 3–5°. Годовой смыв мелкозема составляет здесь 5,1–10,0 т/га, что приводит к полному разрушению пахотного горизонта, распадке подзолистого и верхней части иллювиального горизонта (B). Земли на крутых склонах (5–7°) сильно деградированы, пахотный горизонт образован из иллювиального горизонта. Среднегодовой смыв достигает 20,0 т/га мелкозема. Очень сильноэродированные почвы располагаются на склонах с крутизной более 7° и характеризуются потенциальным смывом более 20,0 т/га в год. Пахотный горизонт их образуется из иллювиального горизонта и подстилающей породы, что ведет к формированию крайне неблагоприятных агрономических свойств почвы.

Результаты анализа морфометрии склонов сельскохозяйственных земель Беларуси показали, что 39,5 % пашни расположены на склонах с крутизной 1–3° с колебаниями по областям от 31,8 (Брестская область) до 48,2 % (Могилевская область). Площадь пахотных земель на склонах с крутизной 3–5° занимает по республике 19,6 %, а на склонах 5–7° и 7–10° – 6,1 и 4,4 % соответственно. По административным областям удельный вес пашни на склонах 3–5° изменяется от 8,1 (Брестская область) до 23,8 % (Витебская область), на склонах 5–7° – от 2,0 (Брестская область) до 8,5 % (Могилевская область) и на склонах 7–10° – от 0,2 (Брестская область) до 12,4 % (Витебская область). Склоны с крутизной >10° составляют по республике 2,4 % площади пашни (рис. 1).

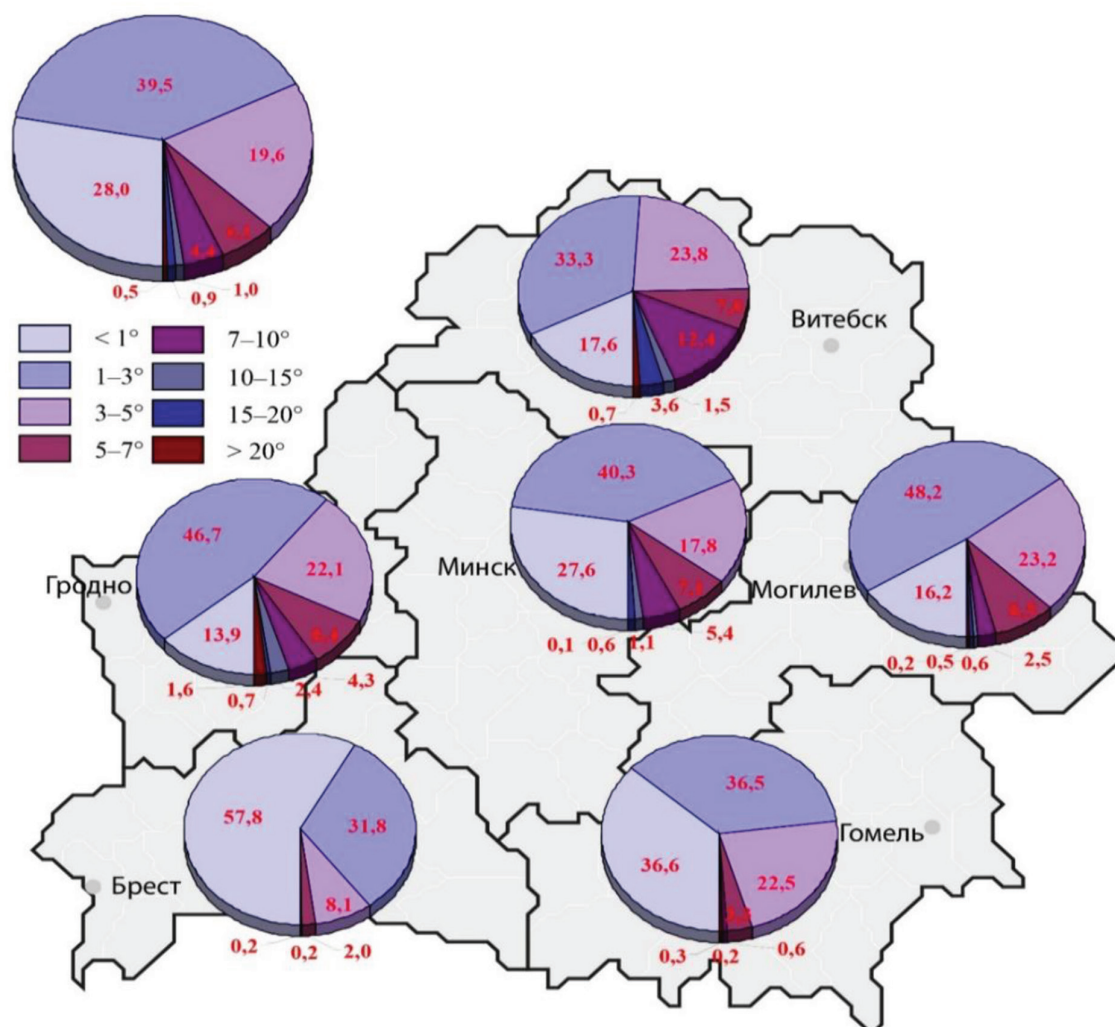


Рис. 1. Распределение склонов по крутизне на пахотных землях (в % от общей их площади)

В наибольшей степени подвержены эрозионным процессам обрабатываемые земли, расположенные на склонах с крутизной 5° и выше. Самый высокий удельный вес пахотных земель на таких склонах в Поставском (63,2 %), Браславском (52,3 %), Мозырском (49,6 %) и Городокском (44,5 %) районах, значительные площади их также в Минском (39,2 %), Мстиславском (38,7 %), Кореличском (38,5 %), Новогрудском (37,4 %), Молодечненском (37,4 %), Дятловском (35,5 %), Воложинском (34,4 %), Ушачском (30,9 %), Костюковичском (29,9 %), Чашникском (29,2 %), Логойском (27,4 %), Лепельском (27,4 %) и Мядельском (25,2 %) районах (рис. 2).

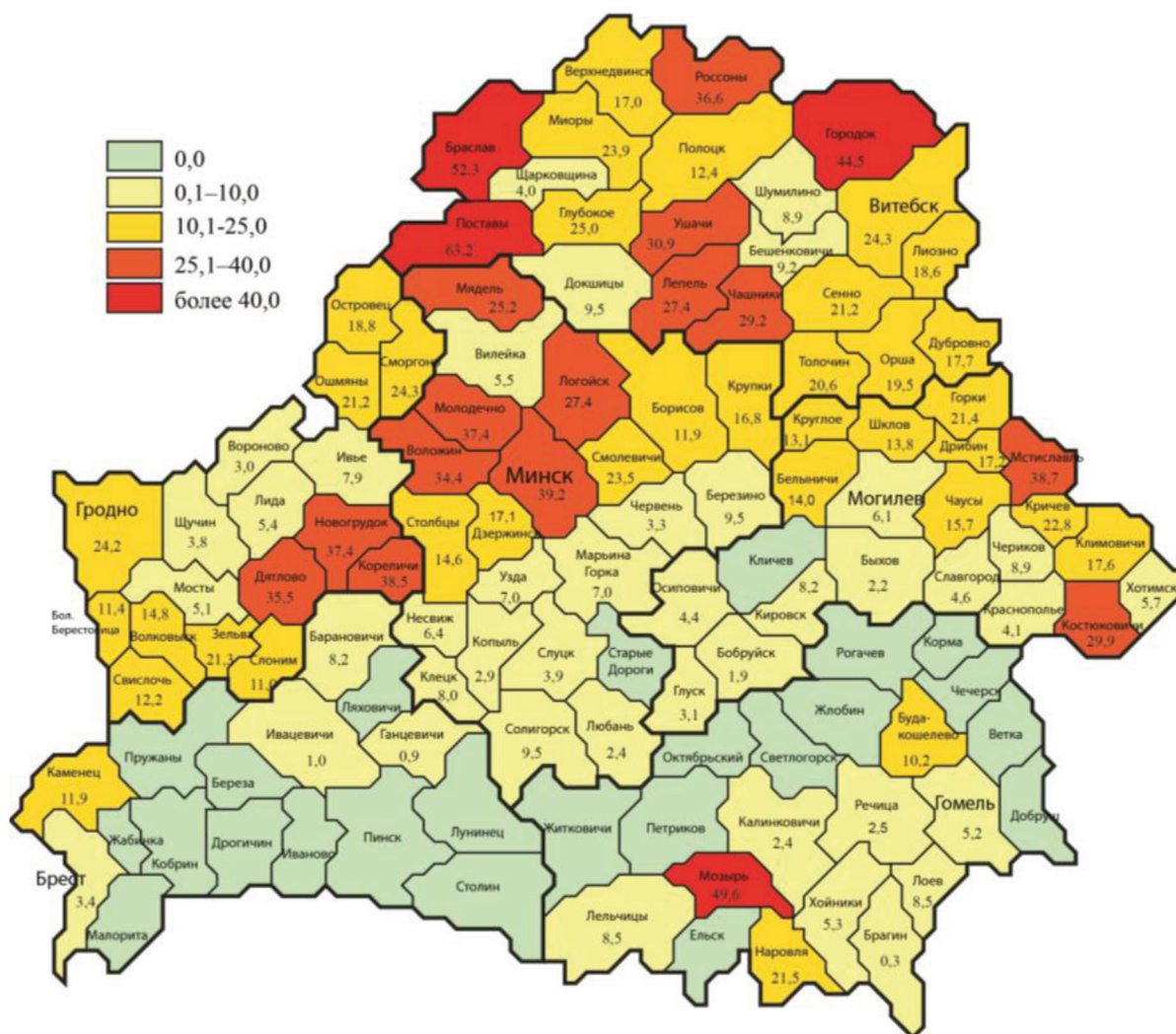


Рис. 2. Распределение площади пахотных земель (в %) с крутизной склонов выше 5° по административным районам Беларуси

Рис. 3 иллюстрирует, что 55,3 % пахотных земель республики расположены на склонах длиной более 500 м с колебаниями по областям от 27,6 % в Витебской до 79,3 % в Брестской области. Площадь земель на коротких склонах (< 100 м) составляет 13,2 %. Наибольший удельный вес пашни на склонах такой длины в Витебской (25,5 %) и Могилевской (17,2 %) областях. Как правило, короткие склоны отличаются большей крутизной. Данные морфометрии склонов луговых земель показывают, что 39,5 % их расположены на склонах с крутизной 1–3°, а по областям колеблется от 31,8 % в Брестской до 48,2 % в Могилевской области. Площадь луговых земель на склонах с крутизной 3–5° составляет 19,6 %, на склонах 5–7° и 7–10° соответственно 6,1 и 4,4 % (рис. 4).

По административным областям удельный вес луговых земель на склонах 3–5° изменяется от 8,1 % в Брестской до 23,8 % в Витебской области, на склонах 5–7° – от 2,0 % в Брестской до 8,5 % в Могилевской области и на склонах 7–10° – от 0,2 % в Брестской до 12,4 % в Витебской области. Склоны с крутизной > 10° составляют по республике 2,4 % площади пашни.

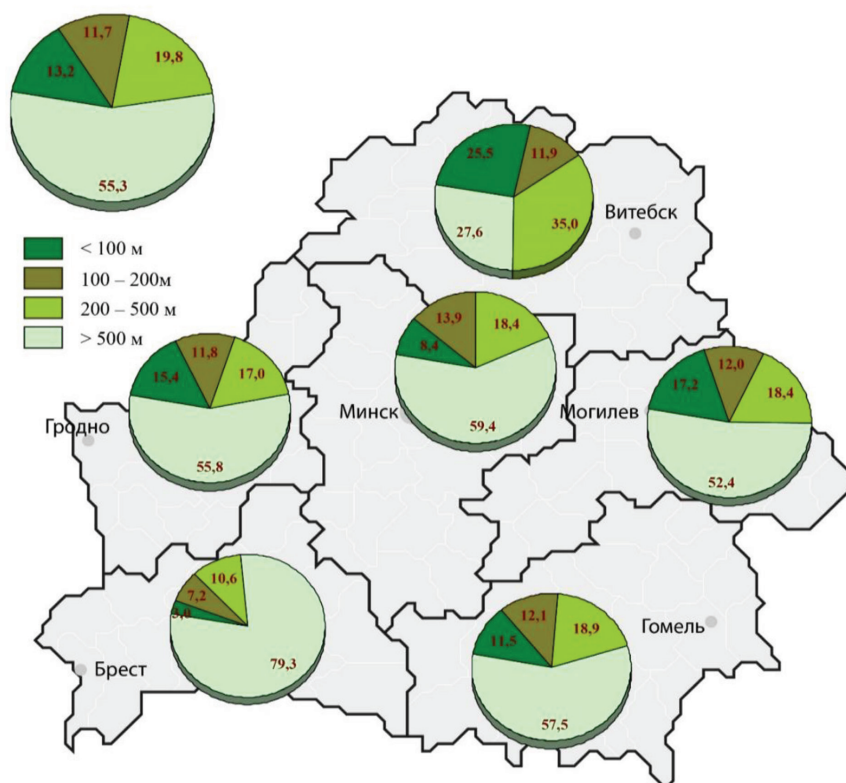


Рис. 3. Распределение склонов по длине на пахотных землях (в % от общей их площади)

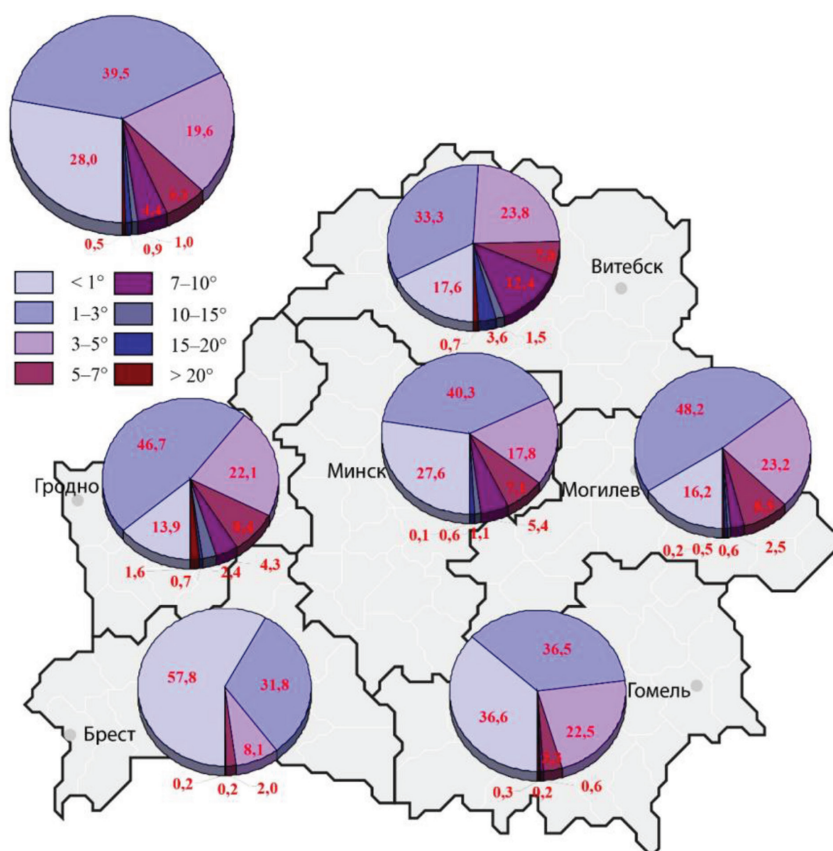


Рис. 4. Распределение склонов по крутизне на луговых землях (в % от общей их площади)

Наиболее высокий удельный вес луговых земель на склонах с крутизной 5° и выше в Россонском (36,7 %), Городокском (31,7 %) и Браславском (29,6 %) районах, значительные площади их также в Оршанском (20,2 %), Лепельском (19,4 %), Глубокском (16,4 %), Лиозненском (15,2 %) и Чашникском (15,3 %) районах. Установлено, что 82,8 % луговых земель республики расположены на склонах длиной более 500 м. Колебания по областям составляют от 41,3 % (Витебская область) до 100,0 % (Брестская и Гомельская области). Площадь земель на коротких склонах (< 100 м) занимает по 5,5 %.

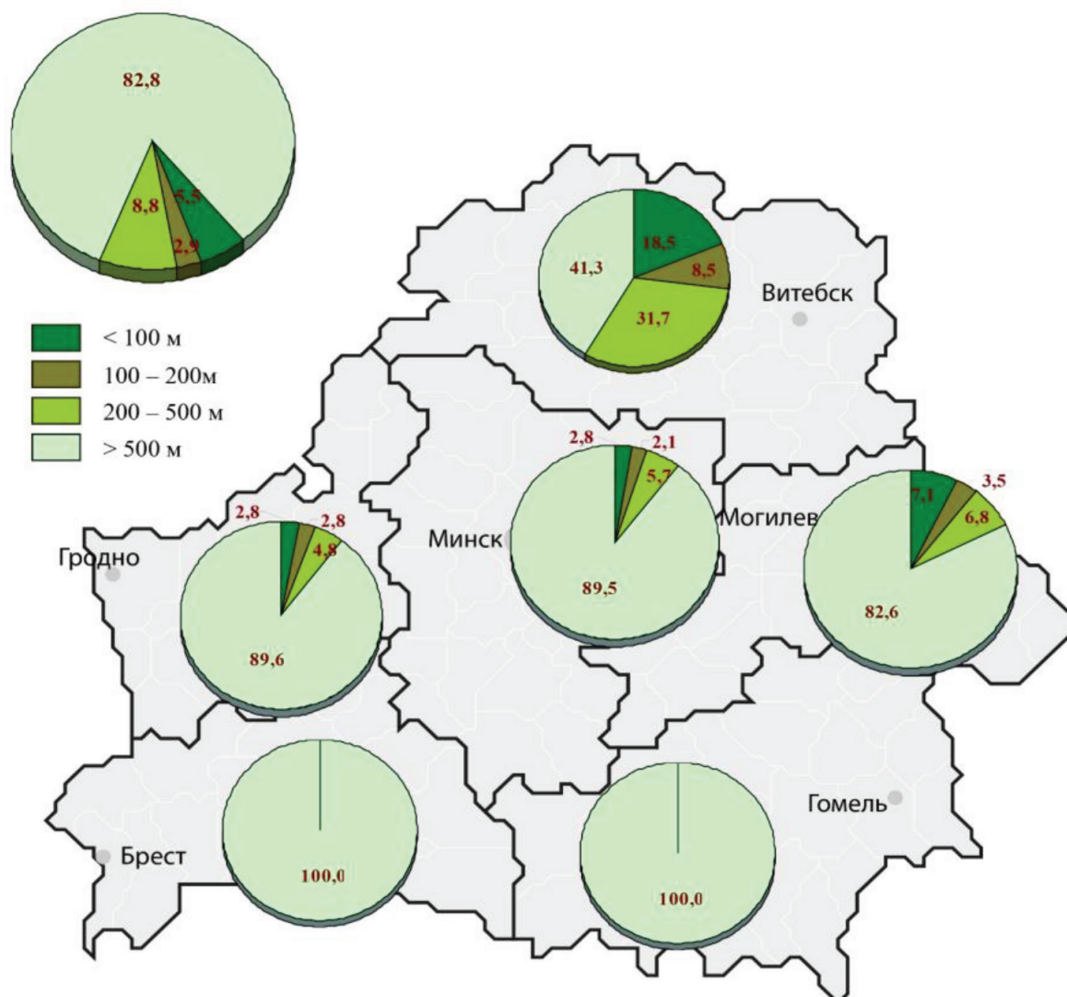


Рис. 5. Распределение склонов по длине на луговых землях (в % от их площади)

Заключение. Важнейшими показателями, влияющими на интенсивность эрозии почв, являются величины средних уклонов, длина, крутизна, форма и экспозиция склонов. Сочетание этих показателей рельефа определяет его эрозионный потенциал. На сельскохозяйственных землях республики преобладают склоны крутизной 1–3°, занимающие 39,5 % с колебаниями по областям от 31,8 % (Брестская область) до 48,2 % (Могилевская область). Площадь земель на склонах с крутизной 3–5° составляет 19,6 %, на склонах 5–7° и 7–10° соответственно 6,1 и 4,4 %, а с крутизной > 10° – 2,4 % сельскохозяйственных земель.

Наиболее подвержены эрозионным процессам обрабатываемые земли, расположенные на склонах крутизной 5° и выше. Высокий удельный вес пахотных земель на таких склонах в Поставском, Браславском, Мозырском и Городокском районах. Значительные площади их также в Минском, Мстиславском, Кореличском, Новогрудском, Молодечненском, Дятловском, Воложинском, Ушачском, Костюковичском, Чашникском, Логойском, Лепельском и Мядельском районах.

Около 55 % пахотных земель и 82 % луговых земель республики расположены на склонах длиной более 500 м. Площади пахотных и луговых земель на коротких склонах (< 100 м) занимают 13,2 и 5,5 %

соответственно. Наибольший удельный вес луговых земель на склонах такой длины в Витебской (25,5 %) и Могилевской (17,2 %) областях. Как правило, короткие склоны отличаются большей крутизной.

Список использованных источников

1. The state of food and agriculture // Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Rome, 2012. – 166 p.
2. Атлас почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; под общ. ред. В. В. Лапа, А. Ф. Черныша; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 170 с.
3. Деградация почв сельскохозяйственных земель Беларуси: виды и количественная оценка / А. Ф. Черныш [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 2 (57). – С. 7–18.
4. Заславский, М. Н. Эрозиоведение / М. Н. Заславский. – М.: Высш. шк., 1983. – 320 с.
5. Брауде, И. Д. Эрозия почв, засуха и борьба с ними в ЦЧО / И. Д. Брауде. – М., 1965. – 140 с.
6. Кузнецов, М. С. Эрозия и охрана почв / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 335 с.
7. Жилко, В. В. Эродированные почвы Белоруссии и их использование / В. В. Жилко. – Минск: Ураджай, 1976. – 168 с.
8. Исторические аспекты картографирования эродированных почв и создания почвенно-эрозионной карты Беларуси / Л. И. Шибут [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 1 (64). – С. 37–45.
9. Wischmeier, W. H. Use and misuse of the universal soil loss equation / W. H. Wischmeier // J. Soil and Water Conserv. – 1976. – № 31. – P. 5–9.
10. Revised slope length factor / D. K. McCool [et al.] // Transactions of ASAE. – 1989. – Vol. 32 (5). – P. 1571–1576.
11. RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation / K. G. Renard [et al.] // J. Soil and Water Conserv. – 1991. – Vol. 46 (1). – P. 30–33.
12. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS / H. Mitasova [et al.] // Int. J. Geograp. Inform. Sci. – 1996. – № 5. – P. 629–641.
13. Сурмач, Г. П. Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия / Г. П. Сурмач. – Волгоград, 1992. – 174 с.
14. Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании противоэрозионных мероприятий на Европейской территории СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 49 с.
15. Сухановский, Ю. П. Стохастическая модель с программным обеспечением для прогнозирования смыва почвы с пахотных земель (при весеннем снеготаянии) / Ю. П. Сухановский, А. Н. Пискунов. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2006. – 16 с.

Поступила 19.10.2022

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

SHORT MESSAGES

КАРОТКІЯ ПАВЕДАМЛЕННІ

ISSN 1810-9810 (Print)
УДК 595.729 (476)

А. М. Островский

Гомельский государственный медицинский университет,
Гомель, Беларусь, e-mail: Arti301989@mail.ruК ВОПРОСУ О РАСПРОСТРАНЕНИИ МАЛОИЗУЧЕННЫХ ВИДОВ ПРЯМОКРЫЛЫХ
OECANTHUS PELLUCENS (SCOPOLI, 1763) И *MYRMELEOTETTIX ANTENNATUS*
(FIEBER, 1853) НА ЮГО-ВОСТОКЕ БЕЛАРУСИ

Аннотация. Представлены новые данные о находках *Oecanthus pellucens* (Scopoli, 1763) и *Myrmeleotettix antennatus* (Fieber, 1853) на юго-востоке Беларуси. В настоящее время в Гомельской области насчитывается 5 местообитаний *Oe. pellucens* и 3 – *M. antennatus*.

Ключевые слова: Orthoptera, *Oecanthus pellucens*, *Myrmeleotettix antennatus*, новые находки, Беларусь

А. М. Ostrovsky

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus, e-mail: Arti301989@mail.ru

ON THE DISTRIBUTION OF INSUFFICIENTLY EXPLORED ORTHOPTEROID SPECIES
OF *OECANTHUS PELLUCENS* (SCOPOLI, 1763) AND *MYRMELEOTETTIX ANTENNATUS* (FIEBER, 1853)
IN THE SOUTHEAST OF BELARUS

Abstract. The new records of *Oecanthus pellucens* (Scopoli, 1763) and *Myrmeleotettix antennatus* (Fieber, 1853) in the southeast of Belarus are presented in this article. Currently, there are 5 habitats of *Oe. pellucens* and 3 habitats of *M. antennatus* in Gomel region.

Keywords: Orthoptera, *Oecanthus pellucens*, *Myrmeleotettix antennatus*, new records, Belarus

А. М. Астроўскі

Гомельскі дзяржаўны медыцынскі ўніверсітэт, Гомель, Беларусь, e-mail: Arti301989@mail.ru

ДА ПЫТАННЯ АБ РАСПАЎСЮДЖВАННІ МАЛАВЫВУЧАНЫХ ВІДАЎ ПРАМАКРЫЛЫХ
OECANTHUS PELLUCENS (SCOPOLI, 1763) І *MYRMELEOTETTIX ANTENNATUS* (FIEBER, 1853)
НА ПАЎДНЁВЫМ УСХОДЗЕ БЕЛАРУСІ

Анатацыя. Прадстаўлены новыя звесткі аб знаходках *Oecanthus pellucens* (Scopoli, 1763) і *Myrmeleotettix antennatus* (Fieber, 1853) на паўднёвым усходзе Беларусі. У цяперашні час у Гомельскай вобласці налічваецца 5 месцазнаходжаняў *Oe. pellucens* і 3 – *M. antennatus*.

Ключавыя словы: Orthoptera, *Oecanthus pellucens*, *Myrmeleotettix antennatus*, новыя знаходкі, Беларусь

Введение. Прямокрылые (Orthoptera Latreille, 1793) выполняют важную роль в наземных экосистемах, поэтому заслуживают особого внимания зоологов и экологов. Однако литературные сведения по фауне прямокрылых юго-восточной части Беларуси фрагментарны [1, 2].

Основная часть. Обыкновенный стеблевой сверчок, или трубачик, – *Oecanthus pellucens* (Scopoli, 1763) (рис. 1, а) – единственный представитель рода *Oecanthus* Serville, 1831 в Беларуси, впервые обнаружен в 2019 г. в Бресте и Брагинском районе Гомельской области [3], где он наблюдался и в последующие годы. В 2021 г. единичные взрослые особи *Oe. pellucens* были выкошены энтомологическим сачком с рудеральной растительности в д. Рудня Каменева на территории Днепро-Сожского заказника, а в 2022 г. – и в окрестностях Гомеля (рис. 1, б).

Oe. pellucens является южным теплолюбивым видом, ареал которого охватывает Западную, Центральную, Восточную и Южную Европу, Азию, а также Северную Африку. Распространен в степной и лесостепной зонах Европейской части России и Украины, обитает на Северном Кавказе, юге Западной Сибири, в Северо-Западном и Южном Казахстане, Закавказье и Крыму. Специализированный фитофил. Поселяется в травянистых ценозах, кустарниках, растущих вокруг зданий и заборов,

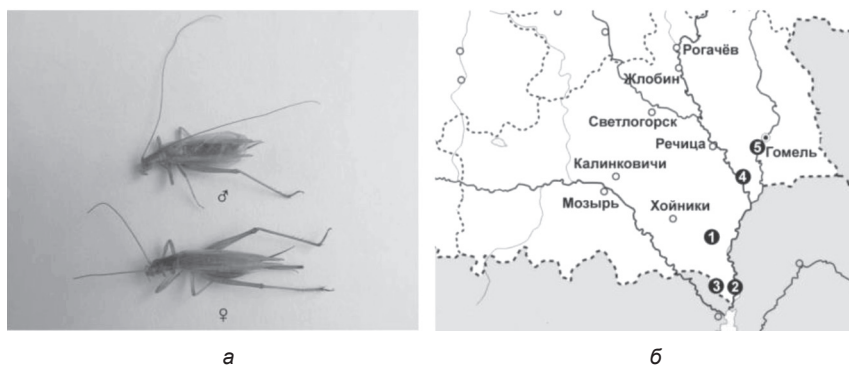


Рис. 1. *Oecanthus pellucens* (Scopoli, 1763): а – общий вид; б – места находок на юго-востоке Беларуси (1 – Брагинский район, северо-запад д. Дублин, экотон, 8♂, 6♀, 20.08.2019 г.; 2 – Брагинский район, север д. Верхние Жары, рудеральный биотоп, 3 нимфы ♂, 6 нимф ♀, 19.07.2020 г.; 3 – Брагинский район, д. Гдень, рудеральный биотоп, 1 нимфа ♂, 27.07.2020 г.; 4 – Лоевский район, заказник Днепро-Сожский (д. Рудня Каменева), 1♂, 1♀, 08.08.2021 г.; 5 – Гомельский район, север д. Осовцы, рудеральный биотоп, 3♂, 3♀, 21.08.2022 г.)

а также в лесах на участках с редким древостоем. В зависимости от температуры окружающей среды самцы могут стрекотать реже или чаще: в жаркие летние ночи они стрекочут быстрее, а прохладными осенними ночами – намного медленнее [4]. Самка откладывает яйца в молодые стебли и побеги, вызывая отмирание их вышележащей части. Зимует на стадии яйца [5].

Длинноусая, или волосатая, копьеузка – *Myrmeleotettix antennatus* (Fieber, 1853) (рис. 2, а) – на территории Беларуси впервые была обнаружена в 2019 г. в Брагинском районе Гомельской области, а спустя год – и в окрестностях Гомеля [6]. В 2021 г. единичные особи *M. antennatus* были выкошены энтомологическим сачком с низкорослой злаковой растительности на песчаных дюнах в д. Рудня Каменева на территории Днепро-Сожского заказника (рис. 2, б).

M. antennatus является европейско-среднесибирско-казахстанским видом саранчовых с оптимумом ареала в степной зоне, область распространения которого охватывает страны Западной Европы, южные районы европейской части России, Северный Кавказ, Сибирь и Казахстан [7–10]. Локально встречается в Украине, Сербии, Венгрии, Южной Словакии и Восточной Австрии [11–14]. Малоспециализированная малограциальная форма. Предпочитает селиться в ксерофитных биотопах с песчаными почвами (песчано-степные сообщества и участки закрепленных песков с разнотравно-злаковой растительностью) [7, 15]. Имаго летят ночью на свет [16].

Заключение. Таким образом, в настоящий момент известно 5 местообитаний *Oe. pellucens* и 3 местообитания *M. antennatus*, которые находятся в юго-восточной части Гомельской области. Выявление новых мест обитания этих видов прямокрылых, очевидно, связано с расширением их ареалов, что может быть обусловлено климатическими изменениями последних десятилетий. Можно предположить, что реальное распространение *Oe. pellucens* и *M. antennatus* на территории Беларуси

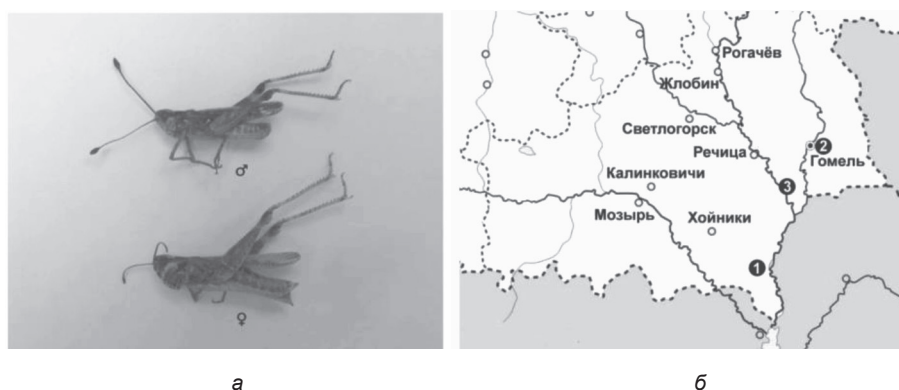


Рис. 2. *Myrmeleotettix antennatus* (Fieber, 1853): а – общий вид; б – места находок на юго-востоке Беларуси (1 – Брагинский район, северо-запад д. Асаревичи, сосняк на дюнах с прилегающими сельскохозяйственным угодьями и густой сетью мелиоративных каналов, 1♂, 1♀, 18.08.2019 г.; 2 – Гомельский район, восток д. Романовичи, пустошь на эоловых песках в долине р. Ипуть, 5♂, 1♀, 06.09.2020 г.; 3 – Лоевский район, заказник Днепро-Сожский (д. Рудня Каменева), 2♂, 1♀, 08.08.2021 г.)

может быть существенно шире, в особенности в южных регионах республики, поэтому необходимо продолжить их изучение.

Список использованных источников

1. *Островский, А. М.* Эколого-фаунистическое изучение прямокрылых (Insecta, Orthoptera) юго-восточной части Беларуси / А. М. Островский // Полевые и экспериментальные исследования биологических систем: материалы V Все-рос. (с междунар. участием) заоч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Ишим, июнь, 2014 г. / Ишим. гос. пед. ин-т им. П. П. Ершова; ред.-состав. А. В. Иванкова. – Ишим: Изд-во ИГПИ им. П. П. Ершова, 2014. – С. 68–73.
2. *Островский, А. М.* Дополнение к списку прямокрылых (Insecta, Orthoptera) юго-востока Беларуси / А. М. Островский // Актуальні питання розвитку біології та екології: Матеріали Міжнар. наук.-практич. конф. м. Вінниця, 3–7 жовтня 2016 р. / М-во освіти і науки України, Донецьк. нац. ун-т; редкол.: І. А. Дудка [та інш.]. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. – С. 157–160.
3. *Островский, А. М.* Новые находки степных видов сверчков *Oecanthus pellucens* (Scopoli, 1763) и *Modicogryllus frontalis* (Fieber, 1844) (Orthoptera, Ensifera, Gryllidae) в Беларуси / А. М. Островский // Рос. журн. биол. инвазий. – 2021. – № 2. – С. 81–84.
4. *Горохов, А. В.* Жизненные формы сверчковых (Orthoptera, Grylloidea) Средней Азии / А. В. Горохов // Энтотом. обозрение. – 1979. – Т. 58, № 3. – С. 506–521.
5. Влияние антропогенных и абиотических факторов на структуру фауны насекомых степной зоны Казахстана в современных условиях / Р. Х. Кадырбеков [и др.]. – Алматы: Ин-т зоологии КН МОН РК, 2017. – 460 с.
6. *Островский, А. М.* *Myrmeleotettix antennatus* (Fieber, 1853) – новый южно-степной вид настоящих саранчовых (Orthoptera: Caelifera: Acrididae) в фауне Беларуси / А. М. Островский // Степи Северной Евразии: материалы IX междунар. симпозиума, Оренбург, 7–11 июня 2021 г. / ИС УрО РАН, ВОО «РГО», ОГУ; под науч. ред. акад. РАН А. А. Чибилёва. – Оренбург: ОГУ, 2021. – С. 631–635. DOI: 10.24412/ci-36359-2021-631-635
7. *Сергеев, М. Г.* Закономерности распространения прямокрылых насекомых Северной Азии / М. Г. Сергеев. – Новосибирск: Наука, 1986. – 237 с.
8. *Гандалоева, Х. Н.* Особенности экологии и фауны надсемейства саранчовых (Acridoidea: Orthoptera) Ингушетии: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16, 03.00.08 / Х. Н. Гандалоева; Ин-т прикладной экологии, Дагестан. гос. ун-т. – Махачкала, 2008. – 21 с.
9. *Темирлиева, З. С.* Видовой состав и географическое распространение видов саранчовых Карачаево-Черкесии / З. С. Темирлиева // Юг России: экология, развитие. – 2015. – Т. 10, № 2. – С. 106–115.
10. *Присный, А. В.* Современное состояние фауны короткоусых прямокрылых (Orthoptera, Caelifera) юга Среднерусской равнины / А. В. Присный // Кавказ. энтотом. бюл. – 2007. – Т. 3, Вып. 1. – С. 19–29.
11. *Kaltenbach, A.* Zusammensetzung und Herkunft der Orthopterenfauna im pannonischen Raum Österreichs. Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien / A. Kaltenbach. – 1970. – Bd. 74. – P. 159–186.
12. *Різун, В.* Охоронні категорії видів фауни України. Безхребетні / В. Різун // Фауна України: охоронні категорії (довідник) / О. Годлевська [та інш.]; ред. О. Годлевська, Г. Фесенко. – Вид. 2-е, перероб. та доп. – Київ, 2010. – С. 43–61.
13. *Гончаров, М. В.* Заметки по фауне и экологии прямокрылых Каневского природного заповедника / М. В. Гончаров // Заповідна справа в Україні. – 1995. – Т. 1, № 1. – С. 63–66.
14. *Бажан, Є. А.* Характеристика біорізноманітності Баронівських ставків та прилеглих урбоєкосистем / Є. А. Бажан, А. Г. Бажан // Проблеми відтворення та охорони біорізноманіття України: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., Полтава, 21–22 квітня 2011 р. / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Полтав. нац. пед. ун-т ім. В. Г. Короленка; редкол.: М. І. Степаненко [та інш.]. – Полтава: Астроя, 2011. – С. 165–168.
15. *Савицкий, В. Ю.* Новые данные по акустической коммуникации саранчовых родов *Omocestus* Vol. и *Myrmeleotettix* Vol. (Orthoptera, Acrididae) юга европейской части России и их таксономическое значение / В. Ю. Савицкий // Тр. Рус. энтотом. общ-ва. – 2005. – Т. 76. – С. 92–117.
16. *Berg, H.-M.* Bemerkenswerte Neu- und Wiederfunde zur Heuschreckenfauna Niederösterreichs (Österreich) / H.-M. Berg, G. Bieringer // Articulata. – 1998. – Vol. 13 (2). – P. 163–172.

Поступила 14.09.2022