

ISSN 1810-9810

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

NATURAL RESOURCES

**№ 1
2025**

Научное издание
SCIENTIFIC EDITION

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

Навуковы часопіс
«ПРЫРОДНЫЯ РЭСУРСЫ»

Выдаецца з 1996 года
Выходзіць 2 разы ў год
Красавік 2025 г.

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

Галоўны рэдактар
Алег Юр'евіч Баранаў

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

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

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

Камп'ютарная вёрстка М. Э. Юрэня
Падпісана да друку 10.04.2025 г.
Фармат 60×84 ¹/₈. Папера афсетная. Друк лічбавы.
Ум. друк. л. 10,23. Ул.-выд. л. 11,3.
Тыраж 60 экз. Заказ 65.
Кошт: індывідуальная падпіска – 23,43 руб.,
ведамасная падпіска – 23,89 руб.

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

Scientific Journal
“NATURAL RESOURCES”

Published since 1996
Issued twice a year
April 2024

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

Editor-in-Chief
Oleg Yurievich Baranov

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

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

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

Computer imposition M. E. Yurenia
Signed for publication April 10, 2025.
Format 60×84 ¹/₈. Offset paper. Seal digital.
Related press sheet 10,23. Publisher's signatures 11,3.
Circulation 60 copies. Order 65.
Price: individual subscription – 23,43 BYN,
departmental subscription – 23,89 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

Мельник В. И., Лысенко С. А., Бровка Ю. А., Хитриков М. А., Буяков И. В. Новое агроклиматическое районирование и оценка агроклиматических ресурсов территории Беларуси за 2000–2022 гг.	5
Юрко В. В., Юхневич В. Л., Белаш В. Е., Марченко Ю. Д., Евсеев Е. Б. Влияние температуры на продолжительность фенологических сезонов и подсезонов на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника	22

ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

Ересько М. А., Клебанович Н. В. Интегральная оценка устойчивости почвенного покрова территории мезоуровня к воздействию антропогенных факторов.	31
Цыбулько Н. Н., Жукова И. И., Журавков В. В., Алексейчик Е. В. Загрязнение сельскохозяйственных земель ¹³⁷ Cs на территории Беларуси: динамика, современное состояние, территориальное распределение	42

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Вечёрко Р. В., Дмитренко М. Г., Пакуль П. А., Таранович М. В., Карлионова Н. В. Распространение и численность некоторых видов птиц на сельскохозяйственных землях на территории Беларуси.	49
Рупасова Ж. А., Яковлев А. П., Коломиец Э. И., Алещенкова З. М., Картыжова Л. Е., Белый П. Н., Зимич С. П., Вашкевич М. Н., Лешков А. А., Добрянская К. А., Вечер Н. Н. Влияние удобрений на сезонную динамику питательных элементов в корнеобитаемой зоне генеративных растений клюквы крупноплодной на выработанном торфянике верхового типа	57
Яковчик Ф. Г., Пошелюк А. Д., Буга С. В. Поврежденность ив (<i>Salix</i> L.) галлоформирующими и минирующими фитофагами в национальных парках Белорусского Поозерья	63

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЭКОЛОГБЕЗОПАСНЫЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ахмадиева Ю. И., Дубенок С. А. Оценка применимости технологических показателей наилучших доступных технологий на очистных сооружениях смешанных (городских) сточных вод в условиях Беларуси	69
--	----

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ – УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

Шевцова Н. С., Максимов М. М. Типизация рек Беларуси по специализации туристско-рекреационного использования их природного потенциала.	79
---	----

CONTENTS

CLIMATIC RESOURCES

- Melnik V. I., Lysenko S. A., Brovka Yu. A., Khitrykau M. A., Buyakov I. V. New agroclimatic zoning and assessment of agroclimatic resources of the territory of Belarus for 2000–2022. 5
- Yurko V. V., Yukhnovich V. L., Belash V. E., Marchenko Yu. D., Evseev E. B. Influence of temperature on the duration of phenological seasons and subseasons in the territory of the Polesie state radiation-ecological reserve 22

SOIL AND LAND RESOURCES

- Yeresko M. A., Klebanovich N. V. Integral assessment of soil cover stability of the meso-level territory to the impact of anthropogenic factors 31
- Tsybulka M. M., Zhukova I. I., Zhuravkov V. V., Alexeichik E. V. ¹³⁷Cs contamination of agricultural lands in Belarus: dynamics, current state, territorial distribution 42

BIOLOGICAL RESOURCES

- Viacorka R. V., Dmitrenok M. G., Pakul P. A., Tarantovich M. V., Karlionova N. V. The distribution and abundance of some birds in Belarusian farmlands. 49
- Rupasova J. A., Yakovlev A. P., Kolomiets E. I., Aleschenkova Z. M., Kartyzhova L. E., Bely P. N., Zimich S. P., Vashkevich M. N., Leshkov A. A., Dobryanskaya K. A., Vecher N. N. Effect of fertilizers on the seasonal dynamics of nutrient elements in the root zone of generative cranberry plants in conditions of depleted high-moor peat-lands. 57
- Yakouchyk F. G., Poshelyk A. D., Buga S. V. Damage of willows (*Salix* L.) by gall-forming and leaf-mining phytophages in national parks of the Belarusian Lakeland. 63

NATURE MANAGEMENT, ECOLOGICALLY SAFE AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

- Akhmadziyeva Y. I., Dubianok S. A. Assessment of the applicability of technological indicators of the best available technologies at mixed (municipal) wastewater treatment plants under conditions of Belarus. 69

NATURE MANAGEMENT – ADMINISTRATION AND ECONOMY

- Shevtsova N. S., Maskimau M. M. Typification of the rivers of Belarus by specialization of tourist and recreational use of their natural potential 79

ЗМЕСТ

КЛІМАТЫЧНЫЯ РЭСУРСЫ

- Мельнік У. І., Лысенка С. А., Броўка Ю. А., Хітрыкаў М. А., Буякоў І. В. Новае агракліматычнае раяніраванне і ацэнка агракліматычных рэсурсаў тэрыторыі Беларусі за 2000–2022 гг. 5
- Юрко В. В., Юхневіч В. Л., Белаш В. Я., Марчанка Ю. Д., Яўсееў Я. Б. Уплыў тэмпературы на працягласць фенолагічных сезонаў і падсезонаў на тэрыторыі Палескага дзяржаўна-га радыяцыйна-экалагічнага запаведніка 22

ГЛЕБАВА-ЗЯМЕЛЬНЫЯ РЭСУРСЫ

- Ерэска М. А., Клебановіч М. В. Інтэгральная ацэнка стабільнасці глебавага покрыва тэрыторыі мезаўзроўню да ўздзеяння антрапагенных фактараў. 31
- Цыбулька М. М., Жукава І. І., Жураўкоў У. У., Аляксейчык А. В. Забруджванне сельскагаспадарчых зямель ¹³⁷Cs на тэрыторыі Беларусі: дынаміка, сучасны стан, тэрытарыяльнае размеркаванне 42

БІЯЛАГІЧНЫЯ РЭСУРСЫ

- Вячорка Р. В., Дзмітранок М. Р., Пакуль П. А., Тарантовіч М. В., Карліонава Н. В. Распаўсюджванне і колькасць некаторых відаў птушак на сельскагаспадарчых землях на тэрыторыі Беларусі. 49
- Рупасава Ж. А., Якаўлеў А. П., Каламіец Э. І., Алешчанкава З. М., Картыжова Л. Я., Белы П. М., Зіміч С. П., Вашкевіч М. М., Ляшкоў А. А., Дабранская К. А., Вечар М. М. Уплыў угнаенняў на сезонную дынаміку пажыўных элементаў у каранёвай зоне генератыўных раслін журавін буйнаплодных на выпрацаваным тарфянішчы верхавога тыпу 57
- Якоўчык Ф. Г., Пашалюк Г. Д., Буга С. У. Пашкоджанасць верб (*Salix* L.) галаўтвараючымі і мініруючымі фітафагамі ў нацыянальных парках Беларускага Паазер'я 63

ПРЫРОДАКАРЫСТАННЕ, ЭКАЛАГАБЯСПЕЧНЫЯ І РЭСУРСАЗБЕРАГАЛЬНЫЯ ТЭХНАЛОГІІ

- Ахматзіева Ю. І., Дубянок С. А. Ацэнка прымянімасці тэхналагічных паказчыкаў найлепшых даступных тэхналогій на ачышчальных збудаваннях змешаных (гарадскіх) сцёкавых вод ва ўмовах Беларусі 69

ПРЫРОДАКАРЫСТАННЕ – КІРАВАННЕ І ЭКАНОМІКА

- Шаўцова Н. С., Максімаў М. М. Тыпізацыя рэк Беларусі па спецыялізацыі турысцка-рэкрэацыйнага выкарыстання іх прыроднага патэнцыялу 79

КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

CLIMATIC RESOURCES

КЛИМАТЫЧНЫЯ РЭСУРСЫ

ISSN 1810-9810 (Print)

УДК 551.581. 551.582

В. И. Мельник, С. А. Лысенко, Ю. А. Бровка, М. А. Хитриков, И. В. Буяков*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,**e-mail: v.melnik 2016@mail.ru***НОВОЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ
РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ЗА 2000–2022 ГГ.**

Аннотация. Представлены основные результаты первых двух этапов научно-исследовательской работы «Новое агроклиматическое районирование и оценка агроклиматических ресурсов территории Беларуси в условиях изменения климата», выполненной в 2023–2024 гг. в рамках одноименного задания 1.10 Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг., подпрограммы «Природные ресурсы и их рациональное использование». Выполнено районирование территории по условиям теплообеспеченности (по суммам температур выше 10 °С); дана оценка увлажнения почв (повторяемость почвенных засух и значения запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы 0–20 см) за наиболее теплые десятилетия 2000–2022 гг. Проведено разделение территории Беларуси на западную и восточную части (подобласти) по годовой амплитуде (24 °С) температур воздуха самого теплого (июль) и самого холодного (январь) месяцев как мере континентальности климата. Показана динамика изменения границ агроклиматических областей за последние примерно 50 лет. Рост температуры воздуха за последние два десятилетия привел к расширению на юге Белорусского Полесья значительных площадей с суммами температур выше 2 800 °С и появлению очередной (второй по счету) Новой агроклиматической области. Представлены значения наиболее значимых климатических и агроклиматических показателей агроклиматических областей (по теплообеспеченности, условиям увлажнения и условиям перезимовки), рассчитанные за 2000–2022 гг. по данным пунктов Государственной сети гидрометеорологических наблюдений. На основании указанных показателей выполнено описание агроклиматических областей и условий произрастания сельскохозяйственных культур на территории Беларуси.

Ключевые слова: изменение климата, агроклиматические ресурсы, агроклиматические области, изменение границ агроклиматических областей

V. I. Melnik, S. A. Lysenko, Yu. A. Brovka, M. A. Khitrykau, I. V. Buyakov*Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,**e-mail: v.melnik 2016@mail.ru***NEW AGROCLIMATIC ZONING AND ASSESSMENT OF AGROCLIMATIC RESOURCES
OF THE TERRITORY OF BELARUS FOR 2000–2022**

Abstract. The primary findings of the initial two phases of the research work “New agroclimatic zoning and assessment of agroclimatic resources of the territory of Belarus in the context of climate change,” conducted in 2023–2024 within the framework of the eponymous task 1.10 of the State Program of Scientific Research “Natural Resources and the Environment” for the 2021–2025, specifically the subprogram “Natural resources and their rational use,” are hereby presented. The territory has been divided into distinct zones based on the heat supply (based on the sum of temperatures above 10 °C); an assessment of soil moisture (the recurrence of soil droughts and the value of productive moisture reserves in the arable soil layer of 0–20 cm) for the warmest decades of 2000–2022 was given. The territory of Belarus has been divided into western and eastern parts (subregions) according to the annual amplitude (24 °C) of the air temperatures of the warmest (July) and coldest (January) months, as a measure of the continentality of the climate. The dynamics of changes in the boundaries of agroclimatic regions over the past 50 years is shown. The increase in air temperature over the past two decades has led to the expansion of significant areas in the south of the Belarusian Polesie with sum temperatures above 2 800 °C and the appearance of another (2nd in a row) new agroclimatic zone. The values of the most significant climatic and agroclimatic indicators of agroclimatic regions (in terms of heat and humidity supply, wintering conditions) calculated for 2000–2022 according to the data on the points of the State Network of Hydrometeorological observations are presented. Utilizing these indicators, a description of the agroclimatic regions and the conditions of crop growth in Belarus has been made.

Keywords: climate change, agroclimatic resources, agroclimatic regions, changing the boundaries of agroclimatic regions

У. І. Мельнік, С. А. Лысенка, Ю. А. Броўка, М. А. Хітрыкаў, І. В. Буякоў

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

НОВАЕ АГРАКЛІМАТЫЧНАЕ РАЯНІРАВАННЕ І АЦЭНКА АГРАКЛІМАТЫЧНЫХ РЭСУРСАЎ ТЭРЫТОРЫІ БЕЛАРУСІ ЗА 2000–2022 ГГ.

Анацыя. Прадстаўлены асноўныя вынікі першых двух этапаў навукова-даследчай работы «Новае агракліматычнае раяніраванне і ацэнка агракліматычных рэсурсаў тэрыторыі Беларусі ва ўмовах змянення клімату», выкананага ў 2023–2024 гг. у рамках аднайменнага задання 1.10 Дзяржаўнай праграмы навуковых даследаванняў «Прыродныя рэсурсы і навакольнае асяроддзе» на 2021–2025 гг., падпраграмы «Прыродныя рэсурсы і іх рацыянальнае выкарыстанне». Выканана раяніраванне тэрыторыі па ўмовах цеплазабеспячэння (па сумах тэмператур вышэй 10 °C); дадзена ацэнка ўвільгатнення глеб (паўтаральнасць глебавых засух і значэння запасаў прадуктыўнай вільгаці ў ворным пласце глебы 0–20 см) за найбольш цёплыя дзесяцігоддзі 2000–2022 гг. Праведзены падзел тэрыторыі Беларусі на заходнюю і ўсходнюю часткі (падвобласці) па гадавой амплітудзе (24 °C) тэмператур паветра самага цёплага (ліпень) і самага халоднага (студзень) месяцаў як меры кантынентальнага клімату. Паказана дынаміка змены межаў агракліматычных абласцей за апошнія прыкладна 50 гадоў. Рост тэмпературы паветра за апошнія два дзесяцігоддзі прывёў да пашырэння на поўдні Беларускага Палесся значных плошчаў з сумамі тэмператур вышэй 2 800 °C і з'яўлення чарговай (другой па ліку) Новай агракліматычнай вобласці. Прадстаўлены значэнні найбольш значных кліматычных і агракліматычных паказчыкаў агракліматычных абласцей (па цеплазабеспячэнні, умовах увільгатнення і ўмовах перазімоўкі), разлічаныя за 2000–2022 гг. па даных пунктаў Дзяржаўнай сеткі гідраметэаралагічных назіранняў. На падставе названых паказчыкаў выканана апісанне агракліматычных абласцей і ўмоў росту сельскагаспадарчых культур на тэрыторыі Беларусі.

Ключавыя словы: змяненне клімату, агракліматычныя рэсурсы, агракліматычныя вобласці, змяненне межаў агракліматычных абласцей

Введение. Климат всегда оказывал существенное влияние на человеческую деятельность. Особенно подвержены воздействию климата такие климатозависимые отрасли экономики, как сельское, лесное и водное хозяйство. О важности проблемы изменения климата для сельского хозяйства свидетельствуют существенные трансформации агроклиматических условий республики за последние десятилетия: сокращение зимнего периода и увеличение повторяемости теплых зим; более раннее начало весенних процессов; увеличение продолжительности вегетационного периода и сумм температур; увеличение повторяемости почвенных засух, максимальных температур воздуха, волн тепла; изменение осадков за теплый и холодный периоды года, а также годовых сумм осадков [1–7].

В пространственном выражении в Республике Беларусь за период потепления произошло изменение границ агроклиматических областей. Впервые об изменении границ агроклиматических областей Беларуси в результате современных изменений климата было отмечено в работе [8]. Последнее агроклиматическое районирование было выполнено в 2016–2017 гг., которое зафиксировало распад Северной агроклиматической области (Северная область) и дальнейшее расширение Новой агроклиматической области (Новая область) в южной части Беларуси [1]. Процесс трансформации границ агроклиматических областей продолжается в настоящее время и особенно ускорился за последние два самых теплых десятилетия (2000–2020 гг.). В соответствии с рекомендациями Всемирной метеорологической организации (ВМО) Белгидрометом в 2022 г. подготовлен сборник норм основных климатических характеристик за 1991–2020 гг., которые отличались беспрецедентной скоростью потепления во всем мире, и особенно в Северном полушарии. При подготовке второго издания Национального атласа Беларуси (2024 г.), где основные климатические и агроклиматические показатели представлены за 1991–2020 гг., выяснилось, что за указанный период произошло полное смещение (замещение) границ агроклиматических областей и существенное изменение агроклиматических условий и ресурсов в их пределах.

Цель данного исследования: научное обоснование и проведение агроклиматического районирования территории Беларуси в условиях современного изменения климата, выделение новых границ агроклиматических областей, оценка агроклиматических условий произрастания основных сельскохозяйственных культур в выделенных регионах.

Материалы и методы. Исследования современных изменений климатических и агроклиматических показателей базировались на материалах Государственного климатического кадастра с использованием месячных, сезонных и годовых значений температуры воздуха, осадков, влажности воздуха и почвы данных наблюдений по 47 гидрометеорологическим станциям Государственной сети гидрометеорологических наблюдений за наиболее теплые последние десятилетия (2000–2022 гг.). Для оценки влагозапасов использовались декадные значения продуктивной влаги в почве в слое 0–20 см.

Картографирование климатических и агроклиматических показателей территории выполнено с применением программы ArcGIS. При проведении границ агроклиматических областей по суммам температур выше 10 °С учитывалось существующее физико-географическое районирование территории Беларуси, разработанное в 2001 г. в единой Европейской десятичной системе районирования [9].

Результаты и их обсуждение. Для расчета климатических и агроклиматических показателей использован период с наиболее теплыми десятилетиями (2000–2022 гг.). Обоснование применения осреднения менее 30-летнего периода в условиях современного изменения климата нашло подтверждение в Методическом пособии по методам оценки изменений климата для сельского хозяйства и землепользования [10]. В дальнейшем при условии значимого роста температуры воздуха и изменении норм климатических характеристик в соответствии с рекомендациями ВМО проведение агроклиматического районирования с оценкой агроклиматических условий произрастания сельскохозяйственных культур представляется целесообразным не реже 1 раза в 10 лет.

Анализ данных многолетних наблюдений показывает, что изменение среднегодовой температуры воздуха на 1 °С приводит к увеличению вегетационного периода и увеличению суммы температур примерно на 200 °С. Это равносильно сдвигу по территории агроклиматических областей в широтном направлении примерно на 150–200 км и влечет за собой определенные изменения в посевных площадях и размещении посевов, возможности внедрения новых видов более теплолюбивых культур [3, 8]. Динамика изменения границ агроклиматических областей на территории Беларуси на протяжении последних почти 50 лет приведена на рис. 1.

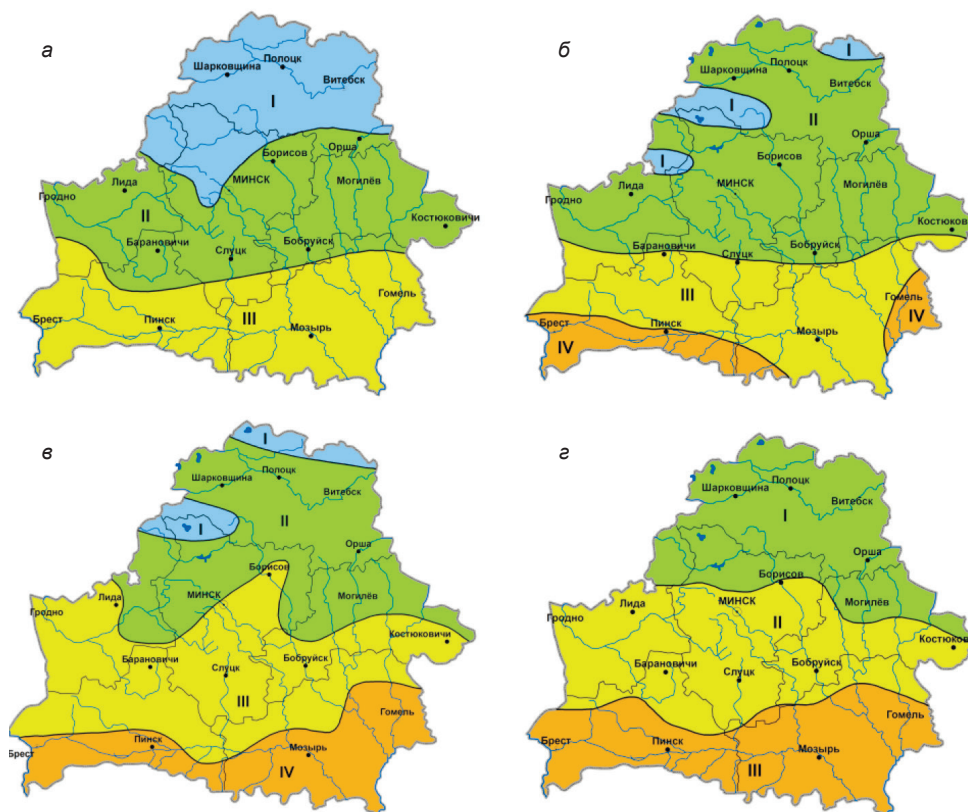


Рис. 1. Изменение границ агроклиматических областей: а – по Шкляру (1973 г.); б – 1989–1999 гг.; в – 1989–2015 гг.; г – 1991–2020 гг.

Условные обозначения: области: I – Северная, II – Центральная, III – Южная, IV – Новая; суммы температур выше 10 °С: менее 2 200, 2 200–2400, 2 400–2 600, более 2 600

Повышенный температурный режим последних двух самых теплых десятилетий 2000–2020 гг. привел к дальнейшему изменению границ агроклиматических областей и их смещению в широтном направлении с юга на север. Используя суммы температур выше 10 °С периода активной вегетации, по данным пунктов метеорологических наблюдений Государственной сети гидрометеорологических наблюдений Республики Беларусь за период 2000–2022 гг. была построена новая карта границ агроклиматических областей (рис. 2).

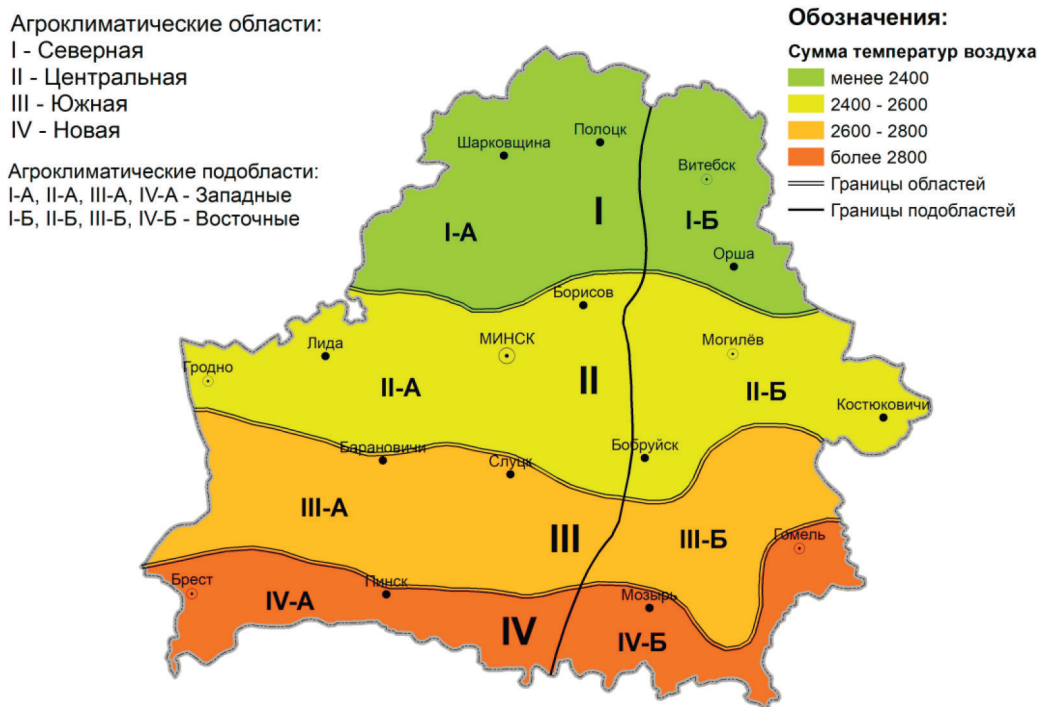


Рис. 2. Районирование территории Беларуси по суммам температур выше 10 °С. Границы агроклиматических областей (подобластей) за период 2000–2022 гг.

При выполнении данной работы учитывалось существующее физико-географическое районирование Беларуси, разработанное в 2001 г. в единой Европейской десятичной системе районирования коллективом авторов в составе Н. К. Клицуновой, Г. И. Марцинкевич, И. И. Пирожника, И. И. Счастной и О. Ф. Якушко [9].

При уточнении границ агроклиматических областей учитывался ряд ранее изложенных положений [11–13]. Несмотря на то что сумма температур воздуха выше 10 °С на метеостанции Витебск достигла 2 508 °С, а на станции Сенно – 2 476 °С, изолиния сумм температур 2 400 °С проведена на южнее этих станций с учетом влияния на суммы температур существенной городской застройки (Витебск), местоположения метеорологической площадки Сенно. Аналогично самые низкие суммы температур выше 10 °С в Северной области, наблюдавшиеся в районе ст. Лынтупы, объясняются ее расположением на Свенцянской возвышенности и соответственно более низкими температурами воздуха в весенне-летний период. Изолиния сумм температур выше 2 600 °С проведена несколько выше Слуцка (2 593 °С) по северной границе Слуцкой равнины. При сравнении границ агроклиматических областей (рис. 1, 2) видно, что, если раньше границей Новой области была изолиния сумм температур выше 2 600 °С и она проходила по самому югу Полесской провинции, то теперь указанная величина (2 600 °С) является северной границей Южной агроклиматической области (Южная область), которая занимает южную половину Западно-Белорусской провинции, южную и западную части Предполесской провинции, крайний юг Восточно-Белорусской провинции и проходит по линии севернее Волковыска, Барановичей, Слуцка, южнее Бобруйска и севернее Жлобина. На юге Полесской провинции опять образовалась Новая (2-я по счету) область с суммами температур 2 800 °С и выше. Это значит, что цикл изменения (смещения) границ агроклиматических областей продолжается и будет продолжаться в связи с прогнозируемым ростом температуры. Границами Центральной агроклиматической области (Центральная область) являются изолинии сумм температур выше 10 °С от 2 400 °С на севере до 2600 °С на юге, и сейчас они охватывают большую часть Западно-Белорусской и Восточно-Белорусской физико-географических провинций (за исключением их северных регионов), а также север Предполесской провинции.

Южная область по суммам температур выше 10 °С соответствует выделенной при агроклиматическом районировании за период 1989–2015 гг. Новой области. За последние десятилетия (2000–2022 гг.) она значительно сместилась к северу и занимает северную половину Полесской провинции, южную и западную части Предполесской провинции, небольшую территорию на юге Западно-Белорусской провинции и крайний юг Восточно-Белорусской провинции. Южная граница агроклимати-

ческой области проходит по линии севернее Бреста, Пинска, Мозыря, южнее Брагина и севернее Гомеля по левобережью р. Припять (по Полесской низменности), далее вдоль юго-восточной границы Беларуси в центральной части Приднепровской низменности.

Новая область с суммами температур более 2 800 °С занимает южную часть Полесской провинции и характеризуется самой короткой и теплой в пределах Беларуси зимой и наиболее продолжительным и теплым вегетационным периодом. Суммы температур выше 10 °С для Новой области составляют 2 800–2 900 °С, что значительно расширяет возможности возделывания новых теплолюбивых культур в данном регионе.

Проведено разделение территории Беларуси на западную и восточную части (подобласти) по годовой амплитуде (24 °С) температур воздуха самого теплого (июль) и самого холодного (январь) месяцев как мере континентальности климата. Указанная линия (граница) проходит на севере между Полоцкой низиной и Шумилинской равниной, пересекает Чашнинскую равнину, между Западно-Белорусской и Восточно-Белорусской провинцией, далее вниз по Центральноберезинской равнине вдоль р. Березина, восточной части Гомельского и Мозырьского Полесья почти в меридиальном направлении, незначительно отклоняясь к юго-западу (см. рис. 2).

Из-за смещения границ агроклиматических областей значительно изменяются условия произрастания сельскохозяйственных культур. Указанное обстоятельство вызывает необходимость учета этих изменений при планировании сельскохозяйственного производства, поэтому важно в пределах новых выделенных границ агроклиматических областей рассчитать агроклиматические и климатические показатели для оценки изменившихся условий произрастания сельскохозяйственных культур (табл. 1).

Таблица 1. Основные климатические и агроклиматические показатели агроклиматических областей

Основные характеристики			Агроклиматическая область			
			Северная I	Центральная II	Южная III	Новая IV
Средняя температура воздуха за месяц, °С	Самый холодный (январь)	Крайние значения	–4,2...–5,7	–3,3...–5,4	–2,8...–4,3	–2,4...–4,3
		Средние значения	–4,8	–4,5	–3,7	–3,5
	Самый теплый (июль)	Крайние значения	18,1–19,4	18,6–19,7	19,3–20,3	20,3–20,9
		Средние значения	18,8	19,3	19,7	20,5
Средний из абсолютных минимумов, °С		Крайние значения	–22,2...–27,0	–20,6...–26,2	–20,2...–23,8	–19,0...–22,9
		Средние значения	–24,2	–22,8	–22,4	–20,9
Средний из абсолютных максимумов, °С		Крайние значения	31,0–32,6	31,1–33,4	32,5–34,2	32,0–34,6
		Средние значения	31,9	32,8	33,5	33,7
Даты перехода средней суточной температуры воздуха в период повышения температуры	0 °С	Крайние значения	15.III...23.III	09.III...18.III	03.III...13.III	27.II...11.III
		Средние значения	18.III	14.III	09.III	05.III
	+5 °С	Крайние значения	01.IV...09.IV	25.III...05.IV	22.III...01.IV	20.III...30.III
		Средние значения	06.IV	02.IV	28.III	24.III
	+10 °С	Крайние значения	27.IV...05.V	25.IV...29.IV	19.IV...26.IV	21.IV...22.IV
		Средние значения	30.IV	27.IV	24.IV	21.IV
	+15 °С	Крайние значения	27.V...06.VI	24.V...29.V	18.V...26.V	16.V...19.V
		Средние значения	31.V	26.V	22.V	17.V

Основные характеристики			Агроклиматическая область			
			Северная I	Центральная II	Южная III	Новая IV
Продолжительность периода (дни) со среднесуточной температурой воздуха выше	0 °С	Крайние значения	246...271	253...274	265...282	266...289
		Средние значения	257	262	271	275
	+5 °С	Крайние значения	200...212	209...219	214...225	222...232
		Средние значения	207	214	220	227
	+10 °С	Крайние значения	142...154	152...161	159...168	168...171
		Средние значения	149	156	163	170
	+15 °С	Крайние значения	84...97	94...103	100...112	111...122
		Средние значения	91	99	107	116
Продолжительность беззаморозкоого периода в воздухе, дни		Крайние значения	143–162	143–172	134–172	178–183
		Средние значения	153	160	158	180
Продолжительность беззаморозкового периода на почве, дни		Крайние значения	137–169	127–160	111–167	159–171
		Средние значения	147	150	153	164
Число жарких дней ≥ 25 °С		Крайние значения	29–42	33–50	44–65	55–62
		Средние значения	36	45	54	58
Сумма температур за период выше и равной, °С	+5	Крайние значения	2 657...2 898	2 863...3 024	3 001...3 178	3 254...3 336
		Средние значения	2 781	2 945	3 092	3 285
	+10	Крайние значения	2 227...2 508	2 450...2 607	2 593...2 796	2 861...2 905
		Средние значения	2 374	2 539	2 687	2 880
Суммы отрицательных температур воздуха, °С		Крайние значения	–291...–492	–210...–418	–163...–306	–126...–306
		Средние значения	–377	–328	–248	–225
Количество осадков, мм	За год	Крайние значения	646–760	558–766	559–727	613–680
		Средние значения	688	659	637	640
	За теплый период (апрель – октябрь)	Крайние значения	440–483	391–505	378–478	427–443
		Средние значения	462	443	433	433
Бездождный период средний из абсолютных максимумов		Крайние значения	22...27	23...26	23...29	24...27
		Средние значения	24	25	26	25
Число дней со снежным покровом		Крайние значения	91–111	76–102	62–91	66–86
		Средние значения	102	91	79	76

Окончание табл. 1

Основные характеристики		Агроклиматическая область			
		Северная I	Центральная II	Южная III	Новая IV
Повторяемость лет (%) с сочетанием минимальной температуры воздуха -20°C и ниже и высоты снега 10 см и менее	Крайние значения	26–57	17–43	22–61	26–35
	Средние значения	39	33	41	31
Глубина промерзания почвы, см	Средняя	25	20	19	20
	Средняя из наибольшей	42	33	33	36
Наступление мягкопластичного состояния почвы	Крайние значения	2.IV–22.IV	27.III–14.IV	16.III–3.IV	18.III–27.III
	Средние значения	14.IV	6.IV	26.III	21.III
Запасы продуктивной влаги в слое 0–20 см, май – июнь	Крайние значения	26–53	23–50	19–40	21–35
	Средние значения	39	34	27	26
Повторяемость почвенных засух, %, май – июнь	Крайние значения	0–83	9–61	52–91	61–83
	Средние значения	30	33	75	73

Указанные показатели использованы для нового агроклиматического районирования территории Беларуси и описания агроклиматических условий произрастания сельскохозяйственных культур в пределах выделенных границ агроклиматических областей. В частности, для оценки теплообеспеченности территории, как указано выше, были использованы суммы температур выше 10°C ; годовая амплитуда (24°C) температур воздуха самого теплого (июль) и самого холодного (январь) месяцев как мера континентальности климата использовалась для выделения подобластей.

Оценка увлажнения почв (повторяемость почвенных засух и значения запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы 0–20 см) за наиболее критический период по условиям увлажнения в процессе развития большинства сельскохозяйственных культур (май – июнь) представлена на рис. 3. Повторяемость лет (%) с почвенной засухой рассчитана по данным инструментальных наблюдений за влажностью почвы на полевых участках с различными сельскохозяйственными культурами на всех имеющихся наблюдательных участках, расположенных на минеральных почвах, за май – июнь 2000–2022 гг. в слое 0–20 см. Декада считалась сухой, если в пахотном слое почвы (0–20 см) запасы продуктивной влаги хотя бы на одном из наблюдательных участков составляли 10 мм и менее. 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. Приведены количественные показатели продуктивной влаги в почве (в мм) в слое 0–20 см за май – июнь (рис. 3, б).

Следует отметить, что для оценки атмосферного увлажнения и засушливых явлений территорий, в том числе и Беларуси, использовались различные показатели, учитывающие такие параметры, как испарение, испаряемость, максимальная температура воздуха, количество осадков, влажность воздуха и др. В настоящее время эти показатели исследуются для выбора критерия районирования территории Беларуси по условиям атмосферного увлажнения.

Ниже на основании рассчитанных климатических показателей, проведенных новых границ агроклиматических областей дано описание агроклиматических областей Беларуси с оценкой условий произрастания основных сельскохозяйственных культур.

Северная агроклиматическая область. Располагается на севере республики и занимает достаточно обширную территорию. В ее состав входит физико-географическая провинция Белорусского Поозерья, крайние северные районы Восточно-Белорусской провинции, а также северные районы Западно-Белорусской провинции. Область полностью охватывает Городокскую и Витебскую возвышенности, Свенцянские и Браславские гряды, Полоцкую низменность, большую часть Нарочано-Вилейской равнины, северные части Ошмянской, Минской, Оршанской и Горецко-Мстиславской возвышенностей. С точки зрения административно-территориального деления Беларуси Северная область полностью охватывает Витебскую обл., за исключением южной части Толочинского р-на,

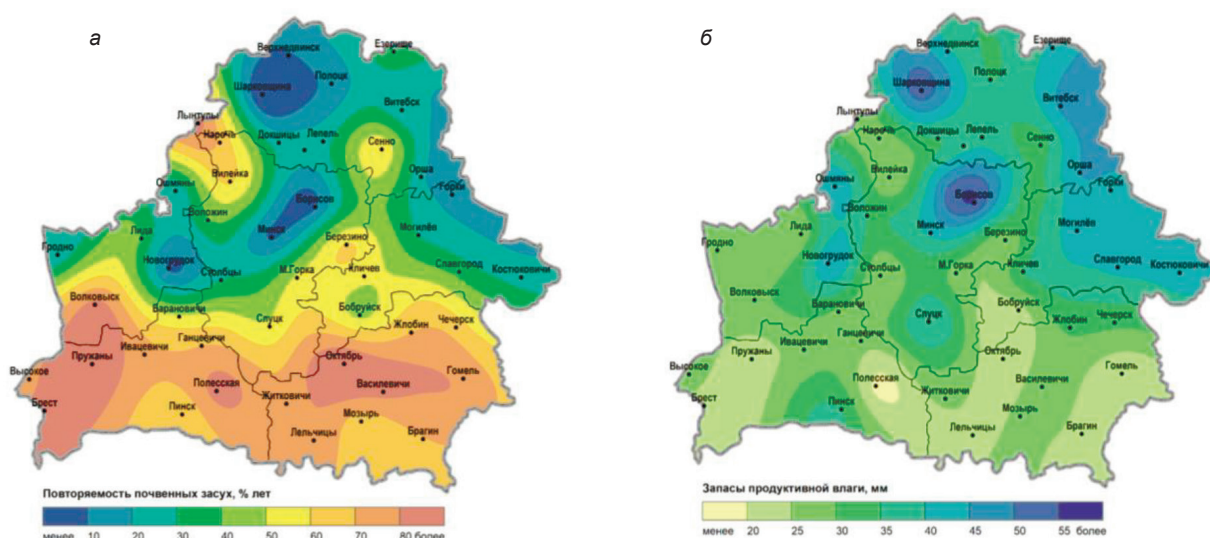


Рис. 3. Повторяемость почвенных засух (а) и запасы продуктивной влаги (б) по данным полевых участков в слое 0–20 см за май – июнь в 2000–2022 гг.

Горецкий р-н Могилевской обл., Мядельский, Вилейский р-ны, северную половину Логойского р-на и крайние северные части Борисовского и Крупского р-нов Минской обл., Островецкий р-н, большую часть Сморгонского р-на и северную половину Ошмянского р-на Гродненской обл.

Северная область характеризуется самыми низкими агроклиматическими ресурсами и температурами воздуха в течение всего года. В январе среднемесячная температура воздуха колебалась в пределах от $-4,2^{\circ}\text{C}$ в Нарочи до $-5,7^{\circ}\text{C}$ в Горках, а в среднем по области составляла $-4,8^{\circ}\text{C}$. Температура воздуха в январе убывала с запада на восток области. В июле среднемесячная температура воздуха колебалась от $18,1^{\circ}\text{C}$ (Лынтупы) до $19,4^{\circ}\text{C}$ (Витебск), а в среднем по области – $18,8^{\circ}\text{C}$. Температура возрастала с северо-запада на юго-восток.

Еще одним из показателей, характеризующих термические условия, является средняя температура из абсолютных максимумов и минимумов температуры воздуха. Так, для Северной области характерны самые низкие средние показатели из абсолютных максимумов, которые составляли в среднем по области $31,9^{\circ}\text{C}$. Самый низкий показатель наблюдался на северо-востоке в Езерище ($31,0^{\circ}\text{C}$), а самый высокий – в Витебске ($32,6^{\circ}\text{C}$). Абсолютный максимум температуры за весь рассматриваемый период был зафиксирован в Горках в августе 2010 г. и составил $38,7^{\circ}\text{C}$. Средняя температура из абсолютных минимумов – наименьшая в республике и составляла в среднем по области $-24,2^{\circ}\text{C}$, изменяясь в пределах от $-27,0^{\circ}\text{C}$ в Езерище до $-22,2^{\circ}\text{C}$ в Сенно. Абсолютный минимум температуры воздуха за весь рассматриваемый период был отмечен в феврале 2012 г. в Езерищах и составил $-35,0^{\circ}\text{C}$. Годовая амплитуда температуры воздуха, рассчитанная как разность среднемесячных температур января и июля, показывает степень континентальности климата. Данный показатель возрастал с запада на восток и колебался в пределах от $22,7^{\circ}\text{C}$ (Лынтупы) до $24,7^{\circ}\text{C}$ (Горки).

Весна и лето в Северной агроклиматической области начинаются позже, чем в других областях. Здесь наблюдалась самая малая продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха выше 0°C – от 246 дней на северо-востоке в Езерищах до 271 дня на западе и в центральных районах (Лынтупы и Лепель). В среднем по области продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха выше 0°C составляла 258 дней. В Северной области самый короткий в республике период вегетации растений (среднесуточная температура воздуха превышает 5°C) и находилась в пределах от 201 дня (Езерище) до 213 дней (Ошмяны), увеличиваясь с северо-востока на юго-запад и составляя в среднем по области 208 дней. Период активной вегетации растений (среднесуточная температура воздуха превышает 10°C) также был самым коротким относительно других областей и составлял от 143 дней в Лынтупах до 155 дней в Лепеле, Орше и Витебске, увеличиваясь с северо-запада на юго-восток. В среднем по области продолжительность активной вегетации растений составляла 150 дней. Для Северной области характерна наименьшая сумма температур за вегетационный период. Она колебалась от $2\,657^{\circ}\text{C}$ на северо-востоке (Езерище) до $2\,898^{\circ}\text{C}$ (Витебск), составляя в среднем по области $2\,781^{\circ}\text{C}$. Сумма активных температур выше 10°C также была минимальной и изменялась от $2\,227^{\circ}\text{C}$ (Лынтупы) до $2\,508^{\circ}\text{C}$ (Витебск). Самый теплый и наиболее короткий период лета (период со средней суточной температурой воздуха вы-

ше 15 °С) на крайнем северо-востоке области в Езерище длился 85 дней. Самый длинный период с температурой воздуха, превышавшей 15 °С, был характерен для юго-восточных районов в Сенно и длился 98 дней, составляя в среднем по области 92 дня.

Для Северной области характерно наименьшее по республике число жарких (максимальная суточная температура воздуха 25 °С и выше) и очень жарких (максимальная суточная температура воздуха 30 °С и выше) дней. Число жарких дней колебалось в пределах от 29 в Езерище до 42 в Витебске, составляя в среднем по области 36 дней за год. Число очень жарких дней было незначительным: в среднем от 3 в Езерище до 7 в Орше и Березинском заповеднике, а в целом по области составляло 5 за год.

Продолжительность беззаморозкового периода в воздухе и на почве также была наименьшей в Беларуси. Беззаморозковый период в воздухе в среднем по области продолжался в течение 153 дней. Наименьшее значение было характерно для Езерища и Лынтуп (143 дня), наибольшее – для Вилейки (162 дня). Беззаморозковый период на почве в среднем по области продолжался 147 дней. Самый короткий период наблюдался в Лынтупах – 137 дней, самый длинный в Вилейке – 155 дней.

В Северной области часто случаются заморозки в воздухе и на почве в мае. Средняя дата последнего весеннего заморозка в воздухе отмечалась 3 мая. Наиболее поздний весенний заморозок в воздухе наблюдался в Лынтупах 9 мая. На почве последние весенние заморозки в среднем по области отмечались 9 мая, а наиболее поздние заморозки (12 мая) по пунктам Езерище и Лынтупы. Первые осенние заморозки в воздухе отмечались в среднем с 9 октября. Наиболее ранняя дата наступления была характерна для Езерища – 28 сентября. На почве первые осенние заморозки наступали в среднем по области 4 октября, самая ранняя дата – 26 сентября (Орша).

Для Северной области характерна наиболее длинная зима. Снежный покров устанавливался во второй половине декабря: раньше всего в Горках – 12 декабря, позже в Докшицах – 24 декабря, в среднем по области устойчивый снежный покров ложился 19 декабря. Разрушение снежного покрова происходило с 7 марта в Ошмянах по 20 марта в Горках. В среднем по области снежный покров сходил 14 марта. Число дней с устойчивым снежным покровом в указанной агроклиматической области самое большое в республике. Дольше всего (111 дней) устойчивый снежный покров сохранялся в Горках и Витебске, а меньше всего – в Ошмянах (96 дней), в среднем по области составляя 102 дня. Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова уменьшалась с востока на юго-запад области.

В Северной области накапливается наибольший запас холода (сумма отрицательных температур). Наибольший запас холода наблюдался в Езерище (–492 °С), а наименьший – в Нарочи (–291 °С) из-за утепляющего влияния оз. Нарочь. В среднем по области сумма отрицательных температур воздуха составляла –376,5 °С.

Годовая сумма атмосферных осадков в Северной области была максимальной и составляла в среднем 688,3 мм. Это обусловлено тем, что данная область, располагающаяся преимущественно на возвышенностях, в наибольшей степени была подвержена воздействию североатлантических циклонов. На территории области находятся наиболее увлажненные места: Свенцянские гряды, Ошмянская и Витебская возвышенности. Самое большое количество осадков было в Витебске – 760,1 мм, наименьшее в районе – Шарковщина (645,9 мм). Большая часть осадков выпадала в теплый период года (апрель – октябрь) и колебалась от 440,1 мм в Орше до 482,9 мм в Езерище. В среднем по области выпадало 462 мм осадков за теплый период года, а их пространственное распределение было сходным с распределением годовой суммы.

В Северной области мягкопластичное состояние почвы отмечалось позже, чем в других агроклиматических областях. В среднем по области мягкопластичное состояние почвы наступало 14 апреля: раньше всего – в Ошмянах (2 апреля), позже всего – в Верхнедвинске (24 апреля).

Запасы продуктивной влаги в пахотном слое (0–20 см) наибольшими в республике были в мае – июне и изменялись в пределах от 26 мм на легких по гранулометрическому составу почвах в Вилейке и Лынтупах до 53 мм на самых тяжелых суглинистых почвах в Шарковщине. В среднем по области составляли 39 мм. Повторяемость почвенных засух за май – июнь изменялась в широких пределах. Так, на агрометеостанции Шарковщина за рассматриваемый период почвенных засух отмечено не было, в Верхнедвинске повторяемость составила 9 % лет, в то же время в Лынтупах на песчаных почвах засухи отмечались в 83 % лет. В среднем по Северной области почвенные засухи в пахотном слое отмечаются в 30 % лет.

Сезонное промерзание почв начинается с третьей декады ноября. Наибольшее промерзание отмечалось в конце второй половины февраля – первой декаде марта. Наибольшая глубина промерзания была отмечена на суглинистых почвах по наблюдательным участкам метеостанции Горки и составляла 41 см. Меньше всего (на 27 см) в глубину промерзали почвы на западе области в Верхнедвинске, в среднем по области наибольшая средняя глубина промерзания составляла 33 см.

Повторяемость сочетания низких температур воздуха (-20°C и ниже) и низкой высоты снежного покрова (высота снега 10 см и менее) колебалась в пределах от 26 % (Нарочь) до 57 % (метеостанция Березинский заповедник). В среднем по области сочетание низких температур воздуха и малой высоты снежного покрова отмечалось в 38,7 % лет.

На территории Северной области наблюдались благоприятные условия для выращивания большинства сельскохозяйственных культур умеренного пояса: озимые и яровые зерновые культуры, озимый и яровой рапс, кукуруза на силос, гречиха, однолетние и многолетние травы, репчатый лук, столовая свекла, морковь, капуста, горох, томаты, огурцы, чеснок, репа, картофель, лен-долгунец. В связи с изменением климата в районах, прилегающих к Центральной области, стало целесообразно возделывание раннеспелых сортов кукурузы на зерно, раннеспелых сортов подсолнечника, наиболее раннеспелых сортов сои. В целом в Северной области при должном уровне агротехники можно успешно выращивать и получать высокую урожайность большинства сельскохозяйственных культур, выращиваемых в Беларуси, но на почвах (учитывая наибольшую в республике вероятность переувлажнения почв), развивающихся на средних и тяжелых суглинках, часто подстилаемых озерно-ледниковыми глинами, целесообразно возделывание многолетних трав.

Центральная агроклиматическая область. Простирается с запада на восток полосой шириной 150 ± 30 км в центральном регионе страны. Она занимает центральные части Гродненской и Минской обл., а также почти всю территорию Могилёвской обл. Центральная область охватывает большую часть Западно-Белорусской и Восточно-Белорусской физико-географических провинций (за исключением их северных регионов), а также север Предполесской провинции, лежащий между двумя ранее упомянутыми провинциями. Границами области являются изолинии сумм температур выше 10°C от $2\,400^{\circ}\text{C}$ на севере до $2\,600^{\circ}\text{C}$ на юге.

Средние температуры воздуха на территории Центральной области изменялись от $-4,5^{\circ}\text{C}$ в январе до $19,3^{\circ}\text{C}$ в июле; разница в температурах с соседними областями составляла $0,3\text{--}0,7^{\circ}\text{C}$. Примечательно, что средние температуры января в Центральной области были ближе к средним значениям Северной ($-4,8^{\circ}\text{C}$, средняя температура января в Южной области составляла $-3,7^{\circ}\text{C}$), а средние температуры июля – ближе к средним значениям Южной области ($19,7^{\circ}\text{C}$, средняя температура июля в Северной области – $18,8^{\circ}\text{C}$). Значения средней температуры в июле распределились достаточно равномерно – выделялась лишь станция Новогрудок, расположенная на возвышенности, где температура июля равнялась $18,6^{\circ}\text{C}$; на всех остальных станциях она была выше 19°C и достигла максимума на станции Славгород ($19,7^{\circ}\text{C}$). Колебания средней температуры января были более существенными: от $-5,4^{\circ}\text{C}$ в Костюковичах до $-3,3^{\circ}\text{C}$ в Гродно. Это связано с субмеридиональным характером январских изотерм. Таким образом, величины годовой амплитуды температур на территории области изменялись от $22,5^{\circ}\text{C}$ в Гродно до $24,9^{\circ}\text{C}$ в Костюковичах.

Среднее из абсолютных максимумов температуры воздуха в Центральной области составило $32,8^{\circ}\text{C}$ и изменялось в пределах от $31,1^{\circ}\text{C}$ на станции Новогрудок до $33,4^{\circ}\text{C}$ на станциях Столбцы и Марьина Горка. Среднее из абсолютных минимумов было $-22,8^{\circ}\text{C}$ и изменялось от $-20,6^{\circ}\text{C}$ в Воложине до $-26,2^{\circ}\text{C}$ в Кличеве; амплитуда среднего из абсолютных минимумов более чем вдвое превышала амплитуду абсолютных максимумов по области, что связано с субмеридиональным распределением изотерм в холодный период года. Число жарких дней (с максимальной температурой выше 25°C) за год на территории области составило от 33 на станции Новогрудок до 50 на станциях Березино, Костюковичи и Бобруйск, а в среднем по территории области оно было равно 45 дням, число очень жарких дней (с максимальной температурой выше 30°C) – от 4 на станции Новогрудок до 11 станциях Столбцы, Кличев и Бобруйск; в среднем же по территории области отмечалось 8 очень жарких дней за год.

В среднем весна и лето в Центральной области наступали на 3–5 дней позже, чем в Южной, и на аналогичный срок раньше, чем в Северной. Разность в сроках наступления осени и зимы между агроклиматическими областями была аналогичной. Средняя продолжительность периода с температурами выше 0°C на территории области составила 262 дня и изменялась от 253 дней в Могилёве до 274 дней в Гродно. Переход через 0°C весной происходил в период с 9 марта (станции Гродно и Лида) по 18 марта (станция Могилёв), а в среднем по территории области – 14 марта; осенне-зимний переход температуры ниже 0°C происходил в период с 26 ноября (станция Могилёв) по 8 декабря (станция Гродно), а в среднем по области – 1 декабря. Средняя продолжительность вегетационного периода со средними температурами выше 5°C составляла 214 дней и изменялась от 209 дней в Минске и Костюковичах до 219 дней в Гродно и Марьиной Горке. При этом среднее значение сумм температур выше 5°C на территории области было $2\,945^{\circ}\text{C}$ и варьировалось от $2\,863^{\circ}\text{C}$ в Могилёве до $3\,024^{\circ}\text{C}$ в Гродно. Переход через 5°C весной в Центральной агроклиматической области происходил в период с 25 марта (станция Гродно) по 5 апреля (станции Могилёв и Борисов), в среднем же он отмечался 2 апреля; осенний переход температуры ниже 5°C наблюдался в период с 29 октября

(станция Костюковичи) по 6 ноября (станция Марьина Горка), а в среднем по территории области – 2 ноября. Продолжительность периода активной вегетации (периода с температурами выше 10 °С) составляла от 152 дней в Могилёве до 161 дня в Гродно, а в среднем по области – 156 дней. Среднее значение сумм температур выше 10 °С на территории области составляло 2 539 °С и изменялось от 2 450 °С в Могилёве до 2 607 °С в Славгороде. Весенний переход через 10 °С в Центральной области происходил в период с 25 (станция Столбцы) по 29 апреля (станция Могилёв), в среднем – 27 апреля; осенний переход температуры ниже 10 °С отмечался в период с 28 сентября (станции Кличев, Минск и Могилёв) по 4 октября (станция Гродно), а в среднем по области – 30 сентября. Продолжительность периода с температурами выше 15 °С изменялась от 94 дней в Новогрудке до 103 дней в Славгороде, а среднее значение составляло 99 дней. Суммы температур выше 15 °С колебались от 1 693 °С на станции Новогрудок до 1 926 °С на станции Славгород; в среднем по области значение составило 1 817 °С. Переход через 15 °С в весенне-летний период происходил с 24 (станции Кличев, Костюковичи и Славгород) по 29 мая (станция Новогрудок), а в среднем по территории области – 26 мая; летне-осенний переход температуры ниже 15 °С наблюдался в период с 31 августа (станции Могилёв и Новогрудок) по 4 сентября (станции Славгород и Марьина Горка), в среднем по территории области – 2 сентября. Разность в продолжительности периодов с температурами выше 5, 10 и 15 °С в 7–10 дней между Центральной, Северной и Южной областями свидетельствует о том, что суммы температур в Центральной области выше, чем в Северной, на 170–180 °С, но на 140–150 °С ниже, чем в Южной. Это верно как для сумм температур выше 5 °С, так и сумм температур выше 10 и 15 °С. Разница между средними значениями для станций на западе и востоке области просматривается четко, однако следует отметить, что продолжительности периодов с температурами выше 0, 5 и 10 °С выше на западе, а продолжительность периода с температурами выше 15 °С в среднем выше на востоке области. Эта особенность связана с континентальностью климата, которая выше на востоке страны.

Продолжительность беззаморозкового периода в воздухе в Центральной области колебалась в широких пределах: от 142 дней в Бобруйске до 172 дней в Новогрудке. В среднем же по всей территории области она составляла 160 дней. Что же касается беззаморозкового периода на почвах, то он изменялся от 127 дней в Борисове до 160 дней в Воложине и Лиде, а в среднем по области – 150 дней. Интересно отметить, что в Центральной области средняя продолжительность беззаморозкового периода в воздухе была выше, чем в Южной области (158 дней). Кроме этой особенности иных аномалий в распределении значений нет. Последние весенние заморозки в воздухе на территории области регистрировались в период с 23 апреля (Новогрудок) до 4 мая (Бобруйск), а первые осенние – в период с 24 сентября (Кличев) до 14 октября (Гродно); средние даты прекращения и возобновления заморозков в воздухе для всей территории области – 29 апреля и 8 октября. Аналогичные значения для заморозков на почвах были следующими: в весенний период – с 30 апреля (Лида и Борисов) до 7 мая (Столбцы и Марьина Горка), в осенний период – с 24 сентября (Бобруйск) до 10 октября (Славгород); средние даты прекращения и возобновления заморозков на почвах для всей территории области – 4 мая и 4 октября.

Суммы отрицательных температур на территории Центральной области изменялись от –210 °С в Гродно до –418 °С в Костюковичах, в среднем же по области – –328 °С. Более продолжительный период с температурами ниже 0 °С и более низкие средние температуры в холодный период года являлись причиной того, что разность между суммами отрицательных температур на востоке и западе области была почти двукратной.

Среднее число дней со снежным покровом на территории области составляло 91 день и изменялось в пределах от 76 дней на станции Гродно до 102 дней на станции Костюковичи. Наблюдалось выраженное повышение числа дней со снежным покровом при продвижении на восток области. Средняя дата образования устойчивого снежного покрова на территории Центральной области – 23 декабря (изменялась от 17 декабря в Костюковичах до 2 января в Гродно), а средняя дата его разрушения – 10 марта (варьировалась от 1 марта в Воложине и Слуцке до 21 марта в Славгороде).

Значения годовой суммы осадков на территории Центральной области изменялись в очень широких пределах, так как станции с минимумами и максимумами значений для всей территории Беларуси находились в Гродно и Новогрудке, годовые суммы осадков на которых были равны 558 мм и 766 мм соответственно. В среднем же по территории области годовая сумма осадков равнялась 659 мм, что выше среднего для Южной и Новой областей, но ниже среднего для Северной. Средняя по Центральной области сумма осадков за теплый период года составляла 443 мм и изменялась от 391 мм на станции Гродно до 505 мм на станции Новогрудок (что вновь являлось наибольшим значением для всей территории Беларуси).

Средняя продолжительность бездождных периодов в Центральной области составляла 17 ± 1 день, а их среднее число за теплый период года – 4. Эти значения аналогичны почти для всех

остальных регионов Беларуси. Среднее из максимальных продолжительностей бездождных периодов на территории области составляло 25 дней и изменялось в пределах от 23 дней (Лида, Новогрудок) до 26 дней (Березино, Бобруйск, Воложин и Кличев). Это меньше, чем в Северной области, но выше среднего значения Южной.

Запасы продуктивной влаги в слое 0–20 см в Центральной области колебались от 23 мм в Бобруйске до 50 мм в Борисове, а среднее для всей территории области значение составляло 34 мм. Наибольшие запасы продуктивной влаги в почве были свойственны Восточно-Белорусской физико-географической провинции, а также области Белорусской гряды (Минская и Новогрудская возвышенности); наименьшие запасы продуктивной влаги в почве наблюдались на западе области, а также в Предполесской физико-географической провинции. Повторяемость почвенных засух в слое 0–20 см в среднем по области составляла 33 % и изменялась от 9 % (Борисов, Минск и Новогрудок) до 61 % на станции Березино. Средние значения запасов продуктивной влаги и повторяемости засух в Центральной области были намного ближе к средним для Северной области, чем к средним для Южной.

Мягкопластичного состояния почвы на территории Центральной области достигали за период от 27 марта (Столбцы) до 14 апреля (Бобруйск), средний срок наступления мягкопластичного состояния по территории области – 6 апреля.

Почвы начинали промерзать в третьей декаде ноября; средняя глубина промерзания составляла до 25 см (максимум достигался в конце января – начале февраля), а среднее из максимальных глубин промерзания равнялось 33 см. Эти значения намного ближе к характеристикам Южной области, чем Северной. Наибольшее промерзание почвы отмечалось на станциях Столбцы, Кличев, Славгород и Костюковичи, а наименьшее – Новогрудок и Бобруйск.

Повторяемость лет с сочетанием отрицательных температур воздуха -20°C и ниже и высотой снежного покрова 10 см важно для характеристики условий перезимовки культур, так как существует вероятность их вымерзания. Ее средние значения для территории области составляли 33 % и изменялись в пределах от 17 % (наименьшие значения для всей территории Беларуси в Минске, Новогрудке) до 43 % (Бобруйск, Кличев и Марьина Горка). Это означает, что в среднем вымерзание сельскохозяйственных культур на территории Центральной области в настоящее время вероятно каждый третий год. Фактически вымерзание наблюдается реже. На наиболее возвышенных участках Белорусской гряды (за исключением Ошмянской возвышенности) вымерзание вероятно лишь каждый пятый год, что связано с выпадением большего количества осадков и, следовательно, толщиной снежного покрова выше средней для территории Беларуси. Вероятность вымерзания повышается в Предполесской физико-географической провинции, но лишь на 5–8 %. Больше всего вымерзанию подвержен озимый рапс, как правило, из-за чередования оттепельного характера погоды и последующего понижения температуры воздуха. Озимые зерновые и травы от вымерзания страдают реже. За период изменения климата наиболее масштабная гибель озимых культур из-за вымерзания наблюдалась зимой 2002–2003 гг. и 2005–2006 гг. Вымерзание рапса на больших площадях отмечалось также в зимний период 2009–2010 гг., 2010–2011 гг., 2014–2015 гг. и 2015–2016 гг.

Агроклиматические условия благоприятны для возделывания большинства культур и позволяют на территории Центральной области выращивать озимые и яровые зерновые (в том числе кукурузу), озимый и яровой рапс, гречиху, однолетние и многолетние травы, репчатый лук, столовую и сахарную свеклы, подсолнечник, морковь, капусту, овощной горошек, фасоль, нут, томаты, огурцы, чеснок, а также картофель (почвенно-климатические ресурсы области благоприятствуют высокой урожайности данной культуры). Повышение теплообеспеченности территории сделало возможным возделывание раннеспелых сортов кукурузы на зерно во всех регионах; доступные ресурсы тепла позволяют возделывать и среднеспелые сорта кукурузы на зерно, но не на всей территории области – исключениями будут являться северная часть Могилевской обл., северо-восток Минской обл., а также регион Новогрудской возвышенности. Указанные особенности применимы и к сахарной свекле, так как требования данной культуры к теплообеспеченности сходны с требованиями кукурузы, культивируемой на зерно. Для выращивания сахарной свеклы необходима продолжительность вегетационного периода 150–180 дней, но в настоящее время она составляет 215 дней. Повышение теплообеспеченности также делает возможным выращивание подсолнечника не только на зеленую массу, но и на семена (гарантированное получение урожая возможно для ранне- и среднеспелых сортов), а также раннеспелых сортов сои. Для выращивания среднеспелых сортов сои ресурсы тепла и продолжительность периода вегетации недостаточны, так как это культура короткого дня, поэтому в северных регионах ее период вегетации увеличивается. В то же время условия выращивания льна-долгунца на территории области ухудшаются. Это связано с тем, что данная культура чувствительна к недостатку влаги и ее развитие начинает угнетаться при температурах выше 22°C , а в настоящее время число жарких дней на территории Центральной области достигает 45.

Изменения климата последних десятилетий сделали более благоприятными условия выращивания традиционных плодово-ягодных культур (яблоня, груша, вишня, смородина, голубика и др.),

так как улучшились условия перезимовки: температуры ниже -25°C , при которых растения начинают повреждаться, уже не регистрируются или чрезвычайно редки (наблюдаются только на востоке области). Повышение средних температур и сумм активных температур сделало возможным выращивание поздних сортов груши, а также ранних сортов винограда на территории области, однако для выращивания таких культур, как абрикосы, персики и грецкий орех, ресурсов тепла все еще недостаточно (кроме того, они начинают повреждаться при морозах ниже -20°C , которые иногда регистрируются). Центральная область располагает достаточными тепловыми ресурсами для выращивания ранних и средних сортов арбузов и дынь, однако средние температуры летних месяцев на территории области несколько ниже оптимумов для данных культур. Ресурсы влаги для выращивания плодово-ягодных культур достаточны (необходимы годовые суммы осадков более 500 мм).

В связи с изменением климата в период уборки отмечается тенденция увеличения числа сухих дней, максимальной температуры воздуха и уменьшения количества осадков, что улучшает условия уборки зерновых культур. В этой связи на территории Центральной области возможно получение вторых урожаев ряда кормовых культур в пожнивных посевах после рано убираемых на зерно зерновых культур и озимого рапса.

В целом в Центральной области можно успешно развивать производство основных сельскохозяйственных культур.

Южная агроклиматическая область. За последние десятилетия (2000–2022 гг.), по сравнению с периодом потепления (1991–2020 гг.), значительно сместилась к северу. Она занимает северную половину Полесской провинции, южную и западную части Предполесской провинции, небольшую территорию на юге Западно-Белорусской провинции и крайний юг Восточно-Белорусской провинции. Южная граница проходит по левобережью р. Припять (по Полесской низменности), далее вдоль юго-восточной границы Беларуси в центральной части Приднепровской низменности. В состав Южной области входят южная часть Гродненской и Минской обл., северная половина Брестской обл., северная и центральная части Гомельской обл., крайний юго-запад Могилёвской обл.

Южная область более теплая, чем Центральная, и наименее влажная из выделенных областей. В июле средняя месячная температура воздуха колебалась от $19,3^{\circ}\text{C}$ на северо-западе области в Волковыске до $20,3^{\circ}\text{C}$ на северо-востоке и юго-востоке области в Жлобине и Брагине, в среднем по области составляла $19,8^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура воздуха в январе изменялась от $-2,8^{\circ}\text{C}$ на юго-западе области в Высоком до $-4,3^{\circ}\text{C}$ на северо-востоке области в Жлобине. В среднем по области температура воздуха в январе составляла $3,7^{\circ}\text{C}$.

Средний из абсолютных минимумов температуры изменялся от $-20,2^{\circ}\text{C}$ на юго-западе области в Высоком до $-23,8^{\circ}\text{C}$ на юго-востоке области в Брагине. В целом по области среднее значение абсолютных минимумов составляло $-22,4^{\circ}\text{C}$, что близко к значению в Центральной области, на $1,8^{\circ}\text{C}$ выше, чем в Северной, и на $1,5^{\circ}\text{C}$ ниже, чем в Новой области. Средний из абсолютных максимумов температуры в Южной области варьировался от $32,5^{\circ}\text{C}$ (Барановичи) до $34,2^{\circ}\text{C}$ (Октябрь) и составлял в среднем $33,5^{\circ}\text{C}$, что на $1,6$ и $0,7^{\circ}\text{C}$ больше, чем в Северной и Центральной областях соответственно.

В Южной области переход через 0°C в сторону повышения среднесуточной температуры отмечался в среднем 9 марта, изменяясь с 3 (Высокое) по 12 марта (Брагин). Средняя дата перехода среднесуточной температуры через 5°C весной – 28 марта (с 22 марта (Высокое) по 1 апреля (Брагин)). Период активной вегетации (со среднесуточной температурой выше 10°C) в среднем по области начинался 24 апреля и заканчивался 4 октября. Дата перехода среднесуточной температуры через 15°C в сторону повышения в среднем по агроклиматической области – 22 мая, в сторону понижения – 6 сентября.

Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 0°C колебалась от 265 дней на северо-востоке области в Жлобине до 282 дней на юго-западе области в Высоком и в среднем составляла 272 дня, что на 10 и 15 дней больше, чем в Центральной и Северной областях. Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 5°C (вегетационный период) в среднем по области был 221 день и изменялся в пределах от 214 дней на юго-востоке области в Брагине до 225 дней на западе области в Ивацевичах. Продолжительность периода активной вегетации (средняя суточная температура воздуха выше 10°C) отмечалась от 159 дней в Барановичах и на метеостанции Полесская до 168 дней в Житковичах, в среднем по области – 164 дня. Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 15°C изменялась от 100 дней в западной части области в Ганцевичах до 112 дней на юго-западе области в Высоком и на юге в Житковичах. В среднем по области продолжительность периода с температурой выше 15°C составляла 107 дней, что на 8 и 15 дней больше, чем в Центральной и Северной областях соответственно.

Средняя продолжительность беззаморозкового периода в воздухе (высота 2 м) в Южной области (158 дней) близка к продолжительности периода в Центральной и больше на 5 дней по сравне-

нию с Северной областью. Наименьшая продолжительность безморозкового периода в рассматриваемой области отмечена на болотной станции Полесская (134 дня), наибольшая – на возвышенности в Волковыске и в Жлобине (172 дня). Средняя продолжительность безморозкового периода на почве в Южной области (153 дня) больше на 6 и 3 дня, чем в Северной и Центральной областях соответственно. Продолжительность безморозкового периода на почве изменялась по территории Южной области от 111 дней на метеостанции Полесская до 167 дней на юго-западе в Высоком.

Дата последнего весеннего заморозка в воздухе колебалась с 21 апреля (на востоке в Жлобине) по 12 мая (Полесская), дата первого осеннего заморозка – с 16 сентября (Полесская) по 14 октября (на северо-западе в Волковыске). В среднем по области последний весенний и первый осенний заморозки в воздухе наблюдались соответственно 30 апреля и 4 октября. Дата последнего весеннего и первого осеннего заморозков на почве изменялась с 26 апреля (Жлобин) по 27 мая (Полесская), осенью с 16 сентября (станция Полесская) по 16 октября (Волковыск). Средняя для Южной области дата последнего весеннего заморозка на почве – 3 мая, первого осеннего заморозка – 4 октября.

Число жарких дней (максимальная температура воздуха 25,0 °С и выше) насчитывалось от 44 в Барановичах до 65 на юго-востоке в Брагине и в среднем по области составляла 54 дня, что на 18 и 9 дней больше, чем в Северной и Центральной областях соответственно.

Сумма температур за вегетационный период (выше 5 °С) в среднем по области составляла 3 100 °С и колебалась от 3 006 °С в Ганцевичах до 3 178 °С на юге в Житковичах. Сумма температур за период активной вегетации в среднем по области была 2 695 °С и изменялась от 2 594 °С в Ганцевичах до 2 796 °С на юге (Житковичи).

Сумма отрицательных температур воздуха варьировала в Южной области от –163 °С в Высоком до –306 °С в Жлобине, составляла в среднем по области –244 °С, что на 133 и 83 °С меньше, чем в Северной и Центральной областях соответственно, и на 19 °С больше, чем в Новой области.

Годовая сумма осадков в среднем по области составляла 636 мм. Количество осадков изменялось по территории области от 559 мм на юго-западе в Брагине до 727 мм в Житковичах. В теплый период (апрель – октябрь) сумма осадков колебалась от 378 мм на юго-западе страны в Брагине до 478 мм в Житковичах и в среднем по области была 433 мм.

Продолжительность бездождного периода (средний из абсолютных максимумов) изменялась по территории Южной области от 23 дней на юге в Житковичах до 29 на юго-востоке в Брагине и составила в среднем для области 26 дней, мало отличаясь от значений в других агроклиматических областях.

Среднее число дней со снежным покровом было меньше по сравнению с первыми двумя агроклиматическими областями на 23 и 11 дней и составляло 79 дней. Наибольшее число дней со снежным покровом (91 день) отмечено на востоке в Жлобине и на юге области на метеостанции Полесская, наименьшее число дней (62 дня) – на юго-западе области в Высоком.

Даты образования и разрушения устойчивого снежного покрова изменялись на территории Южной области соответственно с 24 (Жлобин) до 30 декабря (Полесская) и с 26 февраля (Ивацевичи) до 9 марта (Жлобин). Средняя по области дата образования устойчивого снежного покрова – 27 декабря, а дата его разрушения – 3 марта.

Повторяемость лет с сочетанием минимальной температуры воздуха –20 °С и ниже и высоты снега 10 см и менее колебалась от 22 % на северо-востоке области в Жлобине до 61 % на юго-западе в Пружанах и в среднем по Южной области составляла 40 %, незначительно отличаясь от повторяемости в Северной области и превышая на 6–9 % повторяемость в других областях.

На большей части Южной области почвы начинали промерзать в третьей декаде ноября, за исключением пунктов наблюдений в Барановичах, Высоком, Василевичах (первая декада декабря). Полное оттаивание почвы весной отмечалось для Полесской станции во второй декаде марта, преимущественно для южной для части территории – в третьей декаде марта, для ряда станций (Волковыск, Ивацевичи, Октябрь, Жлобин) – в первой декаде апреля. Средняя по области глубина промерзания почвы за холодный период составляла 19 см и варьировала от 15 см в Ганцевичах до 25 см в Василевичах. Средняя из наибольшей глубина промерзания почвы составляла 33 см и изменялась от 27 см на болотной станции Полесская до 40 см на западе в Пружанах.

На большей части территории Южной области просыхание почвы до мягкопластичного состояния, когда становится возможным проведение полевых работ, в среднем отмечалось в третьей декаде марта (21–28 марта), на юге на песчаных почвах (Полесская) – 16 марта, на западе области (Пружаны, Волковыск) – в первой пятидневке апреля. В среднем по области дата наступления мягкопластичного состояния почвы – 25 марта, что на 20 и 12 дней раньше, чем в Северной и Центральной областях соответственно.

Запасы продуктивной влаги по данным постоянных полевых участков минеральных почв в слое 0–20 см в мае – июне на территории Южной области изменялись от 19 мм на метеостанции Полесская до 31 мм в Жлобине. Среднее по области значение запасов продуктивной влаги в слое 0–20 см

составляло 26 мм, что меньше, чем в Северной и Центральной областях на 13 и 9 мм соответственно. Повторяемость почвенных засух в мае – июне на территории Южной области была наибольшей среди всех областей (77 % лет) и изменялась от 52 % на севере области в Барановичах до 91 % в восточной ее половине в Октябре.

По сравнению с Северной и Центральной областями Южная характеризуется более теплой и менее продолжительной зимой, более длительным и теплым вегетационным периодом, меньшим увлажнением в теплый период (апрель – октябрь) и в целом за год. В Южной области агроклиматические условия наиболее благоприятные для выращивания теплолюбивых культур.

Агроклиматические условия области (теплообеспеченность периода вегетации) позволяют на ее территории выращивать следующие сельскохозяйственные культуры: озимые и яровые зерновые, озимый и яровой рапс, гречиху, картофель, лен, сахарную свеклу, кукурузу, однолетние и многолетние травы. В открытом грунте – репчатый лук, овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок. Условия для перезимовки озимых культур и многолетних трав более благоприятные, чем в Центральной области. На территории Южной области возможно получение вторых урожаев ряда кормовых культур в пожнивных посевах после рано убираемых на зерно зерновых культур и озимого рапса. В качестве пожнивных в условиях можно возделывать крестоцветные культуры (редька масличная, озимый и яровой рапс, озимая и яровая сурепица, горчица белая, горохо-овсяная смесь, вико-овсяная смесь, райграс однолетний, люпин кормовой).

Благоприятны условия и для выращивания картофеля, кроме среднепоздних и поздних сортов, которые могут испытывать недостаток влаги. Ежегодно можно получать высокий урожай зеленой массы всех сортов кукурузы и зерна скороспелых и среднеспелых сортов. Климат благоприятен для получения высоких урожаев сахарной свеклы. Появляется возможность выращивания некоторых южных теплолюбивых культур: просо, бахчевые культуры (раннеспелые и среднеранние сорта арбуза и дыни, тыква, кабачок, патиссон), районированные сорта винограда, персика, абрикоса, айвы, грецкого ореха, фундука и др.

В последнее время в южных районах (особенно на легких почвах) влагообеспеченность основных культур может быть недостаточной вследствие увеличения повторяемости почвенных засух и засушливых явлений.

Новая агроклиматическая область (2-я по счету с начала потепления 1989 г.). Образовалась за последние два наиболее теплые десятилетия (2000–2022 гг.) и теперь занимает южную часть Полесской провинции. Северная ее граница в западной и центральной частях Полесской провинции проходит севернее Бреста, Пинска, затем примерно вдоль р. Припять южнее Житковичей и севернее Мозыря. В восточной части граница проходит южнее Брагина и севернее Гомеля. В состав Новой области входят южные части Брестской и Гомельской обл.

Климат Новой области характеризуется самой короткой и теплой в пределах Беларуси зимой и наиболее продолжительным и теплым вегетационным периодом. Она отличается от всех описанных выше агроклиматических областей более высокими температурами зимы и лета. Средняя температура воздуха января равнялась $-3,5^{\circ}\text{C}$ и изменялась по территории области от $-4,3^{\circ}\text{C}$ на востоке в Гомеле до $-2,4^{\circ}\text{C}$ на западе области в Бресте. Это теплее Северной области на $1,3^{\circ}\text{C}$. Значительно теплее (почти на $2,0^{\circ}\text{C}$), чем на севере, здесь было и в июле. Средняя месячная температура воздуха в июле колебалась от $20,1^{\circ}\text{C}$ до $20,9^{\circ}\text{C}$ и составляла $20,4^{\circ}\text{C}$.

В Новой области весна и лето начинались раньше и заканчивались позже, чем в других агроклиматических областях страны. Здесь самая большая средняя (275 дня) продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 0°C : от 266 дней на востоке области в Гомеле до 289 дней на юго-западе области в Бресте. Вегетационный период (средняя суточная температура воздуха выше 5°C) также самый длинный в Беларуси: от 222 дней на востоке области в Гомеле до 232 дней на юго-западе области в Бресте. В среднем по области этот период был равен 227 дням. Сумма температур за вегетационный период колебалась от $3\,354^{\circ}\text{C}$ в Мозыре до $3\,336^{\circ}\text{C}$ на западе области в Бресте. Средняя по области сумма температур за вегетационный период была наибольшей для Беларуси – $3\,285^{\circ}\text{C}$ и возросла по сравнению с первой Новой областью более чем на 200°C .

Наибольшим был и период активной вегетации (средняя суточная температура воздуха выше 10°C). В среднем по области он составлял 170 дней, что на три недели длиннее, чем в Северной, и на одну неделю – в Южной областях. Следовательно, за период активной вегетации тепла накапливалось на $400\text{--}600^{\circ}\text{C}$ больше, чем в Северной, и на $110\text{--}270^{\circ}\text{C}$ больше, чем в Южной областях. В среднем по области сумма температур за период активной вегетации составляла $2\,880^{\circ}\text{C}$: от $2\,861^{\circ}\text{C}$ в Мозыре до $2\,905^{\circ}\text{C}$ в Гомеле.

Продолжительность самого теплого периода лета (средняя суточная температура воздуха выше 15°C) находилась в пределах от 111 дней на востоке области в Гомеле до 122 дней на западе в Бресте и в среднем составляла 116 дней, являясь самой большой для Беларуси.

В Новой области отмечалась и наибольшая продолжительность беззаморозкового периода в воздухе – в среднем 180 дней (от 178 дней в Мозыре до 183 дней в Гомеле). Продолжительность беззаморозкового периода на почве в среднем была короче на 16 дней, чем в воздухе, – 164 дня. Первые весенние заморозки обычно заканчивались 18 апреля, осенью начинались в среднем 10 октября. Следует отметить, что первые весенние заморозки на почве заканчивались примерно на 10 дней позже, чем в воздухе, а осенью начинались почти в одновременно – 11 октября.

Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ниже 0 °С в Новой области меньше на 18 дней, чем в Северной, и на 4 дня, чем в Южной, и варьировала от 100 дней на востоке области в Гомеле до 74 дней на юго-западе области в Бресте, в среднем по области составляя 90 дней. Наиболее коротким здесь был и период залегания снежного покрова – от 66 дней на юго-западе области в Бресте до 86 дней на востоке области в Гомеле (в среднем по области 76 дней). Средняя глубина промерзания почвы – 20 см, средняя из наибольших – 36 см. Сумма отрицательных температур по области в среднем составляла –225 °С, что примерно на 150 °С меньше (по абсолютной величине), чем в Северной области. Наименьшие значения (–126 °С) наблюдались в Бресте, наибольшие (–306 °С) – в Гомеле. Повторяемость числа лет с отрицательными температурами воздуха –20 °С и ниже и высотой снега 10 см и ниже колебалась от 35 % на востоке области в Гомеле до 26 % на западе в Бресте. Средняя по области повторяемость числа дней с отрицательными температурами воздуха –20 °С и ниже и высотой снега 10 см и ниже – 31 %. Это меньше, чем при образовании 1-й Новой области (43 %).

Годовая сумма осадков в Новой области составляла 640 мм с максимумом (680 мм) в Мозыре и минимумом (613 мм) в Бресте. В теплый период выпадало в среднем по области 433 мм осадков. В распределении осадков по территории области в теплый период отмечалась та же тенденция, что и за год – от 443 мм в Мозыре до 428 мм в Бресте.

Мягкопластичное состояние почвы в среднем наступало в конце второй – начале третьей декады марта (18–27 марта), средняя дата – 21 марта. Обработка легких почв была возможна и в более ранние сроки. На большей части области в слое почвы 0–20 см в мае – июне содержалось от 21 мм продуктивной влаги в Гомеле до 35 мм – в Пинске. Повторяемость почвенных засух в мае – июне составляла в среднем 73 %, наибольшая повторяемость почвенных засух в этот период наблюдалась на легких почвах в Бресте – 83 %, наименьшая, но достаточно высокая, в Пинске – 61 %.

Новая область характеризовалась наиболее продолжительным и теплым вегетационным периодом и неустойчивым увлажнением. Число дней с температурой воздуха равной и выше 25 °С в среднем по области составляло 58 дней. Это больше на 4 дня, чем в Южной, на 13 дней, чем в Центральной, и на 22 дня, чем в Северной областях. Бездождный период длился в среднем 25 дней, примерно столько, как и в других областях. Следует отметить, что отличительной особенностью Новой области являются частые продолжительные засухи и другие засушливые явления, которые приводят к истощению запасов почвенной влаги и нарушению водного баланса растений, особенно на легких песчаных и супесчаных почвах. В южных районах на очень легких по механическому составу почвах дефицит почвенной влаги может привести к большим потерям урожая.

Агроклиматические условия этой области по теплообеспеченности в целом благоприятны как для возделывания основных сельскохозяйственных культур, так и некоторых южных теплолюбивых культур, которые ранее являлись нетипичными для этой территории. К таким относятся соя, подсолнечник, просо, сорговые культуры, виноград, персики, орехоплодные культуры, абрикосы, арбузы и др. В сложившихся агроклиматических условиях урожай картофеля в этом регионе нередко бывает пониженным. Высокая температура в период клубнеобразования вызывает замедление роста клубней. Достаточное количество сумм температур позволяет получать качественное зрелое зерно кукурузы. В неблагоприятные годы для зерновых колосовых культур, когда они в ранние фазы подвержены засухе, урожайность кукурузы получается чаще всего высокой при соответствующей агротехнике. Метеорологические условия последних лет характеризуются как особенно экстремальные (лето жаркое и сухое). Как мера борьбы с засухой – расширение посевов озимых культур, засухоустойчивых трав (люцерна, донник, экспарцет). Агроклиматические ресурсы Новой агроклиматической области хорошо подходят для выращивания подсолнечника. Он обладает мощной, хорошо развитой корневой системой, поэтому относительно устойчив к засухе, но при этом сильно истощает почву и требует плодородных почв и высокого уровня агротехники. В Новой агроклиматической области после уборки озимых культур до наступления осенних холодов остается достаточно тепла для получения кормов от пожнивных культур. В то же время необходимо отметить, что для повышения урожая многих культур в связи с ростом тепла требуется повышение уровня агротехники и дополнительные ресурсы влаги (дождевание, капельный полив и др.).

Выводы. Выполнено районирование территории Беларуси по условиям теплообеспеченности (по суммам температур выше 10 °С); дана оценка увлажнения почв (повторяемость почвенных за-

сух и значения запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы 0–20 см) за наиболее теплые десятилетия 2000–2022 гг.

Проведено разделение территории Беларуси на западную и восточную части (подобласти) по годовой амплитуде (24 °C) температур воздуха самого теплого (июль) и самого холодного (январь) месяцев как мере континентальности климата.

Представлены в пределах новых границ агроклиматических областей современные значения климатических и агроклиматических показателей, характеризующие условия произрастания сельскохозяйственных культур.

Оценены агроклиматические ресурсы и условия произрастания основных сельскохозяйственных культур в пределах выделенных границ агроклиматических областей.

Полученные результаты исследования могут быть использованы в погодозависимых отраслях, в первую очередь в Министерстве сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь и Министерстве лесного хозяйства Республики Беларусь при планировании и принятии управленческих решений, с учетом изменения климатических и агроклиматических ресурсов, а также в учебных заведениях Министерства образования Республики Беларусь при подготовке программ, учебных пособий, информационных материалов, связанных с оценкой климатических и агроклиматических ресурсов в условиях современного изменения климата.

Список использованных источников

1. Мельник, В. И. Оценка агроклиматических ресурсов территории Беларуси за период 1989–2015 гг. / В. И. Мельник, И. С. Данилович, И. Ю. Кулешова // Природные ресурсы. – 2018. – № 2. – С. 88–101.
2. Логинов, В. Ф. Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования / В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко, В. И. Мельник. – 2-е изд., доп. – Минск: Энциклопедикс, 2020. – 264 с.
3. Мельник, В. И. Оценка позитивных и негативных последствий потепления климата для условий произрастания сельскохозяйственных культур на территории Беларуси / В. И. Мельник, Е. В. Комаровская // Десять лет сотрудничества России и Беларуси в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды и перспективы его дальнейшего развития: сб. докл. науч.-практ. конф., Москва, 12–14 дек. 2006 г. – М., 2006. – С. 218–221.
4. Мельник, В. И. Возможные изменения климатических и агроклиматических характеристик в XXI веке на территории Беларуси и их влияние на сельское хозяйство / В. И. Мельник, Я. А. Соколовская, Е. В. Комаровская // Природные ресурсы. – 2017. – № 2. – С. 118–125.
5. Melnik, V. I. Features of Climate Change on the Territory of the Republic of Belarus / V. I. Melnik, E. V. Komarovskaya // Materials of 7th Conference on BALTEX, Borgholm, Island of Öland, Sweden, 2013. – P. 80–81.
6. Изменения климата и их последствия: научное издание / В. Ф. Логинов, Г. И. Сачок, В. И. Мельник [и др.]; под общ. ред. В. Ф. Логинова; Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии НАН Беларуси. – Минск: Тонпик, 2003. – 330 с.
7. Мельник, В. И. Основные результаты мониторинга изменения климата на территории Республики Беларусь / В. И. Мельник // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 6–7 апр. 2016. – Брест, 2016. – С. 228–235.
8. Мельник, В. И. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность основных сельскохозяйственных культур Беларуси: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23 / Мельник Виктор Иванович / Бел. гос. ун-т. – Минск, 2004. – 21 с.
9. Природа Беларуси: энциклопедия: в 3 т. / редкол. Т. В. Белова [и др.] – Минск: Беларус. Энцыкл. імя Пётруся Броўкі, 2009–2014. – Т. 1. Земля и недра. – 2009. – 464 с.
10. Сиротенко, О. Д. Методы оценки изменений климата для сельского хозяйства и землепользования: метод. пособие / О. Д. Сиротенко. – М., 2007. – 77 с.
11. Логинов, В. Ф. Изменение площадей агроклиматических областей на территории Беларуси / В. Ф. Логинов, Т. Г. Табальчук // Природопользование: сб. науч. тр. – Минск, 2014. – Вып. 25. – С. 47–52.
12. Давыденко, О. В. Агроклиматическое районирование в Беларуси в условиях изменения климата / О. В. Давыденко // Вестник Белорусского государственного университета. Серия 2. Химия. Биология. География. – 2009. – № 1. – С. 106–111.
13. Шкляр, А. Х. Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве / А. Х. Шкляр. – Минск: Выш. шк., 1973. – 300 с.
14. Справочник по показателям и индексам засушливости / Всемирная метеорологическая организация и Глобальное водное партнерство. – Женева, 2016. – 53 с.

Поступила 28.02.2025

В. В. Юрко, В. Л. Юхневич, В. Е. Белаш, Ю. Д. Марченко, Е. Б. Евсеев

*Полесский государственный радиационно-экологический заповедник,
Хойники, Беларусь, e-mail: yurkovaleri@mail.ru***ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ
ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ СЕЗОНОВ И ПОДСЕЗОНОВ
НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Аннотация. На основании фенологических индикаторов за трехлетний период (2021–2023 гг.) в условиях Полесского государственного радиационно-экологического заповедника были установлены средние сроки наступления сезонов и подсезонов года, зарегистрирована их продолжительность. Были определены соотношения температур фенологических и календарных сезонов, показана их взаимосвязь. В 2023 г. из-за высоких средних январских температур наблюдалось раннее пробуждение природы, повлекшее за собой быстрое развитие растений и более раннее цветение лещины (*Corylus avellana*), березы повислой (*Betula pendula*), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*), липы мелколистной (*Tilia cordata*) и других растений, и связанное с более длинным вегетационным периодом. Два сезона года (фенологические и календарные зима и осень) за трехлетний период показали положительную динамику средних температур и были выше средних многолетних значений. Календарная весна показала положительную динамику, но не превысила температуру средних многолетних значений, а средняя температура календарного лета снижалась от года к году, но оказалась выше средних многолетних значений. Средние температуры фенологических весны и лета за трехлетний период были относительно стабильными и не превысили температур средних многолетних значений. Установлено, что такие фенологические сезоны, как зима, весна и лето, в заповеднике начинаются раньше календарных сроков, а осень – позже.

Ключевые слова: фенологический год, сезон, подсезон, феноиндикаторы, пробуждение природы

V. V. Yurko, V. L. Yukhnovich, V. E. Belash, Yu. D. Marchenko, E. B. Evseev

*Polesie State Radiation-Ecological Reserve, Khoyniki, Belarus, e-mail: yurkovaleri@mail.ru***INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE DURATION OF PHENOLOGICAL SEASONS AND SUBSEASONS
IN THE TERRITORY OF THE POLESIE STATE RADIATION-ECOLOGICAL RESERVE**

Abstract. Based on phenological indicators for a three-year period (2021–2023) in the conditions of the Polesie State Radiation-Ecological Reserve, the average timing of the onset of seasons and their subseasons was determined, and their duration was recorded. The temperature ratios between phenological and calendar seasons were determined and their relationship was shown. In 2023, due to high average January temperatures, an early awakening of nature was observed, resulting in rapid development of plants and earlier flowering: hazel (*Corylus avellana*), silver birch (*Betula pendula*), mountain ash (*Sorbus aucuparia*), small-leaved linden (*Tilia cordata*) and other plants associated with a longer growing season. Two seasons of the year: winter and autumn (phenological and calendar) over a three-year period showed positive dynamics of average temperatures, which turned out to be higher than the long-term averages. The calendar spring showed positive dynamics, but did not exceed the temperature of the long-term averages, and the average temperature of the calendar summer decreased from year to year, but was higher than the long-term averages. The average temperatures of the phenological spring and summer over a three-year period proved to be relatively stable and did not exceed the temperatures of the long-term averages. It was found that the phenological seasons: winter, spring and summer in the reserve begin earlier than the calendar dates, and autumn – later.

Keywords: phenological year, season, subseason, phenological indicators, awakening of nature

В. В. Юрко, В. Л. Юхневіч, В. Я. Белаш, Ю. Д. Марчанка, Я. Б. Яўсееў

*Палескі дзяржаўны радыяцыйна-экалагічны запаведнік, Хойнікі, Беларусь, e-mail: yurkovaleri@mail.ru***УПЛЫЎ ТЭМПЕРАТУРЫ НА ПРАЦЯГЛАСЦЬ ФЕНАЛАГІЧНЫХ СЕЗОНАЎ І ПАДСЕЗОНАЎ
НА ТЭРЫТОРЫІ ПАЛЕСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА РАДЫАЦЫЙНА-ЭКАЛАГІчнага ЗАПОВЕДНІКА**

Анатацыя. На падставе феналагічных індыхатараў за трохгадовы перыяд (2021–2023 гг.) ва ўмовах Палескага дзяржаўнага радыяцыйна-экалагічнага запаведніка былі ўстаноўлены сярэднія тэрміны наступлення сезонаў і падсезонаў года, зарэгістравана іх працягласць. Былі вызначаны суадносіны тэмператур феналагічных і календарных сезонаў, паказана іх узаемазвязь. У 2023 г. з-за высокіх сярэдніх студзенскіх тэмператур назіралі раньняе абуджэнне прыроды, якое выклікала хуткае развіццё раслін і больш раньняе цвіццenne лясшчыны (*Corylus avellana*), бярозны павіслай (*Betula pendula*), рабіны звычайнай (*Sorbus aucuparia*), ліпы драбналістай (*Tilia cordata*) і іншых раслін, і звязанае з даўжэйшым вегетацыйным перыядам. Два сезоны года (феналагічныя і календарныя зіма і восень) за трохгадовы перыяд паказалі станоўчую дынаміку сярэдніх тэмператур і былі вышэйшымі за сярэднія шматгадовыя значэнні. Календарная вясна паказала станоўчую дынаміку, але не перавысіла тэмпературу сярэдніх шматгадовых значэнняў.

а сярэдняя тэмпература каляндарнага лета зніжалася ад года да года, але была вышэйшай за сярэднія шматгадовыя значэнні. Сярэднія тэмпературы фэналагічнай вясны і лета за трохгадовы перыяд былі адносна стабільнымі і не перавысілі сярэдніх тэмпературных значэнняў. Устаноўлена, што такія фэналагічныя сезоны, як зіма, вясна і лета, у запаведніку пачынаюцца раней каляндарных тэрмінаў, а восень – пазней.

Ключавыя словы: фэналагічны год, сезон, падсезон, фэнаіндыкатары, абуджэнне прыроды

Введение. Значительные глобальные и региональные изменения климата, наблюдаемые в последние десятилетия [1, 2], делают фенологические наблюдения особенно актуальными. Существенный научный и практический интерес представляет возможность проследить воздействие температуры, увлажнения и других параметров на особенности сезонной ритмики процессов, протекающих в природе конкретного региона. Все явления природы, периодически повторяющиеся через определенные сроки, являются хорошими комплексными показателями местных физико-географических условий, поскольку в процессе своего развития они отражают воздействие всех географических факторов, и в первую очередь климата.

Материалы и методы исследований. Фенологические исследования проведены в бывшем населенном пункте (б. н. п.) Бабчин и его окрестностях на базе научной части Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ) на четырех фенологических маршрутах, проходящих по разнообразным биотопам с максимальным охватом природного биоразнообразия.

Большинство природных явлений, происходящих в умеренном климатическом поясе, подчиняются температурному режиму и соответствуют зимнему и летнему периодам. Весна и осень выступают своеобразным буфером перехода от тепла к холоду и наоборот, поэтому времена года (сезоны) были разбиты на подсезоны. Зимние подсезоны: «предзимье», «первозимье», «глубокая зима» и «перелом зимы»; весенние – «предвесенье», «оживление весны», «разгар весны»; летние – «предлетье», «начало лета», «полное лето» и «спад лета»; осенние – «начало осени», «золотая осень» и «глубокая осень».

Смена одного подсезона другим определяется фенологическими явлениями-индикаторами. Для зимнего сезона выбраны следующие феноиндикаторы: подсезон «предзимье» начинается с выпадением первого снега и его сохранением в течение суток; «первозимье» – с полным замерзанием выбранного в качестве модели озера. За индикатор третьего подсезона «глубокая зима» взят климатический показатель – переход среднесуточной температуры ниже -5°C и ее сохранение не менее трех суток. Для подсезона «перелом зимы» индикатором является начало пения большой синицы (*Parus major*), а вспомогательным феноиндикатором служит пробуждение (отрыв чехлика от основания) цветочных почек ивы козьей (*Salix viminalis*), остролистной (*Salix acutifolia*) и др.

Весенними феноиндикаторами являются прилет полевых жаворонков (*Alauda arvensis*) («предвесенье»), начало цветения лещины (*Corylus avellana*) («оживление весны») и появление различных по форме листочков березы повислой (*Betula pendula*) («разгар весны»).

Индикаторами летнего периода для подсезона «предлетье» следует считать начало цветения рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*); «начало лета» – зацветание шиповника собачьего (*Rosa canina*); «полное лето» – цветение липы мелколистной (*Tilia cordata*); «спад лета» – зацветание вереска (*Calluna vulgaris*).

Для подсезона «начало осени» характерны такие феноиндикаторы, как появление желтых ягод на березе повислой; «золотая осень» – преобладание в природе других цветов, кроме зеленого; «глубокая осень» – завершение листопада у деревьев.

В целом название подсезонов и их количество в разных регионах СНГ различно [3, 4].

Для работы использовались метод «регистратор срока» (классический) по методике В. А. Батманова и интегральный метод, при котором явление считалось наступившим при участии 10 % особей цветущих деревьев, например липы мелколистной на маршруте [5].

Наблюдение за индикаторами с целью выявления начала наступления фенологического явления на выбранных маршрутах проводилось ежедневно. При определении средней арифметической в случае, когда даты были разбросаны по двум месяцам, они приводились в единый ряд [5]. Построение графиков линейной зависимости выполнено в программе Excel.

Использованы метеорологические данные исследовательской станции Масаны (2021 г.) и данные Брагинской метеорологической станции за 2022–2023 гг., взятые из сети Интернет (<http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=33038>).

Результаты и их обсуждение. Продолжительность и сравнительная характеристика температур фенологических подсезонов. Начало зимы на территории ПГРЭЗ чаще не соответствует календарным данным. Как видно из табл. 1, за три года исследований этот сезон начинался во второй половине ноября в среднем 22 числа этого месяца.

Таблица 1. Показатели продолжительности фенологических подсезонов зимы в 2021–2023 годах

Подсезон	Год					
	2021		2022		2023	
	Период	Количество дней	Период	Количество дней	Период	Количество дней
Предзимье	18.11.2020–06.12.2020	19	01.12.2021–06.12.2021	6	19.11.2022–01.12.2022	13
Первозимье	07.12.2020–13.01.2021	38	07.12.2021–20.12.2021	14	02.12.2022–03.12.2022	2
Глубокая зима	14.01.2021–14.02.2021	32	21.12.2021–09.02.2022	51	04.12.2022–19.01.2023	47
Перелом зимы	15.02.2021–20.02.2021	6	10.02.2022–17.02.2022	8	20.01.2023–24.02.2023	36
Весь сезон	18.11.2020–20.02.2021	94	01.12.2021–17.02.2022	79	19.11.2022–24.02.2023	98

Подсезон «предзимье» в 2021 и 2023 гг. начался 18 ноября. В 2022 г. зима и первый фенологический подсезон «предзимье» совпали с общепринятым календарем и начались 1 декабря. Связано это было в основном с положительным температурным режимом, а предзимье в 2021 г. оказалось самым теплым за три года со средней температурой 1,1 °С (табл. 2). В последующие зимы температуры предзимья понижались до –1,6 °С в 2023 г. Продолжительность первого зимнего подсезона была 19, 6 и 13 дней соответственно и в среднем составила 13 дней.

Таблица 2. Показатели среднесуточных температур фенологических подсезонов зимы в 2021–2023 годах, °С

Подсезон	Год		
	2021	2022	2023
Предзимье*	1,1	–0,7	–1,6
Первозимье	–0,1	1,0	–3,3
Глубокая зима	–7,0	–2,8	–1,2
Перелом зимы	–12,5	1,0	–1,2
Средняя температура сезона	–4,6	–0,4	–1,8

Примечание. * – берутся данные предыдущего года.

Второй зимний подсезон «первозимье» наступает в среднем 5 декабря. Индикатором является полное замерзание озера в а.г. Стреличево. Более раннее наступление подсезона отмечено 2 декабря 2022 г., что было на пять дней раньше, чем в предыдущие годы. Колебания продолжительности второго зимнего подсезона довольно значительны – от 2 до 38 дней, в среднем его продолжительность составила 18 дней. Самым холодным подсезон «первозимье» был в 2023 г. – в среднем –3,3 °С, а самым теплым в 2022 г. – 1,0 °С.

С установившимися устойчивыми средними температурами –5 °С и ниже начинается третий подсезон «глубокая зима». В ПГРЭЗ в среднем это происходит 23 декабря, однако также со значительными колебаниями. В 2021 г. он наступил позднее всего – 14 января, а наиболее раннее наступление отмечено 4 декабря 2022 г.

Для условий ПГРЭЗ подсезон «глубокая зима» в 2021–2023 гг. являлся самым продолжительным, составившим 32, 51 и 47 суток соответственно, в среднем – 43 дня. Лишь зимой 2021 г. он был короче подсезона «первозимье» на 7 суток.



Рис. 1. Пробуждение цветочных почек ивы остролистной (20.01.2023)

Подсезон «глубокая зима» в 2023 г. оказался самым теплым – при средней температуре –1,2 °С (см. табл. 2). Средние значения температур с 17 по 23 января были положительными, а 18 февраля – самыми высокими: минимальная и максимальная температуры составили 3,7 и 8,6 °С соответственно. Такие теплые зимы в Беларуси могут наблюдаться раз в 10 лет [6]. В результате этого очень рано (20 января 2023 г.), в сравнении с предыдущими годами, начали петь большие синицы и другие виды этого рода птиц. Началась вегетация у деревьев: ив остролистной (*Salix acutifolia*) и козьей (*Salix caprea*), а также у других видов. Чехлики, укрывающие цветочные почки на ветвях указанных ив, оторвались от основания, а на некоторых отвалились полностью (рис. 1).

В среднем четвертый подсезон «перелом зимы» наступает 6 февраля, наиболее ранний срок отмечен в 2023 г. – 20 января и поздний в 2021 г. – 15 февраля. В 2021 и 2022 гг. фенологический подсезон «перелом зимы» был непродолжительным и составил 6 и 8 дней соответственно. В 2023 г. он длился больше месяца – 36 дней. Это было связано с усилившимися морозами

в конце февраля (см. табл. 2), пасмурной погодой и присутствием снега. В этот год за два последних зимних месяца было всего 14 ясных дней, в большинстве из которых солнце появлялось лишь на непродолжительное время. В связи с этим наступление весны задерживалось и ее феноиндикаторы – полевые жаворонки (*Alauda arvensis*) в массе появились лишь 25 февраля, на 4 и 7 дней позже, чем в прошлые годы.

Весна как пора года и ее первый подсезон «предвесенье» в среднем начинаются 21 февраля, как уже указывалось выше, с прилетом полевых жаворонков. Как правило, к этому времени на территории ПГРЭЗ уже сходит снег. Продолжительность подсезона в среднем составляет 22 дня, однако в 2023 г. он оказался короче двух предыдущих лет на 10 и 11 дней соответственно. Завершилось «предвесенье» в 2023 г. 11 марта с цветением лещины, что произошло на 3 и 7 дней раньше, чем в 2021 и 2022 гг., несмотря на более низкие температуры подсезона в предыдущие годы (табл. 3 и 4). Столь раннее цветение этого кустарника, как и у ив, было связано с более высокими температурами второй половины зимы и, как следствие, более продолжительной вегетацией.

Таблица 3. Показатели продолжительности фенологических подсезонов весны в 2021–2023 годах

Подсезон	Год					
	2021		2022		2023	
	Период	Количество дней	Период	Количество дней	Период	Количество дней
Предвесенье	21.02–18.03	26	18.02–14.03	25	25.02–11.03	15
Оживление весны	19.03–18.04	31	15.03–19.04	36	12.03–15.04	35
Разгар весны	19.04–23.05	35	20.04–19.05	30	16.04–13.05	28
Весь сезон	21.02–23.05	92	18.02–20.05	91	25.02–13.05	78

Таблица 4. Показатели среднесуточных температур фенологических подсезонов весны в 2021–2023 годах, °С

Подсезон	Год		
	2021	2022	2023
Предвесенье	1,3	0,9	0,4
Оживление весны	5,5	4,9	6,7
Разгар весны	11,0	10,9	10,3
Средняя температура сезона	5,9	5,6	5,8

Средняя дата наступления второго подсезона «оживление весны» приходится на 15 марта. В 2021 г. из-за более холодного зимнего сезона, средняя температура которого составила $-4,6^{\circ}\text{C}$ (см. табл. 2), развитие генеративных почек растения-индикатора задерживалось, несмотря на более высокую температуру подсезона «предвесенье», средняя температура которого была $1,3^{\circ}\text{C}$. Тем не менее подсезон «оживление весны» в 2021 г. наступил 19 марта, соответственно на 4 и 7 дней позже, чем в последующие два года. Средняя продолжительность подсезона за три года составила 34 дня.

Фенологический подсезон «разгар весны» начинается с появлением различных по форме листочков у березы повислой. Раньше всего он наступил в 2023 г. – 16 апреля и позднее всего в 2022 г. – 20 апреля (см. табл. 4). Средняя продолжительность подсезона составила 31 день с максимумом 35 дней в 2021 г. и минимумом в 2023 г. – 28 дней.

Несмотря на то что средние температуры весенних сезонов были почти одинаковыми, продолжительность весны 2023 г. оказалась значительно короче данной поры 2021 и 2022 гг. на 13 и 14 дней соответственно. На сокращение весеннего периода в 2023 г. оказали влияние более высокие средние температуры подсезона «глубокая зима», что стимулировало более быстрое развитие растений-индикаторов – лещину и березу повислую (см. табл. 2 и 4). Это подтверждает и более раннее начало вегетации чубушника (*Philadelphus* sp.) за все годы наблюдений. В середине февраля 2023 г. на его ветвях набухли почки, а на некоторых начали разворачиваться листочки (рис. 2).

В ПГРЭЗ индикатором наступления лета является начало цветения рябины обыкновенной. За три года исследований средняя дата наступления фенологического лета пришлась на 19 мая, с более ранним началом в 2023 г. (14 мая) и наиболее поздним в 2021 г. (с 24 мая). Как видно, подсезон «предлетье» в 2021 и 2022 гг. начался соответственно на 10 и 6 дней позже, чем в 2023 г. (табл. 5–6).



Рис. 2. Разворачивание листьев чубушника зимой (16.02.2023)

**Таблица 5. Показатели продолжительности фенологических подсезонов лета
в 2021–2023 годах**

Подсезон	Год					
	2021		2022		2023	
	Период	Количество дней	Период	Количество дней	Период	Количество дней
Предлетье	24.05–06.06	14	20.05–05.06	17	14.05–25.05	12
Начало лета	07.06–24.06	18	06.06–25.06	20	26.05–17.06	23
Полное лето	25.06–09.08	46	26.06–12.08	48	18.06–31.07	44
Спад лета	10.08–12.09	34	13.08–08.09	27	01.08–11.09	42
Весь сезон	24.05–12.09	112	20.05–08.09	112	14.05–11.09	121

**Таблица 6. Показатели среднесуточных температур фенологических подсезонов лета
в 2021–2023 годах, °С**

Подсезон	Год		
	2021	2022	2023
Предлетье	15,3	14,5	17,9
Начало лета	21,1	19,5	17,7
Полное лето	22,9	19,7	20,0
Спад лета	16,8	18,3	20,5
Средняя температура сезона	19,0	18,0	19,0

Средняя продолжительность первого подсезона лета за три года составила 14 дней с максимумом в 2022 г. – 17 дней и коротким периодом в 2023 г. – 12 дней.

Несмотря на то что температура подсезона «разгар весны» в предыдущие годы была на 0,7 и 0,6 °С выше, тем не менее подсезон «предлетье» в 2023 г. наступил раньше на 10 и 6 дней, чем в 2021 и 2022 г. (см. табл. 4 и 5). Это связано с тем, что более продолжительный вегетационный период позволил растениям-индикаторам раньше накопить необходимую для цветения сумму эффективных температур [7].

Второй подсезон «начало лета» связан с цветением шиповника собачьего. В среднем в заповеднике это происходит 3 июня. В 2023 г. было отмечено наиболее раннее цветение этого растения – с 26 мая, в 2021 и 2022 гг. – с 7 и 6 июня соответственно.

За три года средняя продолжительность этого подсезона составила 20 дней с минимумом в 2021 г. (18 суток) и максимумом в 2023 г. (23 дня).

Подсезон «полное лето» связан с началом цветения липы мелколистной. Средняя дата наступления подсезона приходится на 23 июня. Раньше всего подсезон начался в 2023 г. – 18 июня и позже всего в 2022 г. – 26 июня. В данном случае также прослеживается связь с более ранним началом вегетации, оказавшими влияние на раннее цветение липы в 2023 г. Подсезон «полное лето» является наиболее продолжительным. В среднем в условиях ПГРЭЗ он длится 46 дней и заканчивается 7 августа.

В среднем с 8 августа с началом цветения вереска наступает четвертый подсезон «спад лета». Наиболее позднее наступление подсезона отмечено с 13 августа в 2022 г., а раннее – с 1 августа 2023 г. Продолжительность подсезона в среднем составляет 32 дня с минимумом (27 дней) в 2022 г. и максимумом (35 дней) в 2023 г. Заканчивается подсезон в среднем 10 сентября.

Летняя пора года, по сравнению с другими сезонами, в ПГРЭЗ – самая продолжительная и в среднем составляет 115 дней со средней фенологической температурой 18,6 °С. Лето 2022 г. по температурному показателю было холоднее на 1 °С, чем два других (см. табл. 6). Однако цветение растений-феноиндикаторов в 2023 г. было более ранним, чем в предыдущие годы. Это связано с тем, что более теплый подсезон «глубокая зима» запустил механизм пробуждения природы (см. табл. 2 и 4). Он в последующем способствовал и более бурному развитию флоры, ускоряя вегетацию и начало цветения феноиндикаторов. Этот феномен был подмечен ранее другими исследователями [7–10].

Фенологическая осень начинается с появления длинных желтых прядей на березе повислой. За три года, несмотря на различия температур подсезона «спад лета» (см. табл. 6), особых отклонений в наступлении подсезона «начало осени» не обнаружено. Получилась лишь небольшая разбежка в 4 дня: 9 сентября в 2022 г. и 13 сентября в 2021 г. В среднем в ПГРЭЗ осень начинается с 11 сентября (табл. 7, 8). Первый осенний подсезон «начало осени» в среднем длится 25 суток. Минимальное количество дней (15) отмечено в 2021 г. и максимальное (34 дня) в 2023 г.

Таблица 7. Показатели продолжительности фенологических подсезонов осени в 2021–2023 годах

Подсезон	Год					
	2021		2022		2023	
	Период	Количество дней	Период	Количество дней	Период	Количество дней
Начало осени	13.09–27.09	15	09.09–05.10	27	12.09–15.10	34
Золотая осень	28.09–28.10	31	06.10–25.10	20	16.10–04.11	20
Глубокая осень	29.10–30.11	33	26.10–18.11	24	05.11–21.11	17
Весь сезон	13.09–01.12	79	09.09–18.11	71	12.09–21.11	71

Таблица 8. Показатели среднесуточных температур фенологических подсезонов осени в 2021–2023 годах, °С

Подсезон	Год		
	2021	2022	2023
Начало осени	10,9	10,9	14,3
Золотая осень	6,8	8,9	8,4
Глубокая осень	4,2	6,4	3,8
Средняя температура сезона	7,3	8,7	8,8

Более высокая температура в начале осени 2023 г. (на 3,4 °С по сравнению с предыдущими годами) значительно продлила вегетацию растений и задержала наступление второго подсезона «золотая осень» в среднем на две недели (см. табл. 8 и 7). Однако мороз –5,7 °С, отмеченный 11 октября 2023 г., резко ускорил наступление второго подсезона.

Подсезон «золотая осень» в среднем наступает 6 октября с ранней отмеченной датой 28 сентября в 2021 г. и поздней – 16 октября в 2023 г. Его продолжительность в среднем составляет 24 дня. В 2022 и 2023 гг. подсезон длился 20 дней, но в 2021 г. он оказался более продолжительным – 31 день. В 2023 г. преобладавшая в подсезоне дождливая погода (15 дней) с сильными ветрами (16–17 м/с) сократила его продолжительность, тем не менее подсезон закончился 4 ноября, на 10 и 7 дней соответственно позже, чем в два предыдущих года.

После опадения листвы с деревьев начинается подсезон «глубокая осень». В среднем начало этого подсезона пришлось на 30 октября с разбегом в 11 суток: 26 октября в 2022 г. и 5 ноября в 2023 г. Его средняя продолжительность составила 24 суток с минимумом (17 дней) в 2023 г. и максимумом (33 дня) в 2021 г.

В 2021 г. и подсезон «глубокая осень», и в целом весь осенний период закончился 30 ноября, что совпало с общепринятым календарем. Из-за этого весь осенний сезон оказался продолжительнее на 8 дней, чем эти сезоны в последующие два года.

Продолжительность и сравнительная характеристика температур фенологических и календарных сезонов. Из табл. 9 и 10 видно, что зимний фенологический сезон 2021 г. продолжался 94 дня при средней температуре –4,6 °С. В 2022 г. этот сезон был самым коротким – 79 дней при средней температуре –0,4 °С. Зима 2023 г. была холоднее на 4,2 °С и началась она на две недели раньше (табл. 9 и 10).

Начало фенологической зимы 2023 г. на один день не совпало с таковым в 2021 г. Эта зима оказалась самой продолжительной, несмотря на более высокий показатель средних температур (–1,8 °С), чем в 2021 г. (–4,6 °С).

Календарные зимние сезоны по температурному показателю стабилизировались в 2022–2023 гг. и в целом за три года средняя температура составила –2,0 °С (табл. 11).

По фенологическим среднетемпературным показателям такого равного повышения температур не наблюдалось, но потепление заметно (см. табл. 10, рис. 3).

Фенологическая зима 2023 г. оказалась холоднее зимы 2022 г. на 1,4 °С, но теплее зимы 2021 г. на 2,8 °С. Средний общий фенологический показатель зимних температур за три года составил –2,3 °С, что на 0,3 °С ниже, чем в среднем общая температура календарной зимы. В целом, за исключением 2022 г., фенологические зимы на территории ПГРЭЗ оказались холоднее зим календарных. Самая холодная и фенологическая (–4,6 °С), и календарная (–3,9 °С) зима была в 2021 г., а самыми теплыми – фенологическая (–0,4 °С) в 2022 г. и календарная (–1,3 °С) в 2022–2023 гг. (см. табл. 10 и 11).

Применив пакет Microsoft Excel удалось получить довольно показательные и достоверные полиномиальные линии тренда с коэффициентами детерминации превышающими 0,8. Тренд общих средних фенологических и календарных зимних температур указывает на потепление относительно средней многолетней (–3,7 °С) зимней температуры на 1,4 и 1,7 °С соответственно. (см. рис. 3).

Таблица 9. Показатели продолжительности фенологических сезонов в 2021–2023 годах

Сезон	Год					
	2021		2022		2023	
	Период	Количество дней	Период	Количество дней	Период	Количество дней
Зима	18.11.2020– 20.02.2021	94	01.12.2021– 17.02.2022	79	19.11.2022– 24.02.2023	98
Весна	21.02.2021– 23.05.2021	92	18.02.2022– 20.05.2022	91	25.02.2023– 13.05.2023	78
Лето	24.05.2021– 12.09.2021	112	20.05.2022– 08.09.2022	112	14.05.2023– 11.09.2023	121
Осень	13.09.2021– 30.11.2021	79	09.09.2022– 18.11.2022	71	12.09.2023– 21.11.2023	71
Весь фенологический год	18.11.2020– 30.11.2021	377	01.12.2021– 18.11.2022	353	19.11.2022– 21.11.2023	368

Таблица 10. Средние показатели температур фенологических сезонов в 2021–2023 годах

Сезон	Год			Общая средняя температура за сезон
	2021	2022	2023	
Зима	–4,6	–0,4	–1,8	–2,3
Весна	5,9	5,6	5,8	5,8
Лето	19,0	18,0	19,0	18,7
Осень	7,3	8,7	8,8	8,3
Средняя температура за фенологический год	6,9	8,0	8,0	7,6

Таблица 11. Средние показатели температур календарных сезонов в 2021–2023 годах

Сезоны	Года			Общая средняя температура за сезон
	2021	2022	2023	
Зима	–3,3	–1,3	–1,3	–2,0
Весна	7,5	7,0	9,3	7,9
Лето	21,2	20,5	20,2	20,6
Осень	7,4	7,7	9,6	8,2
Средняя температура за год	8,2	8,5	9,5	8,7

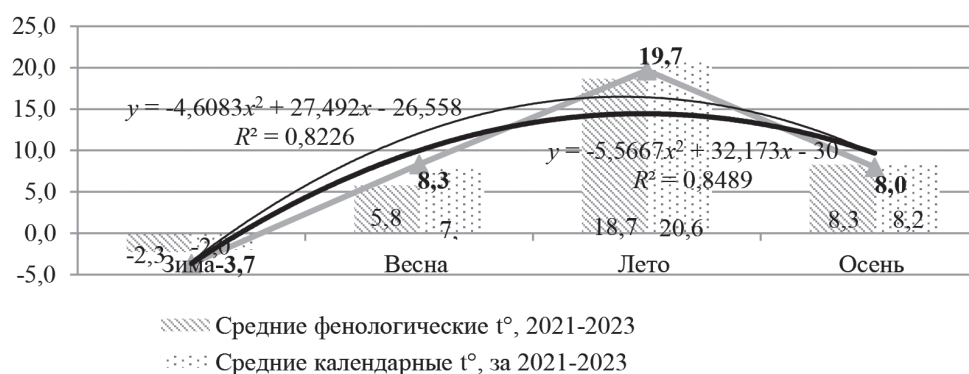


Рис. 3. Взаимосвязь средних фенологических, календарных и многолетних температур

Потепление зимой в северном полушарии при рассмотрении календарных температур отмечают и другие исследователи [11–14].

На территории ПГРЭЗ фенологическая зима длилась 79–98 дней, а средняя ее продолжительность составила 90 дней.

Фенологическая весна в среднем начинается 21 февраля, наиболее раннее ее наступление отмечено 18 февраля 2022 г. и позднее – 25 февраля 2023 г. Разбежка крайних значений начала весны составила 7 дней. Продолжительность фенологической весны в среднем составила 87 дней с минимумом (78 дней) в 2023 г. и максимумом (92 дня) в 2021 г.

По температурному режиму фенологические весны отличались на 0,2–0,3 °С, а их средняя температура составила 5,8 °С. Средняя общая температура календарной весны оказалась на 2,1 °С выше весны фенологической и составила 7,9 °С. Разбежка средних температур календарных весен составила 2,3 °С: от 7,0 °С в 2022 г. до 9,3 °С в 2023 г. (см. табл. 10 и 11). Тренд и фенологических, и календарных общих средних весенних температур показал на похолодание: фенологических – на 2,5 °С, а календарных – на 0,4 °С (см. рис. 3).

Фенологическое лето в заповеднике наступает в среднем 19 мая, самым ранним (14 мая) оно оказалось в 2023 г. и поздним (24 мая) – в 2021 г. Разбежка составила 10 дней. Заканчивается этот фенологический сезон в начале календарной осени в среднем 10 сентября. Параметры между крайними сроками окончания лета составили всего 4 дня (см. табл. 9).

Из всех фенологических сезонов лето оказалось самым долгим – в среднем 115 дней. Более продолжительным оно было в 2023 г. – 121 день, что на 9 дней больше, чем в два предыдущих года (см. табл. 9). По-видимому, столь резкое увеличение продолжительности лета является своеобразной аномалией, так как два предыдущих сезона были стабильны, однако увеличение лета на два дня за 30-летний период отмечено на востоке Русской равнины [12].

В термическом плане летний фенологический сезон оказался стабильным, однако с понижением на 1 °С в середине исследуемого трехлетнего периода. Средняя температура этого фенологического сезона составила 18,7 °С.

Календарное же лето за данный трехлетний период показывает понижение температур в 2021 г. на 0,7 °С (2022 г.) и 0,3 °С (2023 г.). Однако средняя общая температура календарного лета (2021–2023 гг.) составила 20,6 °С, что на 1,9 °С выше лета фенологического и на 0,9 °С выше средних многолетних значений (см. рис. 3).

Из четырех сезонов года фенологическая осень оказалась самой короткой, ее средняя продолжительность составила 74 дня. Осенние сезоны 2022 и 2023 гг. по продолжительности совпали (71 день) и оказались на 8 дней короче, чем в 2021 г. Закончился осенний сезон в среднем 23 ноября с разбежкой в 12 дней. Раннее окончание осени отмечено 18 ноября 2022 г. и позднее – 30 ноября 2021 г.

Термически у фенологической осени отмечалось потепление и стабилизация в 2022–2023 гг., ее средняя общая температура составила 8,3 °С.

Календарная же осень от года к году становилась теплее, со средней трехлетней температурой рассматриваемого периода 8,2 °С, но она оказалась на 0,1 °С холоднее фенологической осени (см. табл. 10 и 11) из-за того, что закончился в среднем на неделю позже.

Средняя общая температура фенологической и календарной осени также, как и зимние тренды, указывает на изменение температур в сторону их повышения относительно средних многолетних значений на 0,3 °С и 0,2 °С (см. рис. 3).

За анализируемый трехлетний период фенологический год в среднем длился 367 дней. Самый короткий (353 дня) был в 2022 г. и самый длинный (377 дней) в 2021 г.

Таким образом, в 2021–2023 гг. отмечены повышение и стабилизация фенологических общих среднегодовых температур из-за потепления зимнего и осеннего сезонов с общей средней температурой 7,6 °С. Средняя годовая календарная температура возрастала от 0,3 до 1,0 °С и в среднем составила 8,7 °С, что выше общей фенологической на 1,1 °С.

Заключение. В целом фенологические сезоны оказались холоднее сезонов календарных, что связано с тем, что они наступают несколько раньше. Природные феноиндикаторы чутко реагируют на происходящие в природе изменения и откликаются на них в рамках запрограммированных эволюцией условий среды обитания и необходимых параметров погоды, основными из которых являются температура воздуха, температура почвы и режим увлажнения. Особенно наглядно это проявилось в 2023 г. Из-за очень теплой второй половины января был запущен процесс пробуждения природы и наблюдаемые растения-индикаторы зацветали раньше, несмотря на то что в этот период были несколько меньшие температуры, чем в предыдущие годы. Таким образом, на сроки цветения деревьев и кустарников заповедника оказывают влияние не только или не столько температуры непосредственно перед началом цветения, но в большей степени продолжительность вегетационного периода.

При дальнейшем потеплении климата на территории ПГРЭЗ лето будет увеличиваться, а три остальных сезона – сокращаться.

Благодарности. Авторы выражают искреннюю признательность и благодарность сотрудникам Научного отдела радиационно-экологического мониторинга за оказанную помощь в сборе полевого материала: А. А. Баленок, В. В. Головешкину, Р. А. Ненашеву, А. А. Карандевичу, Л. П. Каримовой, П. А. Черняк.

Список использованных источников

1. Глобальное изменение климата и его последствия / Л. В. Бондаренко, О. В. Маслова, А. В. Белкина, К. В. Сухарева // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2018. – № 2 (98). – С. 84–93.
2. Снакин, В. В. Глобальные изменения климата: прогнозы и реальность / В. В. Снакин // Жизнь земли. – 2019. – Т. 41, № 2. – С. 148–164.
3. Филонов, К. П. Летопись природы в заповедниках СССР: метод. пособие / К. П. Филонов, Ю. Д. Нухимовская. – М.: Наука, 1990. – 144 с.
4. Федотова, В. Г. Фенологические сезоны в Санкт-Петербурге / В. Г. Федотова, Л. П. Достоевская // Биосфера. – 2013. – № 4. – С. 436–449.
5. Терентьева, Е. Ю. Методы феномониторинга / Е. Ю. Терентьева. – Екатеринбург: [Б. и.], 2008. – 179 с.
6. Климат Беларуси / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Ин-т геол. наук АН Беларуси, 1996. – 235 с.
7. Кулыгин, А. А. Влияние температурных условий на ход цветения древесных и кустарниковых пород / А. А. Кулыгин // Лесной журнал. – 1986. – № 5. – С. 107–109.
8. Анализ изменений сроков сезонных явлений у древесных растений заповедника Столбы в связи с климатическими факторами / Т. М. Овчинникова, В. А. Фомина, Е. Б. Андреева [и др.] // Хвойные бореальной зоны. – 2011. – № 1–2. – С. 54–59.
9. Минин, А. А. Гомеостатические реакции растений на современные изменения климата: пространственно-фенологические аспекты / А. А. Минин, А. В. Воскова // Онтогенез. – 2014. – Т. 45, № 3. – С. 162–169.
10. Феноиндикация изменений климата за период 1976–2015 гг. в центральной части Европейской территории России: береза бородавчатая (повислая) (*Betula verrucosa* EHRLH. (*B. Pendula* ROTH.)), черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill) / А. А. Минин, Э. Я. Ранькова, Е. Г. Рыбина [и др.] // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2016. – Т. 28, № 3. – С. 5–22.
11. Бобрецов, А. В. Влияние глобального изменения климата на фенологию растений и животных Печоро-Илычского заповедника / А. В. Бобрецов, Т. К. Тertiца, В. П. Теплова // Природные и исторические факторы формирования современных экосистем Среднего и Северного Урала: материалы докл. шк.-конф., Респ. Коми, пос. Якша, 13–17 марта 2017 г. – Якша: Изд-во Печоро-Илычского заповедника, 2017. – С. 25–30.
12. Шихова, Т. Г. Динамика границ фенологических сезонов на востоке Русской равнины / Т. Г. Шихова, А. Н. Соловьев // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. – 2021, Т. 163, кн. 2. – С. 289–301.
13. Фокина, Н. В. Динамика климата и изменение фенологических сезонов года заповедника «Столбы» / Н. В. Фокина, Н. А. Лигаева, Л. В. Бусыгина // Вестник Красноярского государственного педагогического университета имени В. П. Астафьева. – 2013. – № 24. – С. 228–231.
14. Любов, М. С. Влияние климатических изменений на динамику фенологических процессов в Нижегородском Правобережье / М. С. Любов, О. И. Недосеко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2022. – № 4. – С. 78–94.

Поступила 03.06.2024

ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

SOIL AND LAND RESOURCES

ГЛЕБАВА-ЗЕМЕЛЬНЫЯ РЭСУРСЫ

ISSN 1810-9810 (Print)

УДК 631.41

М. А. Ересько, Н. В. Клебанович*Государственное предприятие «Бел НИЦ «Экология», Минск, Беларусь***ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА
ТЕРРИТОРИИ МЕЗОУРОВНЯ К ВОЗДЕЙСТВИЮ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

Аннотация. Проведен анализ мировых подходов к комплексной оценке качества почвенного покрова, разработаны предложения для определения индекса экологического качества почвенного покрова Беларуси. Предложен набор конкретных параметров для оценки устойчивости почвенного покрова, который существенно зависит от наличия массовых данных. Предложенные параметры ранжированы по степени устойчивости к негативному воздействию. Общий принцип ранжирования – разбиение на равные интервалы в диапазоне возможных значений того или иного параметра, причем по многим показателям рассматривается не среднее значение по району, а доля почв территории с неблагоприятными параметрами, индивидуальными для каждого свойства. Обоснована целесообразность использования таких параметров, как наличие кислых (рН менее 5) и щелочных (рН более 7) почв, доля почв легкого гранулометрического состава, наличие переувлажненных, эродированных, завалуненных, загрязненных радиоемисией почв, доля слабообеспеченных гумусом, подвижными соединениями фосфора и калия почв, урожайность зерновых культур. Предложена формула для определения сводного индекса качества почв по 12 показателям, по которой установлены средние значения по районам республики. Выявлен высокий уровень географически детерминированных различий качества почвенного покрова (индекс от 46 в Климовичском р-не до 95 в Несвижском).

Ключевые слова: почвенный покров, экологическая оценка, сводный индекс качества

M. A. Yeresko, N. V. Klebanovich*State Enterprise "Bel NIC "Ecology", Minsk, Belarus***INTEGRAL ASSESSMENT OF SOIL COVER STABILITY OF THE MESO-LEVEL TERRITORY
TO THE IMPACT OF ANTHROPOGENIC FACTORS**

Abstract. The article analyzes global approaches to comprehensive assessment of the quality of the soil cover, and develops proposals for determining the index of ecological quality of the soil cover of Belarus. The set of specific parameters for assessment is subjective and is largely determined by the presence of both positive and negative data for spatial assessment of large areas. For a comprehensive assessment of mesoscale soils, the parameters of soil properties, ranked by the degree of resistance to negative impacts, are proposed. The general principle of ranking is the division into equal intervals in the range of possible values of a particular parameter, and for many indicators, not the average value for the region is considered, but the number of soils with unfavorable parameters, individual for each property. The expediency of using such parameters as the presence of acid (pH less than 5) and alkaline (pH more than 7) soils, the proportion of soils with light granulometric composition, the presence of waterlogged, eroded, boulder-laden, radiocesium-contaminated soils, the proportion of soils poorly supplied with humus, mobile phosphorus and potassium compounds, and the yield of grain crops is substantiated. A formula for determining the summary index of soil quality on the basis of 12 indicators is proposed, according to which average values for the regions of the Republic are determined. A high degree of geographically determined differences in the quality of the soil cover is revealed (the index from 46 in the Klimovichy district to 95 in the Nesvizh district).

Keywords: soil cover, environmental assessment, consolidated quality index

М. А. Ерэсько, М. В. Клебановіч*Дзяржаўнае прадпрыемства «Бел НДЦ «Экалогія», Мінск, Беларусь***ІНТЭГРАЛЬНАЯ АЦЭНКА СТАБІЛЬНАСЦІ ГЛЕБАВАГА ПОКРЫВА ТЭРЫТОРЫІ МЕЗАЎЗРОЎНЮ
ДА ЎЗДЗЕЯННЯ АНТРАПАГЕННЫХ ФАКТАРАЎ**

Анатацыя. Праведзены аналіз сусветных падыходаў да комплекснай ацэнкі якасці глебавага покрыва, распрацаваны прапановы для вызначэння індекса экалагічнай якасці глебавага покрыва Беларусі. Прапанаваны набор канкрэтных параметраў для ацэнкі ўстойлівасці глебавага покрыва, які істотна залежыць ад наяўнасці масавых даных. Прапанаваныя параметры ранжыраваны па ступені ўстойлівасці да негатыўнага ўздзеяння. Агульны прынцып ранжыравання – разбіццё на роўныя інтэрвалы ў дыяпазоне магчымых значэнняў таго ці іншага параметру, прычым па многіх паказчыках разглядаецца не сярэдняе значэнне па раёне, а доля глеб тэрыторыі з неспрыяльнымі параметрамі.

© Ересько М. А., Клебанович Н. В., 2025

рамі, індывідуальнымі для кожнай уласцівасці. Абгрунтавана мэтазгоднасць выкарыстання такіх параметраў, як наяўнасць кіслых (рН менш за 5) і шчолачных (рН больш за 7) глеб, доля глеб лёгкага грануламетрычнага складу, наяўнасць пераўвільготненых, эрадзіраваных, завалуненных, забруджаных радыеэзіем глеб, доля слабазабяспечаных гумусам, рухомымі злучэннямі фосфару і калію глеб, ураджайнасць збожжавых культур. Прапанавана формула для вызначэння зводнага індэкса якасці глеб па 12 паказчыках, па якой устаноўлены сярэднія значэнні па раёнах рэспублікі. Выяўлены высокі ўзровень геаграфічна дэтэрмінаваных адрозненняў у якасці глебавага покрыва (індэкс ад 46 у Клімавіцкім р-не да 95 у Нясвіжскім).

Ключавыя словы: глебавае покрыва, экалагічная ацэнка, зводны індэкс якасці

Введение. Интегральная оценка состояния окружающей среды проводится в разных странах и по различным методикам, но есть общие подходы, многие из которых могли бы найти применение и в Беларуси. Выбор соответствующих свойств почвы и интерпретация измерений не являются простыми операциями, многие вопросы не решаются односложно ввиду комплексности и специфики почв, унаследованных последствий предыдущего почвообразования и землепользования, а также значимости компромиссов между экосистемными услугами.

Качество почвы – одна из трех составляющих экологической оценки качества окружающей среды, помимо качества воды и воздуха [1]. Качество воздуха и воды определяется в основном степенью загрязнения, которое оказывает непосредственное влияние на потребление и здоровье людей и животных или на естественные экосистемы [2, 3]. Качество почвы не ограничивается степенью загрязнения, но обычно определяется в более широком смысле «как способность почвы функционировать в границах экосистем и землепользования для поддержания биологической продуктивности, поддерживать качество окружающей среды и способствовать здоровью растений и животных» [4, р. 4]. При этом здоровье животных включает здоровье человека. Это определение отражает сложность и специфичность подземной сферы наземных экосистем, а также многочисленные связи между функциями почвы и почвенными экосистемными услугами. Действительно, качество почвы – понятие более сложное, чем качество воздуха и воды, не только потому, что почва состоит из твердой, жидкой и газообразной фаз, но также и потому, что почвы могут использоваться для большего количества целей [5].

Подходы к оценке качества почв с позиций их загрязнения стали уже рутинными в Беларуси, но могут считаться односторонней, упрощенной трактовкой термина. Качество почвы – понятие очень комплексное вследствие сложности организации почвы как компонента природной среды и объекта разнообразной хозяйственной деятельности. В общем виде в это понятие входит пригодность почв к хозяйственному использованию и способность почвы обеспечивать надежные взаимосвязи с биогеоценозами.

Для сельскохозяйственного использования качество почвы оценивается ее способностью обеспечивать производство сельскохозяйственной продукции (зерно, корнеклубнеплоды, семена, корма). С точки зрения экологии качество почв определяется их способностью обеспечивать рост растений, защищать водосборную территорию за счет регулирования инфильтрации и водоудерживания почвой и предотвращения загрязнения воды и воздуха путем аккумуляции в педосфере (почвенной сфере) потенциальных загрязнителей, таких как синтетические удобрения, органические отходы и промышленные химикаты. Известный российский почвовед В. И. Кирюшин понятие «качество» использует в смысле цели использования как совокупный эффект почвенных условий [6]. При этом понятие качества упрощается до уровня одной функции – плодородия, тем самым это определение лишается содержательного полифункционального смысла.

В развитых странах понятие «качество почв» трактуется обычно шире: способность почвы полноценно функционировать в пределах границ экосистемы и земельного участка для поддержания биопродуктивности, сохранения качества окружающей среды, обеспечения нормального развития растений и животных, включая человека [7]. Сложность понятия «качество почв» при этом объясняется их полифазностью (твердая, жидкая, газообразная и живая фазы), поликомпонентностью, полифункциональностью, обеспечивающей многочисленные прямые и обратные связи между отдельными функциями почв и почвенными экосистемными услугами [8].

Основная часть. Целью данной работы является анализ мировых подходов к комплексной оценке качества почвенного покрова и выработка предложений для определения индекса экологического качества почвенного покрова Беларуси.

Как правило, для оценки почвенного покрова используется много критериев, которые можно объединить в группы физических, химических и биологических параметров. Потенциальная группа физических критериев рассмотрена нами ранее [9]. Каждая такая группа должна быть представлена в итоговом результирующем показателе одним или несколькими параметрами, имеющими определенный весовой коэффициент. Набор параметров для оценки носит субъективный характер и в су-

щественной степени определяется наличием тех или иных данных для пространственной оценки значительных территорий (мезоуровня). Как правило, в почве выделяются свойства консервативные и лабильные; позитивные и негативные; имеющие односторонний характер (перманентное улучшение или ухудшение) и обладающие выраженным оптимумом, выше и ниже которого свойства ухудшаются.

Негативные свойства почв распределены по территории неравномерно и не имеют прямой связи с зональными агроклиматическими условиями. Оценка негативных свойств обязательно присутствует при оценочных работах, любом обобщении данных крупномасштабных почвенных обследований, которые в стране проводятся уже с 1957 г.

Все рассмотренные выше свойства в той или иной степени отражаются на качестве почв и должны учитываться при комплексной оценке территории мезоуровня. В почве всегда есть заметное количество негативных свойств, поэтому их совокупное влияние на качество почв определяется включением в комплексную оценку всех показателей, например в виде поправочных коэффициентов. Показатели нуждаются в ранжировании, потому что их результирующее влияние неравноценно.

Для комплексной оценки почв территории мезоуровня нами ранее предложены параметры свойств почв, ранжированные по степени устойчивости к негативному воздействию [10]. Общий принцип ранжирования – разбиение на равные интервалы в диапазоне возможных значений того или иного параметра, причем по многим показателям рассматривается не средний показатель по району, а количество почв с неблагоприятными параметрами, индивидуальными для каждого свойства. Например, по кислотности пахотных земель по данным последнего тура обследований [11] количество средне- и сильнокислых почв (с pH менее 5,0) колеблется от 2,2 % в Верхнедвинском р-не до 41,6 % в Климовичском р-не. При делении на пять интервалов средний шаг градаций составит 8 %, поэтому уместно установить градации с параметрами 8, 16, 24, 32 %. По доле щелочных почв шаг составит лишь 3 %, так как установленный диапазон составляет 0–17,4 % (Браславский р-н).

Из физических свойств при оценке здоровья почв в первую очередь целесообразно учитывать текстуру (гранулометрический состав), которая оказывает существенное влияние на производительную способность почв. Текстуру почв характеризует содержание физической глины (суммарное процентное содержание фракций средней и мелкой пыли, а также ила, общим размером менее 0,01 мм). Понижает фертильность почв как низкое (песчаные и супесчаные почвы), так и высокое содержание тонкодисперсных частиц в почве (тяжелосуглинистые и глинистые почвы). Самые благоприятные условия для обитания биоценозов обычно складываются на легко- и среднесуглинистых почвах.

Легкие почвы часто бесструктурные или с непрочной структурой, бедны органическими компонентами и элементами минерального питания, имеют низкую влагоемкость, отличаются невысокой способностью к физико-химическому поглощению элементов питания и в связи с этим обладают низкой буферностью, что обуславливает слабую устойчивость к внешним воздействиям (например, происходит подкисление при внесении физиологически кислых удобрений). По совокупности этих причин даже в сравнительно гумидном белорусском климате растения, произрастающие на таких бедных и сухих почвах, в теплое и сухое время года испытывают дефицит влаги. В этой связи именно количество легких почв (песчаных и супесчаных) логичнее использовать среди индикаторов негативных показателей. Сведения о гранулометрическом составе почв всех сельскохозяйственных и лесных земель имеются в базах данных почвенных обследований в РУП «Проектный институт Белгипрозем» и в лесоустроительном республиканском унитарном предприятии «Белгослес». Доля легких (песчаных и супесчаных) почв в разрезе районов Беларуси составляет диапазон 50–80 %.

Глинистые и тяжелосуглинистые почвы характеризуются замедленным дренажом и высокой способностью к водоудерживанию, что в условиях Беларуси ведет к переувлажнению и развитию процессов заболачивания. Во влажном состоянии эти почвы вязкие, липкие, при высыхании подвергаются усадке, твердеют и плохо обрабатываются. Таких почв в стране очень мало – менее 1 %, поэтому учитывать их долю при общей оценке нецелесообразно.

Избыточное увлажнение – весьма распространенное явление в почвах Беларуси. Даже на сельскохозяйственных землях удельный вес зональных дерново-подзолистых почв (34 % территории) немного ниже, нежели дерново-подзолистых заболоченных (37 %). Избыточное увлажнение является одним из важнейших факторов, ограничивающих аграрное землепользование вследствие дефицита воздуха, а доля переувлажненных почв важна для оценки почвенного покрова.

Минеральные почвы считаются переувлажненными, если содержание в них влаги превышает наименьшую (предельную полевую) влагоемкость в течение минимум 1,5–2,0 месяцев за вегетационный период. Российские ученые для почв тяжелого гранулометрического состава считают переувлажненным даже состояние более 85 % от наименьшей влагоемкости (для почв легкого гранулометрического состава – 95 %) [12].

Избыточное увлажнение почв в корнеобитаемом слое основным негативным следствием имеет формирующийся дефицит воздуха, особенно кислорода. Длительное заполнение водой не только капиллярных, но и крупных некапиллярных пор влечет затруднение аэрации, кислород по мере расходования на процессы дыхания корней и микроорганизмов не возобновляется из-за анаэробных условий. Само почвообразование значительную часть времени происходит в анаэробных восстановительных условиях, изменение органической и минеральной части почвы идет по алгоритму, отличному от алгоритма в зональных автоморфных почвах.

Эродированные почвы образуются при обнажении поверхности почвы вследствие механической обработки и последующего смыва или сдува, в результате чего формируются смытые и дефлированные почвы. В зависимости от степени проявления данного деградационного процесса выделяют слабо-, средне- и сильносмытые (дефлированные) почвы. Территория Беларуси по административным районам характеризуется долей эродированных почв в диапазоне 5–20 % [13], что можно учесть при формировании индекса качества почв.

Каменистость (завалуненность) также является негативным фактором, снижающим качество почв, что учитывается, в частности, в виде поправочных коэффициентов при кадастровой оценке сельскохозяйственных земель. Наличие валунов, гравия, гальки на пахотных землях снижает урожайность сельскохозяйственных культур как непосредственно, занимая какую-то часть поверхности, так и косвенно из-за ухудшения качества обработки почвы и уборки урожая (наличие огрехов вокруг крупных валунов, неравномерная заделка семян при посеве при наличии значительного количества мелких валунов в пахотном горизонте, поломка сельскохозяйственной техники и др.) [14]. Учет завалуненности при почвенном обследовании осуществляется посредством выделения степени завалуненности (слабо-, средне-, сильно-, очень сильнозавалуненные), определяемой по количеству валунов в м³/га. Территория Беларуси по административным районам характеризуется долей завалуненных почв в диапазоне 1–10 %.

Из химических свойств целесообразно в первую очередь использовать показатель pH, так как кислотность существенно влияет на множество почвенных химических реакций и процессов. Обменную кислотность можно рассматривать как часть емкости катионного обмена (ЕКО), насыщенную катионами Al³⁺ и H⁺. Количество кислотных компонентов зависит от типа почвы и доли ЕКО, занятой обменными основаниями [15].

В лесах и на лугах кислотные дожди могут оказать существенное влияние не только на деревья, но и на химические свойства почв. Известкование лесов осуществляется редко, а кислотные дожди могут вызвать выщелачивание питательных катионов, таких как Ca²⁺, Mg²⁺ и K⁺ из почвы, что приводит к низким значениям pH и растворению токсичных металлов (Al³⁺ и Mn²⁺), понижению биологической активности почвы.

Кислотность почв сельскохозяйственных земель регулярно мониторится при агрохимическом обследовании, и эти данные можно использовать для комплексной оценки территории мезоуровня. Представляется целесообразным использовать для оценки не среднюю величину pH, а количество сильно- и среднекислых почв. Территория Беларуси по районам характеризуется долей сильно- и среднекислых почв в диапазоне 8–32 %. Исходя из существующих величин показателя, характеризующих почвы Беларуси, предлагается следующая шкала для оценки территории по доле сильно- и среднекислых почв (табл. 1).

Содержание основных элементов питания является существенным показателем экологического благополучия почв. При достаточной обеспеченности азотом, фосфором, калием, серой, кальцием, магнием фитоценозы хорошо развиваются и экологически благополучны. При этом особое значение имеют подвижные соединения элементов питания, так как именно они реально вовлечены в биологический круговорот. При высоком общем содержании элемента в почве может быть мало доступных растениям ионов, в результате чего растения будут голодать. Содержание подвижных форм перечисленных элементов в агроценозах также регулярно контролируется при агрохимическом обследовании и эти данные могут применяться для определения сводного индекса здоровья почвы [15]. Но не все макроэлементы целесообразно использовать для этой цели. Содержание подвижных соединений азота вообще не определяется ввиду высокой динамичности этого элемента, который легко восстанавливается и окисляется, вымывается и улетучивается, постоянно освобождается из разлагающихся органических веществ. По содержанию подвижных соединений серы, кальция и магния на подавляющем большинстве почв дефицита нет, эти элементы очень редко лимитируют рост и развитие растений, поэтому для комплексной оценки целесообразно ограничиться основными контролируемыми питательными элементами – фосфором и калием.

Таблица 1. Предлагаемые интервалы оценочных показателей свойств почв для определения индекса качества почв

Показатель	Баллы				
	5	4	3	2	1
Урожайность зерновых, т/га	≥ 4	3,51–4,0	3,01–3,5	2,51–3,0	< 2,5
Доля легких почв, %	< 50	51–60	61–70	71–80	≥ 80
Доля переувлажненных почв, %	40,0 и менее	40,1–50	50,1–60	60,1–70	Более 70
Загрязнено радиоцезием, %	5,0 и менее	5,1–20	20,1–35	35,1–50	Более 50
Доля почв с pH более 7,0, %	< 4	4,1–7	7,1–10	10,1–13	≥ 13
Доля почв с pH менее 5,0, %	< 8	8,1–16,0	16,1–24,0	24,1–32,0	≥ 32
Почвы I + II групп по фосфору, %	15,0 и менее	15,1–25	25,1–35	35,1–45	Более 45
Почвы I + II групп по калию, %	15,0 и менее	15,1–25	25,1–35	35,1–45	Более 45
Почвы I + II групп по гумусу, %	10,0 и менее	10,1–20	20,1–30	30,1–40	Более 40
Доля завалуненных почв, %	< 1	1–4	5–7	8–10	≥ 10
Доля эродированных почв, %	< 5	5,1–10,0	10,1–15,0	15,1–20,0	≥ 20
Более 5 мг/кг меди и цинка, %	30,0 и менее	30,1–40	40,1–50	50,1–60	Более 60

Фосфор – важный биогенный элемент, необходимый для жизнедеятельности всех организмов, без которого не может существовать ни одна живая клетка. Фосфор содержится в протоплазме клеток, входит в состав хромосом, нуклеиновых кислот, витаминов, ферментов, фитина, АТФ, ДНК и РНК [16], а также в почве в органических соединениях и минералах, но количество легко доступного фосфора очень низкое по сравнению с общим количеством фосфора в почве.

Калий в растительных организмах находится в ионной форме и не входит в органические соединения, до 80 % находится в клеточном соке. Калий стабилизирует структуру фторопласта и коллоидное состояние цитоплазмы, повышает обводненность, вязкость, набухаемость, положительно влияет на фотосинтез, окислительные процессы и образование органических кислот, повышает устойчивость растений к болезням и засухе, активирует ферменты для метаболизма углеводов для производства аминокислот и белков, облегчает деление клеток и рост, дает всхожесть семян. Калий считается вторым после азота, когда речь идет о питательных веществах, необходимых растениям, и обычно считается питательным веществом, регулирующим качество продукции. Содержание калия в почвах колеблется от 0,5 до 3,0 %, больше калия в почвах с большей долей глинистой фракции, в торфяных почвах калия только 0,03–1,00 %. Однако большая часть калия находится в недоступной для растений форме. Обменный калий – основной источник калийного питания растений [16].

При оценке фосфорного и калийного статуса почв значительных территорий (мезоуровня) целесообразно пользоваться не средним содержанием подвижных соединений этих элементов, а долей почв с дефицитом фосфора и калия.

На территории Беларуси 15–45 % почв слабообеспечены подвижными соединениями фосфора (менее 100 мг/кг) и калия (менее 140 мг/кг), в табл. 1 предложены соответствующие шкалы.

Засоление почвы – процесс накопления в ней легкорастворимых солей, которые оказывают токсичное влияние на культурные растения, в результате чего может происходить как снижение их продуктивности, так и полная гибель [17]. Несмотря на ограниченность площадей таких почв в Беларуси (район Солигорска, дерновые заболоченные карбонатные почвы), этот фактор тоже должен учитываться при оценке качества почвенного покрова территории мезоуровня.

Негативное влияние легкорастворимых солей на филогенез обусловлено специфическим действием ионов на протоплазму, так как растению трудно преодолеть помимо капиллярных еще и осмотические водоудерживающие силы. Может наблюдаться явление физиологической засухи, то есть при формально влажной почве вода не может поступать в тело растений. Все легкорастворимые соли считаются токсичными для растений, даже доминирующие в Беларуси карбонаты кальция. При значительном содержании в почвах карбонатов происходит снижение растворимости соединений фосфора и большинства микроэлементов, кроме молибдена, корневое питание растений существенно тормозится.

Для большинства растений оптимальна слабокислая реакция среды, а избыточная щелочность почвы как следствие наличия карбонатов депрессирующим образом сказывается на росте растений и функционировании почвенных микроорганизмов в значительной степени через уплотнение почв, снижение их влагоемкости и дренирующей способности. Дерново-карбонатные типичные почвы в Беларуси часто обладают повышенной связностью и липкостью во влажном состоянии и подвергаются усадке в сухом вследствие ухудшения структуры; характеризуются сужением диапазона активной влаги. Не случайно на таких почвах не могут расти традиционные лесобразующие древесные породы, кроме ясеня.

Солонцеватость, широко распространенная во многих странах мира, в Беларуси почти отсутствует и может не приниматься во внимание.

Поскольку в Беларуси резко доминирует именно карбонатно-кальциевая засоленность, то судить о степени засоления можно по доле щелочных почв. Территория республики по районам характеризуется долей щелочных почв (рН более 7) в диапазоне 4–13 % (см. табл. 1).

Республика Беларусь пострадала от аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС), до сих пор ощущаются последствия этого события, существенно снизившие качество окружающей среды и почв в частности на значительных территориях. Первоначально было загрязнено более 4 млн га, но даже сейчас, когда прошел период полураспада, каждый десятый гектар земли остается экологически опасным. Так как площадь почв, загрязненных радиоцезием (1 Ки/км^2 и более), вдвое выше площади, загрязненной радиостронцием (стронцием-90) ($0,15 \text{ Ки/км}^2$ и более), и участки часто совпадают, то уровень негативного воздействия радионуклидов достаточно оценивать по загрязнению цезием-137. В отдельных административных районах республики до 50 % почв радиоактивно загрязнено, поэтому уместно использование пяти градаций: от менее 5 до более 50 % (см. табл. 1).

Химическое загрязнение земель характерно для городских территорий, промышленных предприятий, участков хранения и захоронения пестицидов, территорий в зонах воздействия полигонов промышленных и коммунальных отходов, автозаправочных станций и нефтехранилищ, бывших военных баз, участков разведки и добычи полезных ископаемых. Данные территории являются зонами повышенного экологического риска, что требует постоянного мониторинга их состояния. Содержание химического вещества в концентрациях, превышающих пороговые значения, установленные экологическими нормами и правилами ЭкоНП 17.03.01-001-2021 «Охрана окружающей среды и природопользование. Земли (в том числе почвы). Нормативы качества окружающей среды. Дифференцированные нормативы содержания химических веществ в почвах и требования к их применению», утвержденными постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 25 ноября 2021 г. № 13-Т, встречается не часто и доля таких почв незначительна, поэтому о загрязненных площадях уместнее судить по соотношению районных показателей со среднереспубликанскими, то есть с региональным кларком. Территория республики по районам характеризуется долей почв с содержанием тяжелых металлов выше республиканского кларка в диапазоне 30–60 % (см. табл. 1).

Для оценки экологического состояния почв также важны микробиологические характеристики: уровень активной микробной биомассы, кратность снижения которого в сравнении с контрольным образцом показывает степень микробиологической деградации почв; содержание патогенных микроорганизмов; генотоксичность почвы, которая отражает влияние почвы на генетический аппарат биоты, причем как микроорганизмов, так и растений и почвенной фауны [18].

Широкомасштабных данных по этим важным параметрам нет и в ближайшей перспективе не предвидится, поэтому в настоящее время следует использовать самый доступный и важный показатель – содержание гумуса.

Органическое вещество почв не усваивается растениями в качестве питательного вещества из почвы, но его круговорот важен из-за его связи с питательными веществами (N, P и S) и благотворного вклада в химический, физический и биологический составы и свойства почвы [19]. Питательные вещества могут попадать в почву в доступных для растений формах, поскольку органические вещества разлагаются микроорганизмами. Гумус также способствует увеличению емкости катионного обмена почвы из-за присутствия карбоксильных и других функциональных групп. Органические вещества также играют важную роль в поддержании структуры почвы и снижении содержания легко диспергируемого ила [20].

Содержание гумуса может широко варьировать в почвах, средневзвешенное содержание его менее информативно по сравнению с долей малогумусированных почв (менее 1,5 %). Территория республики по районам характеризуется долей почв с низким содержанием гумуса (до 1,5 %) в диапазоне 10–40 % (см. табл. 1).

Важным интегральным показателем процессов, протекающих в почве, является интенсивность выделения углекислоты, так называемое дыхание почвы, что позволяет судить о самоочищающей способности почв. Биохимический потенциал почв является полифункциональной характеристикой, он зависит от экологических факторов и имеет большое значение при оценке санитарного состояния почв, поскольку показывает их самоочищающую способность при антропогенных воздействиях. Данные почвенного дыхания наряду с активностью основных ферментов позволяют говорить о низком биохимическом потенциале почвы, что свидетельствует о ее слабой степени самоочищения либо при высоких показателях дыхания – о высокой способности к самоочищению. Статисти-

ческих данных по этим биологическим параметрам нет, поэтому о благоприятности биологических параметров можно судить лишь опосредованно по величине накопленной биомассы.

Для комплексной оценки предлагается использовать статистические данные по среднерайонной урожайности зерновых культур – самой распространенной группы культивируемых растений. Исходя из существующих величин урожайности зерновых культур в Республике Беларусь по районам, предлагается шкала для оценки территории по урожайности зерновых культур от 2,5 до 4 т/га зерна.

Для интегральной оценки устойчивости экосистем территории к воздействию антропогенных факторов и условий, основанной на свойствах почвенного покрова, определения сводного индекса предлагается использовать метод, опирающийся на оценку каждого из 12 факторов с учетом степени вклада данного показателя.

Индивидуальная оценка каждого показателя проводится по шкале, величина которой колеблется от 1 до 5 баллов. Максимальной величиной для одного показателя являются 5 баллов, но для интегральной оценки предлагается использовать коэффициенты взвешивания согласно вышеприведенным долям (6, 8, 10, 12 %).

Все баллы, установленные для отдельных показателей, плюсятся. Максимальная интегральная оценка устойчивости почв территорий районов к воздействию антропогенных факторов и условий с учетом всех показателей может составить 100 %.

Общая формула сводного индекса качества почв получила следующий вид:

$$I_n = 20(K1 \times 0,06 + K2 \times 0,06 + K3 \times 0,06 + K4 \times 0,06 + K5 \times 0,12 + \\ + K6 \times 0,06 + K7 \times 0,06 + K8 \times 0,10 + \\ + K9 \times 0,12 + K10 \times 0,06 + K11 \times 0,12 + K12 \times 0,12,$$

где I_n – индекс качества почвы; 20 – коэффициент перевода на 100-балльную шкалу, в которой индекс 100 означает оптимальное значение по всем 12 показателям; $K1$ – доля легких почв; $K2$ – доля переувлажненных почв; $K3$ – доля эродированных почв; $K4$ – доля завалуненных (каменистых) почв; $K5$ – доля почв с pH менее 5,0; $K6$ – содержание подвижного фосфора; $K7$ – содержание подвижного калия; $K8$ – доля химически загрязненных почв; $K9$ – доля радиоактивно загрязненных почв; $K10$ – доля засоленных почв (с pH более 7,0); $K11$ – доля слабообеспеченных гумусом почв; $K12$ – урожайность зерновых культур.

Уточнение системы показателей почвенного блока и анализ полученных данных позволили разработать условную шкалу для интегральной оценки устойчивости почвенного покрова к воздействию антропогенных факторов на основании свойств почв с выделением следующих классов устойчивости экосистем: наименее устойчивые (I_n менее 64 баллов); малоустойчивые (I_n 64,1–70 баллов); среднеустойчивые (I_n 70,1–76 баллов); устойчивые (I_n 76,1–82 балла); высокоустойчивые (I_n более 82 баллов).

По этим 12 показателям удалось получить достаточно достоверные данные. Для примера приводим значения по Брестской обл. (табл. 2), которые были унифицированы с применением разработанных интервалов (табл. 3) и трансформированы в оценочные баллы, использованные для получения сводного индекса качества почв. Весовые коэффициенты по каждому фактору были экспертным путем разбиты на показатели повышенной значимости, получившие коэффициент 0,12 (доля почв с pH менее 5,0; доля слабообеспеченных гумусом почв; урожайность зерновых культур; доля слабообеспеченных гумусом почв) и 0,10 (доля химически загрязненных почв), а также показатели меньшей значимости.

Проведенные расчеты показали, что индекс качества почв изменяется по отдельным районам весьма существенно: от 46 в Климовичском р-не до 95 в Несвижском.

Результаты расчетов были занесены в базу данных в программе ArcGIS, что позволило выполнить картографическую интерпретацию полученных результатов – создать итоговую картограмму (рисунок).

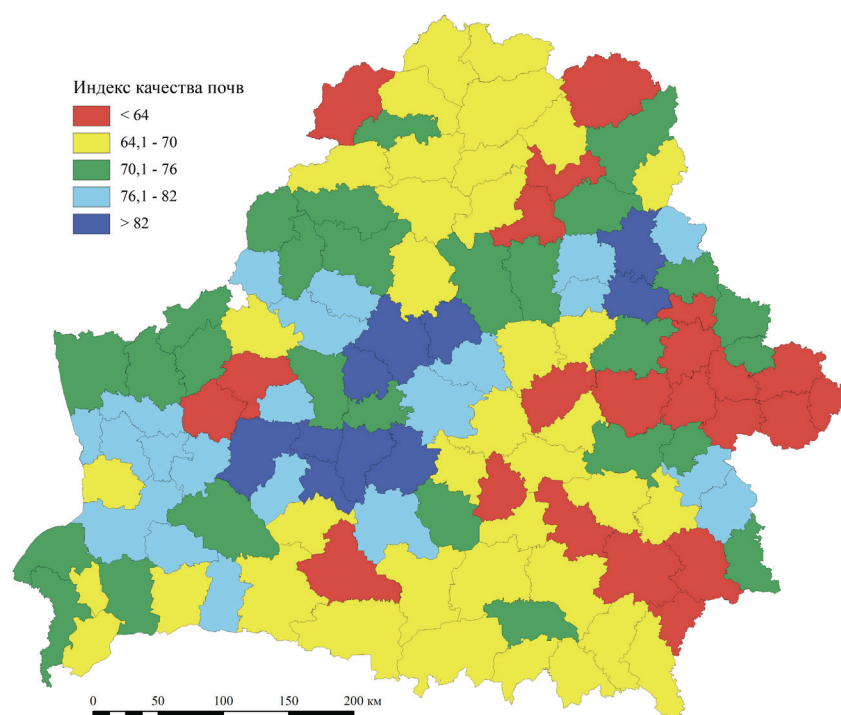
Из этой картограммы видно, что группы районов одного уровня устойчивости имеют определенную компактность, которая обусловлена совокупностью особенностей почвенного покрова и географическими причинами. Наиболее устойчивые к внешнему негативному воздействию почвы приурочены к возвышенностям, сложенным с поверхности преимущественно лёссовидными суглинками. Оршанский и Шкловский р-ны приурочены к Оршанской возвышенности, Минский, Смолевичский и Дзержинский р-ны – к Минской возвышенности, Слуцкий, Копыльский, Несвижский, Клецкий и Барановичский р-ны – к Копыльской гряде. В этих районах отсутствует большинство негативных характеристик почв, снижающих экологическую устойчивость. Некоторое снижение величины индекса качества почв по сравнению с максимальным (100) происходит по одному-трем факторам, как правило за счет завалуненности или загрязнения тяжелыми металлами.

Таблица 2. Основные параметры качества почв по районам Брестской области

Районы	Наличие почв с рН менее 5,0, %	Наличие почв с рН более 7,0, %	Наличие почв I + II групп по фосфору, %	Наличие почв I + II групп по калию, %	Наличие почв I + II групп по гумусу, %	Легкие почвы, %	Эродированные почвы, %	Почвы, загрязненные радиоцезием, %	Более 5 мг/кг по меди и цинку, %	Завалунные почвы, %	Переувлажненные почвы, %	Урожайность, ц/га
Барановичский	7,8	0,5	14,4	14,6	1,9	85,7	18,8	0	16,6	1,6	37,8	45,7
Березовский	7,5	1,5	32	27,3	8,1	79,9	1,2	0,8	16,5	0	86,1	36,8
Брестский	10,1	4,7	13,6	34,2	17,5	86,5	5,6	0	35,3	0	70,5	42,7
Ганцевичский	8,1	0,2	42,3	35,9	0,5	62,2	1,1	0	17,6	8,8	93,1	24,4
Дрогичинский	8,6	8,2	32,4	43	4,3	82,3	1,3	0,9	28,7	0	95,2	38,2
Жабинковский	10,2	9,4	35	42,2	15,6	87,8	2,4	0	21,1	1,4	79,5	43,6
Ивановский	8,3	2,8	32,7	32,9	4,5	81,5	2,0	0,1	18,7	0	90,2	42,7
Ивацевичский	8,0	1,5	25,8	34,9	8,1	58,3	5,8	0	24,5	2	83,5	30,7
Каменецкий	11,2	2,1	21,5	22,5	8,1	88,6	6,5	0,0	20,6	32,3	51,2	41,7
Кобринский	6,1	9,2	33,8	40,4	8,2	73,0	2,1	0	29,3	0	93,6	35,6
Лунинецкий	15,1	0,4	29,4	37,8	4,2	56,3	1,4	42,4	27,1	0	94,9	26,9
Ляховичский	4,0	1,4	17,6	22,6	2,2	74,8	3,1	0	28,3	9,5	68,5	42,0
Малоритский	7,2	10,1	38,4	47,8	0,5	70,9	1,9	0,0	33,1	0	96,3	31,2
Пинский	6,8	6,0	20	38,4	17,3	65,3	0,9	5,3	32,2	0	89,8	31,3
Пружанский	8,0	0,2	24,7	22	2,0	72,2	5,1	0,0	23,0	4,1	68,6	42,7
Столинский	7,8	8,0	20,4	40	9,3	60,3	1,0	24,6	44,5	0	90,9	38,2
По области	8,3	3,8	25,5	31,8	7,0	73,4	4,1	12,6	25,7	4,6	79,6	37,9

Таблица 3. Баллы качества почвенного покрова по отдельным показателям по районам Брестской области

Районы	Наличие почв с рН менее 5,0, %	Наличие почв с рН более 7,0, %	Наличие почв I + II групп по фосфору, %	Наличие почв I + II групп по калию, %	Наличие почв I + II групп по гумусу, %	Легкие почвы, %	Эродированные почвы, %	Почвы, загрязненные радиоцезием, %	Более 5 мг/кг по меди и цинку, %	Завалунные почвы, %	Переувлажненные почвы, %	Урожайность, ц/га
Барановичский	5	5	5	5	5	1	2	5	4	4	5	5
Березовский	5	5	3	3	5	2	5	5	4	5	1	3
Брестский	4	4	5	3	4	1	4	5	1	5	1	4
Ганцевичский	4	5	2	2	5	3	5	5	4	2	1	1
Дрогичинский	4	3	3	2	5	1	5	5	2	5	1	3
Жабинковский	4	3	3	2	4	1	5	5	3	4	1	4
Ивановский	4	5	3	3	5	1	5	5	4	5	1	4
Ивацевичский	5	5	3	3	5	4	4	5	3	4	1	2
Каменецкий	4	5	2	4	5	1	4	5	3	1	3	4
Кобринский	5	3	3	2	5	2	5	5	2	5	1	3
Лунинецкий	3	5	3	2	5	4	5	2	2	5	1	1
Ляховичский	5	5	4	4	5	2	5	5	2	2	2	4
Малоритский	5	2	2	1	5	2	5	5	1	5	1	2
Пинский	5	4	4	2	4	3	5	4	1	5	1	2
Пружанский	5	5	4	4	5	2	4	5	3	3	2	4
Столинский	5	4	4	2	5	3	5	3	1	5	1	3
По области	4	5	4	3	5	5	5	5	2	3	1	3



Распределение показателя индекса качества почв по районам Беларуси

Эти районы чаще всего соседствуют с районами второй группы – с устойчивым почвенным покровом, во многих из этих районов (Ошмянский, Молодечненский, Воложинский, Пуховичский, Червеньский, Кореличский, Толочинский, Дубровенский, Круглянский) также достаточно велика доля плодородных суглинистых почв, но качество снижают чаще такие факторы, как эродированность, завалуненность, обилие переувлажненных почв. В Дубровенском и Круглянском р-нах минимальный балл зафиксирован по содержанию подвижных соединений меди и цинка. Сходными понижающими индекс негативными факторами в западной группе таких районов (Берестовицкий, Волковыский, Зельвенский, Слонимский, Пружанский, Березовский, Мостовский, Ивановский) являются завалуненность и обилие легких и переувлажненных почв. Ветковский и Чечерский р-ны имеют минимальный балл по факторам загрязнения радионуклидами и наличию легких почв при высоких баллах по другим показателям.

Очень многочисленной (33 района) оказалась группа территорий мезоуровня со средним уровнем устойчивости (I_n 70,1–76 баллов), которые наиболее характерны для равнинных районов Центральной Беларуси. В районах западной части Беларуси в этой группе частыми негативными факторами, снижающими устойчивость, являются наличие легких и завалуненных почв, а в Брестском, Кобринском, Гродненском и Лидском р-нах еще и обилие переувлажненных почв, в Гродненском и Щучинском р-нах почвы очень бедны гумусом.

Наиболее многочисленной оказалась группа из 37 районов с малоустойчивым почвенным покровом (I_n 61,4–70 баллов). Они доминируют на большей части Полесья и Северной почвенной провинции. В Центральной почвенной провинции такой малоустойчивый покров имеют некоторые районы с высокой долей легких и заболоченных почв (Белыничский, Березинский, Осиповичский, Стародорожский, Бобруйский, Кировский р-ны). В Витебской обл. такие районы отличаются сильной переувлажненностью почв, низкой продуктивностью, часто имеют повышенное содержание тяжелых металлов. В Полесском регионе к сильной степени переувлажненности почв и низкой продуктивности добавляется еще и легкий гранулометрический состав подавляющего большинства почв.

Наименее устойчивый (I_n менее 64 баллов) почвенный покров выявлен нами в 10 центральных районах Могилевской обл., на Городокской, Браславской, Новогрудской возвышенностях, а также в ряде районов, приуроченных к низменностям Полесья (Лунинецкий, Глусский, Светлогорский, Речицкий, Лоевский, Гомельский р-ны). Самый низкий индекс в стране имеет Климовичский р-н, где 5 параметров из 12 имеют самую низкую градацию (наличие кислых почв; урожайность зерновых культур; содержание подвижного фосфора, доля легких почв; содержание тяжелых металлов). Большинство из этих недостатков проявляется и в соседних районах, причем в Краснопольском, Славго-

родском, Чаусском р-нах к ним добавляется и высокий уровень загрязнения радионуклидами. Чаще всего в районах этой группы минимальные показатели отмечаются по наличию переувлажненных почв и урожайности, 1 балл имеет также показатель содержания тяжелых металлов (Чашникский, Городокский, Глусский р-ны) или завалуненность (Чашникский, Городокский, Браславский р-ны). Разными причинами объясняются низкие значения индекса в Новогрудском (много низкообеспеченных гумусом и кислых почв, эродированных), Дятловском (завалуненность, обилие легких почв), Лоевском (много низкообеспеченных калием почв, переувлажненных, легких при низкой урожайности) районах.

По административным районам Беларуси на основе разработанных нормативов и градаций отдельных свойств почв получены показатели устойчивости почвенного покрова к негативному внешнему воздействию. Выявлен широкий диапазон колебаний по данному показателю от наиболее до наименее устойчивых.

Картографическое отображение полученных результатов показало, что степень устойчивости почвенного покрова к негативному внешнему воздействию имеет определенный географический детерминизм. Установлено, что наиболее устойчивым (I_n выше 82 баллов) является почвенный покров в 9 районах страны, приуроченных к отдельным возвышенностям (Минская, Оршанская, Копыльская гряды). Почвенный покров является устойчивым (I_n 76,1–82 балла) и во многих районах, прилегающих к первым, а также на Волковысской возвышенности.

Поправочные переводные коэффициенты, необходимые для уточнения соотношения оцениваемой экосистемы к тому или иному классу устойчивости с учетом характеристик почвенного покрова: 0,8 – для наименее устойчивых, 0,9 – для малоустойчивых, 1,2 – для среднеустойчивых, 1,4 – для устойчивых, 1,6 – для высокоустойчивых.

Заключение. Для разработки системы классов устойчивости экосистем территории по итогам интегральной оценки состояния территории использован метод, основанный на балльной оценке с учетом степени вклада определенного показателя.

Система классов устойчивости почвенного покрова экосистем территории к воздействию антропогенных факторов включает оценку каждого фактора с учетом степени вклада данного показателя. Для оценки используется 12 показателей с указанием вклада каждого из них в интегральную оценку. Все баллы, установленные для отдельных показателей, плюсятся, и максимальная интегральная оценка устойчивости почв территорий районов к воздействию антропогенных факторов и условий с учетом всех показателей может составить 100 %.

Сведение системы показателей почвенного блока позволило получить шкалу для интегральной оценки устойчивости территорий районов к воздействию антропогенных факторов и условий на основании свойств почвенного покрова с выделением следующих классов устойчивости экосистем: наименее устойчивые (I_n менее 64 баллов); малоустойчивые (I_n 64,1–70 баллов); среднеустойчивые (I_n 70,1–76 баллов); устойчивые (I_n 76,1–82 балла); высокоустойчивые (I_n более 82 баллов).

Разработанная система классов устойчивости почвенного покрова может быть использована для систематизации экосистем территории мезоуровня по классам устойчивости к антропогенной нагрузке для регулирования уровня совокупной антропогенной нагрузки с целью сохранения благоприятной окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Список использованных источников

1. Andrews, S. S. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California / S. S. Andrews, D. L. Karlen, J. P. Mitchell // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 2002. – № 90. – P. 25–45.
2. Concepts of soil quality and their significance / M. R. Carter, E. G. Gregorich, D. W. Anderson // *Developments in Soil Science*. – Elsevier, 1997. – P. 1–19.
3. Davidson, D. A. Soil quality assessment: recent advances and controversies / D. A. Davidson // *Progress in Environmental Science*. – 2000. – № 2. – P. 342–350.
4. Doran, J. W. Defining and assessing soil quality / J. W. Doran, T. B. Parkin // *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. – 1994. – Vol. 35. – P. 3–21.
5. Review: soil physical and chemical properties as indicators of soil quality in Australian viticulture // D. P. Oliver, R. G. V. Bramley, D. Riches [et al.] // *Australian Journal of Grape and Wine Research*. – 2013. – Vol. 19, № 2. – P. 129–139.
6. Кирюшин, В. И. Оценка качества земель и плодородия почв для формирования систем земледелия и агротехнологий / В. И. Кирюшин // *Почвоведение*. – 2007. – № 7. – С. 873–880.
7. Soil quality – a critical review / E. K. Bunemann, G. Bongiorno, Z. G. Bai [et al.] // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2018. – № 120. – P. 105–125.
8. Nortcliff, S. Standardization of soil quality attributes / S. Nortcliff // *Agriculture Ecosystems & Environment*. – 2002. – Vol. 88, iss. 2. – P. 161–168.
9. Ереско, М. А. Показатели физических свойств почв для комплексной экологической оценки состояния почвенного покрова / М. А. Ереско, Н. В. Клебанович // *Земля Беларуси*. – 2023. – № 2. – С. 44–52.

10. Ересько, М. А. Показатели комплексного экологического состояния почвенного покрова / М. А. Ересько, Н. В. Клебанович // Весці БДПУ. Серыя 3. Фізіка, матэматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2023. – № 3 (117). – С. 28–33.
11. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2017–2020) / И. М. Богдевич, В. В. Лапа, М. В. Рак [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2022. – 276 с.
12. Столбовой, В. С. Индикаторы качества почв пахотных угодий РФ / В. С. Столбовой, А. М. Гребенников // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. – 2020. – Вып. 104. – С. 31–67.
- Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие / Г. И. Кузнецов, Н. И. Смеяна, Г. С. Цытрон [и др.]; под ред. Г. И. Кузнецова, Н. И. Смеяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.
- Шибут, Л. И. Уточнение поправочных коэффициентов на завалуненность почв для зерновых и зернобобовых культур к оценке земель / Л. И. Шибут, Г. С. Цытрон, Н. В. Радченко // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1. – С. 28–34.
15. Клебанович, Н. В. Химическая мелиорация почв: учеб.-метод. пособие / Н. В. Клебанович. – Минск: БГУ, 2019. – 175 с.
16. Химическая мелиорация почв: электрон. учеб.-метод. комплекс для специальности: 1-31 02 01 «География» / БГУ, Фак. географии и геоинформатики, каф. почвоведения и геоинформ. систем; Н. В. Клебанович, Д. А. Чиж, А. А. Са-
зонов, А. Л. Киндеев. – Минск, 2020. – 88 с.
17. Thomas, G. W. The chemistry of soil acidity / G. W. Thomas, W. L. Hargrove // Soil Acidity and Liming / F. Adams, Ed., 2nd ed. – American Society of Agronomy, 1984. – № 12. – P. 3–56.
18. Мотузова, Г. В. Экологический мониторинг почв / Г. В. Мотузова, О. С. Безуглова. – М.: Акад. проект, 2007. – 239 с.
19. Hoyle, F. K. Soil organic carbon – a role in rainfed farming systems: with particular reference to Australian conditions / F. K. Hoyle, J. A. Baldock, D. W. Murphy // Rainfed Farming Systems / Ed. P. Thaw, I. Cooper, I. Partridge, and C. Birch. – New York: Springer, 2011. – P. 339–361.
20. Dexter, A. R. Soil structure: Key to soil function / A. R. Dexter // Advances in Geocology. – 2002. – № 35. – P. 57–69.

Поступила 03.02.2025

Н. Н. Цыбулько¹, И. И. Жукова², В. В. Журавков¹, Е. В. Алексейчик¹¹Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова
Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь, e-mail: nik.nik1966@tut.by²Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка,
Минск, Беларусь, e-mail: inn0707@bspu.by**ЗАГРЯЗНЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ¹³⁷CS НА ТЕРРИТОРИИ
БЕЛАРУСИ: ДИНАМИКА, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ**

Аннотация. Проведен анализ динамики, современного состояния и территориального распределения загрязненных ¹³⁷Cs почв пахотных и луговых земель. В Беларуси за послеаварийный период в результате естественного распада радионуклидов площадь земель, загрязненных ¹³⁷Cs, сократилась на 660,2 тыс. га, или в 1,8 раза. Существенно изменилось соотношение удельного веса почв по плотностям радиоактивного загрязнения. По состоянию на 2024 г. доля земель с плотностью загрязнения 1–5 Ки/км² составляет 83 %, плотностью 5–15 Ки/км² – 16 %, плотностью 15–40 Ки/км² – 1 %. Загрязненные ¹³⁷Cs земли с плотностью 1–40 Ки/км² имеются в 55 районах, их удельный вес колеблется в очень широких пределах – от менее 0,1 до 97 % от общей площади сельскохозяйственного землепользования. В 11 районах сконцентрировано 88 % земель с плотностью более 5 Ки/км². Земли, загрязненные ¹³⁷Cs с плотностью 15 Ки/км² и выше, сосредоточены в основном (76,7 %) в пяти районах – Добрушском, Чечерском, Костюковичском, Чериковском и Ветковском.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, ¹³⁷Cs, почвы, пахотные земли, луговые земли

М. М. Tsybulka¹, I. I. Zhukova², V. V. Zhuravkov¹, E. V. Alexeichik¹¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: nik.nik1966@tut.by²Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank, Minsk, Belarus, e-mail: inn0707@bspu.by**¹³⁷CS CONTAMINATION OF AGRICULTURAL LANDS IN BELARUS:
DYNAMICS, CURRENT STATE, TERRITORIAL DISTRIBUTION**

Abstract. The analysis of the dynamics, current state and territorial distribution of ¹³⁷Cs-contaminated soils of arable and grassland lands was conducted. In Belarus, in the post-accident period, as a result of the natural decay of radionuclides, the area of land contaminated with ¹³⁷Cs decreased by 660.2 thousand hectares, i. e. by 1.8 times. The ratio of the specific gravity of soils in terms of radioactive contamination densities has changed significantly. As of 2024, the share of lands with a contamination density of 1–5 Ki/km² is 83 %, with a density of 5–15 Ki/km² is 16 %, and with a density of 15–40 Ki/km² is 1 %. ¹³⁷Cs contaminated lands with a density of 1–40 Ki/km² are present in 55 districts, their specific gravity varies considerably – from less than 0.1 to 97 % of the total area of agricultural land use. 88 % of the areas with a density of more than 5 Ki/km² are concentrated in 11 districts. Areas contaminated with ¹³⁷Cs at a density of 15 Ki/km² and above are mainly concentrated (76.7 %) in five districts, namely – Dobrush, Chechersk, Kostyukovich, Cherikov and Vetka districts.

Keywords: radioactive contamination, ¹³⁷Cs, soils, arable land, grassland

М. М. Цыбулька¹, І. І. Жукава², У. У. Жураўкоў¹, А. В. Аляксейчык¹¹Міжнародны дзяржаўны экалагічны інстытут імя А. Д. Сахарова
Беларуская дзяржаўная ўніверсітэта, Мінск, Беларусь, e-mail: nik.nik1966@tut.by²Беларускі дзяржаўны педагагічны ўніверсітэт імя Максіма Танка,
Мінск, Беларусь, e-mail: inn0707@bspu.by**ЗАБРУДЖАННЕ СЕЛЬСЬКАГАСПАДАРЧЫХ ЗЯМЕЛЬ ¹³⁷CS НА ТЭРЫТОРЫІ БЕЛАРУСІ:
ДЫНАМІКА, СУЧАСНЫ СТАН, ТЭРЫТОРЫЯЛЬНАЕ РАЗМЕРКАВАННЕ**

Анотацыя. Праведзены аналіз дынамікі, сучаснага стану і тэрытарыяльнага размеркавання забруджаных ¹³⁷Cs глеб ворных і луговых зямель. У Беларусі за пасляаварыйны перыяд у выніку натуральнага распаду радыёнуклідаў плошчы зямель, забруджаных ¹³⁷Cs, скараціліся на 660,2 тыс. га, або ў 1,8 раза. Істотна змяніліся суадносіны ўдзельнай вагі глеб па шчыльнасцях радыеактыўнага забруджвання. У цяперашні час доля зямель са шчыльнасцю забруджвання 1–5 Кі/км² складае 83 %, шчыльнасцю 5–15 Кі/км² – 16 %, шчыльнасцю 15–40 Кі/км² – 1 %. Забруджаныя ¹³⁷Cs землі са шчыльнасцю 1–40 Кі/км² ёсць у 55 раёнах, іх ўдзельная вага знаходзіцца ў вельмі шырокіх межах – ад менш 0,1 да 97 % ад агульнай плошчы сельскагаспадарчага землекарыстання. У 11 раёнах сканцэнтравана 88 % зямель са шчыльнасцю больш за 5 Кі/км². Землі, забруджаныя ¹³⁷Cs са шчыльнасцю 15 Кі/км² і вышэй, сканцэнтраваны ў асноўным (76,7 %) у пяці раёнах – Добрушскім, Чачэрскім, Касцюковіцкім, Чэрыкаўскім і Веткаўскім.

Ключавыя словы: радыеактыўнае забруджванне, ¹³⁷Cs, глебы, ворныя землі, лугавыя землі

Введение. В результате аварии на Чернобыльской АЭС произошел крупный выброс радиоактивных веществ ($1,85 \cdot 10^{18}$ Бк) в атмосферу с последующим широкомасштабным и долгосрочным радиоактивным загрязнением окружающей среды. Площадь территории Советского Союза с плотностью загрязнения ^{137}Cs выше 37 кБк/м^2 составила более 150 тыс. км^2 [1–3].

Особенностью формирования радиоактивного следа явилась неоднородность загрязнения территории в результате фракционирования радиоактивных выпадений и влияния погодных условий. Радионуклиды присутствуют почти во всех компонентах экосистем, вовлечены в геохимические и трофические цепи миграции, определяют необходимость ведения хозяйственной деятельности в условиях радиоактивного загрязнения в течение длительного периода.

Масштабное загрязнение связано в основном с биологически значимым радионуклидом ^{137}Cs , который формирует основные дозовые нагрузки на человека. До аварии на Чернобыльской АЭС загрязнение территории Беларуси ^{137}Cs отмечалось в отдельных точках за счет глобальных выпадений и составляло $1,5\text{--}3,7 \text{ кБк/м}^2$ ($0,1 \text{ Ки/км}^2$). После аварии на $136,5 \text{ тыс. км}^2$ (66 % территории республики) плотность загрязнения этим радионуклидом превышала 10 кБк/м^2 ($0,27 \text{ Ки/км}^2$) [4].

Законодательством ряда стран, в том числе и Беларуси, в качестве величины плотности загрязнения ^{137}Cs , начиная с которой территория относится к зоне радиоактивного загрязнения, установлено значение 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2). Согласно действующему законодательству одним из критериев отнесения территории к зоне радиоактивного загрязнения является превышение плотности загрязнения ^{137}Cs величины 37 кБк/м^2 . Такое превышение было установлено на площади $46,5 \text{ тыс. км}^2$, или 23 % территории Беларуси. Наиболее загрязненными оказались юго-восточная и северо-восточная части Гомельской обл. и юго-восточная часть Могилёвской обл. Максимальное загрязнение почвы ^{137}Cs достигало $60\,000 \text{ кБк/м}^2$ ($1\,600 \text{ Ки/км}^2$) и наблюдалось в отдельных населенных пунктах как ближней (Брагинский р-н Гомельской обл.), так и дальней зоны (Чериковский р-н Могилёвской обл.). Существенно ниже уровни радиоактивного загрязнения в юго-западной части Гомельской области, центральной части Брестской, Гродненской и Минской обл. [5].

Одним из наиболее тяжелых экологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС явилось радиоактивное загрязнение почв земель сельскохозяйственного назначения. На территории Советского Союза радиоактивному загрязнению подверглось свыше 4,3 млн га сельскохозяйственных земель [6, 7].

Цель настоящей работы – на основе материалов крупномасштабных агрохимических и радиационных обследований провести анализ динамики, современного состояния и территориального распределения загрязненных ^{137}Cs почв пахотных и луговых земель.

Объекты и предмет исследования. Объектом исследований явились почвы пахотных и луговых земель, загрязненные ^{137}Cs с плотностью от 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2) до $1\,480 \text{ кБк/м}^2$ (40 Ки/км^2), сельскохозяйственных организаций районов Беларуси, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Территория радиоактивного загрязнения характеризуется пестротой почвенного покрова, обусловленного типовыми различиями, степенью увлажнения, гранулометрическим составом почвообразующих и подстилающих пород [8]. На загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных землях встречаются почти все типы почв, характерные для территории республики: дерново-подзолистые, дерново-подзолистые заболочиваемые, дерновые заболочиваемые, торфяно-болотные, аллювиальные (пойменные, торфяно-болотные) дерновые, деградированные (торфяно-минеральные, минеральные остаточнo-торфяные, минеральные постторфяные). Основным качественным состав сельскохозяйственных земель представляют дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболочиваемые почвы, удельный вес которых составляет соответственно 33,4 и 35,6 % от общей их площади. На долю дерновых заболочиваемых почв приходится 10,3 %. Кроме этого, в составе обрабатываемых земель имеется 11,4 % торфяно-болотных, 5,6 % – аллювиальных (пойменных) дерновых и 3,7 % деградированных торфяно-минеральных почв.

На территории радиоактивного загрязнения преобладают супесчаные почвы – 46,4 %. Песчаные почвы занимают 27,9 %, а глинистые и суглинистые – 12,5 %. По степени гидроморфизма в составе сельскохозяйственных земель автоморфные почвы занимают 33,1 %, полугидроморфные – 52,0 %, гидроморфные – 14,9 %. В целом на территории радиоактивного загрязнения удельный вес в разной степени переувлажненных почв (полугидроморфные и гидроморфные) составляет 66,9 %.

Предмет исследования: основные закономерности и тенденции динамики и современного состояния загрязнения почв пахотных и луговых земель ^{137}Cs .

Результаты и их обсуждение. В Беларуси загрязнению ^{137}Cs с плотностью выше 37 кБк/м^2 (выше $1,0 \text{ Ки/км}^2$) подверглось 1 866 тыс. га сельскохозяйственных земель (около 20 % их общей площади) в 59 административных районах, в том числе 1 725 тыс. га с плотностью загрязнения до 555 кБк/м^2 (до 15 Ки/км^2) и 141 тыс. га – от 555 до $1\,480 \text{ кБк/м}^2$ ($15\text{--}40 \text{ Ки/км}^2$). Из оборота выведено 265,4 тыс. га земель, в том числе – 84,1 тыс. га пахотных.

Согласно действующей методике [9] почвы сельскохозяйственных земель при их крупномасштабном агрохимическом и радиационном обследовании подразделяются на 7 степеней по плотности загрязнения ¹³⁷Cs – от менее 1,0 Ки/км² (менее 37 кБк/м²) до 40 и более Ки/км² (1 480 кБк/м² и более) (табл. 1).

Таблица 1. Градация почв по степени загрязнения ¹³⁷Cs [9]

Степень загрязнения	Плотность загрязнения ¹³⁷ Cs, Ки/км ²	Обозначение на картограммах, цвет
1	Менее 1,0	Не окрашивается
2	1,0–4,9	Голубой
3	5,0–9,9	Синий
4	10,0–14,9	Зеленый
5	15,0–29,9	Желтый
6	30,0–39,9	Оранжевый
7	40,0 и более	Красный

В результате радиоактивного распада наблюдается постепенное уменьшение площади земель с контролируемой минимальной плотностью загрязнения ¹³⁷Cs 37 кБк/м² и выше, перевод их в категорию незагрязненных. Площадь загрязненных сельскохозяйственных земель сократилась за период с 1992 по 2024 г. с 1 480 до 819,8 тыс. га (рис. 1), в категорию незагрязненных перешло 660,2 тыс. га земель, ранее загрязненных ¹³⁷Cs.

За длительный послеаварийный период существенно изменилось соотношение площадей и удельного веса почв сельскохозяйственных земель по плотностям радиоактивного загрязнения. В первый послеаварийный период из общей площади почв сельскохозяйственных земель, загрязненных ¹³⁷Cs (1 866 тыс. га), на долю с плотностью загрязнения 1–5 Ки/км² приходилось 68 % (1 270 тыс. га), плотностью 5–15 Ки/км² – 24 % (455 тыс. га), плотностью 15–40 Ки/км² – 8 % (141 тыс. га) (табл. 2).

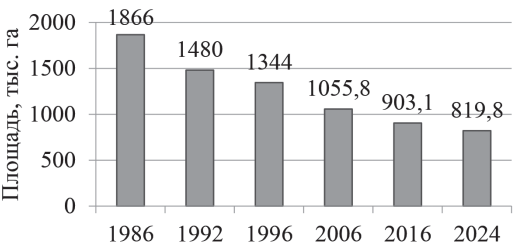


Рис. 1. Площадь сельскохозяйственных земель Республики Беларусь, загрязненных ¹³⁷Cs с плотностью 37 кБк/м² и выше

Таблица 2. Динамика соотношения площадей и удельного веса почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь по плотностям загрязнения ¹³⁷Cs

Годы	Плотность загрязнения ¹³⁷ Cs					
	1–5 Ки/км ²		5–15 Ки/км ²		15–40 Ки/км ²	
	Площадь, тыс. га	%	Площадь, тыс. га	%	Площадь, тыс. га	%
1986	1 270	68	455	24	141	8
2006	804	76	220,5	21	31	3
2016	734,7	79	171,6	19	21,3	2
2024	675	83	133,9	16	10,3	1

В дальнейшем наблюдалось уменьшение удельного веса земель с плотностью загрязнения от 5 до 40 Ки/км² и соответственно увеличение доли земель с плотностью загрязнения 1–5 Ки/км². Так, по данным крупномасштабного агрохимического и радиационного обследования почв через 20 лет после аварии (2006 г.) из общей площади сельскохозяйственных земель, загрязненных ¹³⁷Cs (1 055,8 тыс. га), удельный вес их с плотностью загрязнения 1–5 Ки/км² составлял 76 % (804 тыс. га), плотностью 5–15 Ки/км² – 21 % (220,5 тыс. га) и плотностью 15–40 Ки/км² – 3 % (31 тыс. га). К 2016 г. доля земель с плотностью радиоактивного загрязнения 5–15 и 15–40 Ки/км² сократилась соответственно до 19 и 2 %, а удельный вес земель с плотностью загрязнения 1–5 Ки/км² увеличился до 79 %.

По состоянию на 01.01.2024 согласно данным последнего тура агрохимического и радиационного обследования почв пахотных и луговых земель сельскохозяйственных организаций и фермер-

ских хозяйств Беларуси аграрное производство ведется на 819,8 тыс. га земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 1–40 Ки/км², что составляет около 11 % от общей площади сельскохозяйственных земель республики. Пахотные земли занимают 570,9 тыс. га (70 %), луговые – 248,9 тыс. га (30 %). В составе загрязненных ^{137}Cs пахотных и луговых земель на земли с плотностью загрязнения 1–5 Ки/км² приходится 82,4 % (675,6 тыс. га), с плотностью 5–15 Ки/км² – 16,3 % (133,9 тыс. га) и плотностью 15–40 Ки/км² – 1,3 % (10,3 тыс. га) (табл. 3)

Таблица 3. Экспликация сельскохозяйственных земель Республики Беларусь по плотности загрязнения ^{137}Cs (по состоянию на 01.01.2024)

Область	Всего земель > 1,0 Ки/км ²		Плотность загрязнения					
			1–5 Ки/км ²		5–15 Ки/км ²		15–40 Ки/км ²	
	Площадь, тыс. га	%	Площадь, тыс. га	%	Площадь, тыс. га	%	Площадь, тыс. га	%
Сельскохозяйственные земли								
Брестская	31,720	2,57	31,079	97,98	0,641	2,02	–	–
Витебская	0,0442	0,00	0,0442	100,00	–	–	–	–
Гомельская	494,658	40,36	395,560	79,97	91,684	18,53	7,414	1,50
Гродненская	12,620	1,14	12,367	98,00	0,253	2,00	–	–
Минская	31,986	1,99	31,799	99,42	0,187	0,58	–	–
Могилёвская	248,775	22,11	204,737	82,30	41,128	16,53	2,910	1,17
Итого	819,803	10,88	675,586	82,41	133,893	16,33	10,324	1,26
Пахотные земли и многолетние насаждения								
Брестская	17,146	2,25	16,915	98,65	0,231	1,35	–	–
Витебская	0,044	0,01	0,044	100,00	–	–	–	–
Гомельская	361,163	40,15	288,897	79,99	67,058	18,57	5,208	1,44
Гродненская	5,018	0,65	5,001	99,66	0,017	0,34	–	–
Минская	22,551	1,87	22,490	99,73	0,061	0,27	–	–
Могилёвская	164,965	20,48	137,892	83,59	25,567	15,50	1,506	0,91
Итого	570,887	10,86	471,239	82,55	92,934	16,28	6,714	1,18
Луговые земли								
Брестская	14,574	3,08	14,164	97,19	0,410	2,81	–	–
Витебская	–	–	–	–	–	–	–	–
Гомельская	133,495	40,95	106,663	79,90	24,626	18,45	2,206	1,65
Гродненская	7,602	2,27	7,366	96,90	0,236	3,10	–	–
Минская	9,435	2,34	9,309	98,66	0,126	1,34	–	–
Могилёвская	83,810	26,19	66,845	79,76	15,561	18,57	1,404	1,68
Итого	248,916	10,94	204,347	82,09	40,959	16,45	3,610	1,45

Примечание. * – процент от наличия сельскохозяйственных земель; ** – процент от «всего земель > 1 Ки/км²».

Анализ экспликации загрязненных сельскохозяйственных земель Республики Беларусь показывает, что основные массивы их сосредоточены в Гомельской и Могилёвской обл. – соответственно 494,7 и 248,8 тыс. га, что составляет 60 и 30 % от общей площади загрязненных земель. В Брестской, Гродненской и Минской обл. площади загрязненных земель значительно меньше – 31,7, 12,6 и 32,0 тыс. га соответственно.

Рассматривая структуру радиоактивного загрязнения земель по областям республики, можно отметить следующее. В составе загрязненных ^{137}Cs пахотных и луговых земель в Гомельской обл. земли с плотностью загрязнения 1–5 Ки/км² занимают 80 % (395,6 тыс. га), плотностью 5–15 Ки/км² – 18,5 % (91,7 тыс. га) и плотностью 15–40 Ки/км² – 1,5 % (7,4 тыс. га). В Могилёвской обл. структура по плотности загрязнения земель следующая: 1–5 Ки/км² – 82 % (204,7 тыс. га), 5–15 Ки/км² – 16,5 % (41,1 тыс. га), 15–40 Ки/км² – 1,2 % (2,9 тыс. га). В Брестской, Гродненской и Минской обл. отсутствуют земли с плотностью загрязнения ^{137}Cs 15 Ки/км² и выше, а удельный вес земель с плотностью загрязнения 5–15 Ки/км² не превышает 2 %.

Из 118 административных районов Беларуси в 55 районах имеются сельскохозяйственные земли, загрязненные ^{137}Cs с плотностью от 1 до 40 Ки/км². По районам площади загрязненных земель колеблются в очень широких пределах – удельный вес их изменяется от менее 0,1 до 97 % от общей площади сельскохозяйственного землепользования района. В зависимости от удельного веса земель, загрязненных ^{137}Cs , все районы разделены на 4 группы. Первую группу представляют районы, в которых доля таких земель составляет 1–5 %, вторую – 6–25 %, третью – 26–50 % и четвертую – более 50 % (рис. 2).

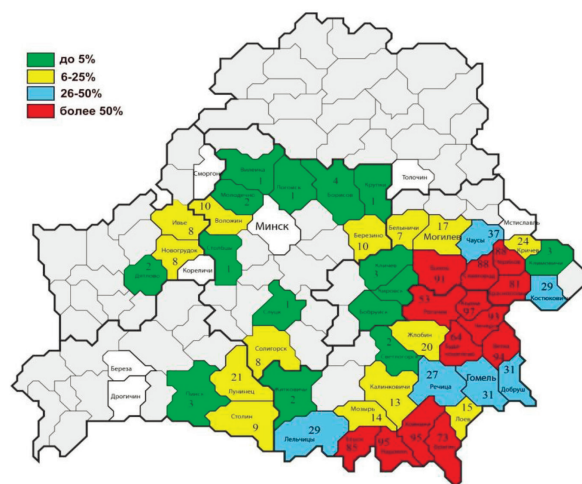


Рис. 2. Картограмма распределения административных районов по удельному весу загрязненных ^{137}Cs сельскохозяйственных земель

В 7 районах (Березовский, Дрогичинский, Кореличский, Минский, Мстиславский, Сморгонский, Толочинский) загрязненные земли занимают менее 1 %, а площади их колеблются от 33 до 136 га. В 15 районах доля загрязненных ^{137}Cs земель изменяется от 1 до 5 %. В эту группу входят Пинский р-н Брестской обл., Житковичский и Светлогорский р-ны Гомельской обл., Дятловский р-н Гродненской обл., Борисовский, Вилейский, Крупский, Логойский, Молодечненский, Слуцкий и Столбцовский р-ны Минской обл., Бобруйский, Кировский, Климовичский и Кличевский р-ны Могилевской обл. От 6 до 25 % загрязнены ^{137}Cs сельскохозяйственные земли в Лунинецком и Столинском р-нах Брестской обл., Жлобинском, Калинковичском, Лоевском и Мозырском р-нах Гомельской обл., Новогрудском и Ивьевском р-нах Гродненской обл., Березинском, Воложинском, и Солигорском р-нах Минской обл., Бельничском, Кричевском и Могилевском р-нах Могилевской области. В группе таких районов, как Гомельский, Добрушский, Лельчицкий и Речицкий (Гомельская обл.), Костюковичский и Чаусский (Могилевская обл.), удельный вес загрязненных ^{137}Cs земель колеблется от 26 до 50 %. Наибольшие площади (более 50 %) загрязненных ^{137}Cs земель в Брагинском, Буда-Кошелевском, Ветковском, Ельском, Кормянском, Наровлянском, Рогачевском, Хойникском и Чечерском р-нах Гомельской обл., Быховском, Краснопольском, Славгородском и Чериковском р-нах Могилевской обл.

За послеаварийный период произошла трансформация в почвах физико-химических форм ^{137}Cs – необменная фиксация, уменьшение водорастворимых и обменных форм. Содержание его в доступной для растений форме составляет незначительную долю – 5–15 % [10]. В связи с существенным снижением биологической доступности и интенсивности миграции ^{137}Cs в системе «почва – растение» проблемы с получением нормативно чистой продукции растениеводства (в первую очередь, на пищевые цели) по содержанию данного радионуклида могут возникать на почвах с повышенной (5–15 Ки/км²) и высокой (15–40 Ки/км²) плотностью загрязнения.

В настоящее время в аграрном землепользовании находится 141,3 тыс. га пахотных и луговых земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 5 Ки/км² и выше. Анализ показывает, что из 55 районов, в которых имеются загрязненные ^{137}Cs сельскохозяйственные земли, в 32 районах часть земель загрязнена ^{137}Cs с плотностью 5 Ки/км² и выше. Площади по районам колеблются в широких пределах. Незначительное количество таких почв в Жлобинском (10 га), Березинском (31 га), Речицком (46 га), Калинковичском (47 га), Воложинском (59 га), Лельчицком (59 га), Солигорском (97 га) и Гомельском (99 га) районах, от 100 до 900 га – в Лунинецком (150 га), Светлогорском (151 га), Новогрудском (253 га), Климовичском (282 га), Могилевском (306 га), Столинском (491 га), Кричевском (502 га) и Чаусском (837 га) районах (рис. 3).

В 5 районах площади земель, загрязненных с плотностью более 5 Ки/км², колеблются от 1 до 5 тыс. га: Лоевский (1 023 га), Быховский (1 630 га), Рогачевский (2 325 га), Краснопольский (4 348 га) и Ельский (4 729 га). От 5 до 10 тыс. га таких земель в Брагинском (6 613 га), Буда-Кошелевском (6 895 га), Костюковичском (7 311 га) и Чериковском (8 195 га) районах. Наибольшие площади (10–20 тыс. га) земель с плотностью 5 Ки/км² и выше Добрушском (10 875 га), Кормянском (10 975 га), Наровлянском (12 029 га), Чечерском (12 574 га), Ветковском (15 063 га), Хойникском (15 585 га) и Славгородском (17 717 га) районах. В 11 районах, представляющих третью и четвертую группы по площадям земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью более 5 Ки/км², сконцентрировано 88 % таких земель (123,8 тыс. га).

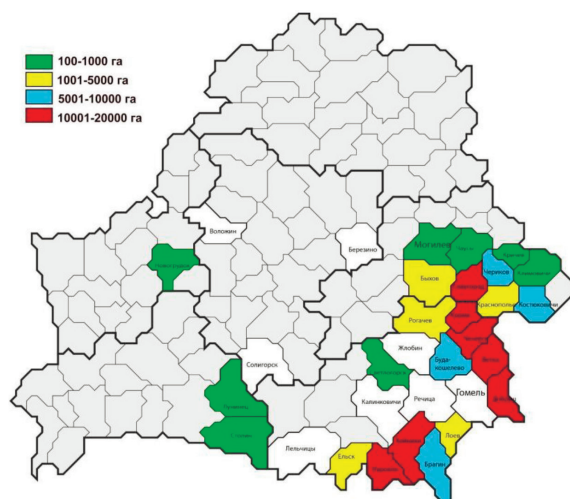


Рис. 3. Картограмма распределения площадей сельскохозяйственных земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 5 Ки/км² и выше, по административным районам

Земли, загрязненные ^{137}Cs с плотностью 15 Ки/км² и выше, имеются в составе сельскохозяйственного землепользования девяти районов Гомельской обл. и пяти районов Могилёвской обл. (рис. 4).

Согласно данным экспликации сельскохозяйственных земель на 01.01.2024 в сельскохозяйственном землепользовании находится 10,3 тыс. га пахотных и луговых земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 15 Ки/км² и выше. Основные массивы (76,7 %) их сосредоточены в пяти районах – Добрушском (2 650 га), Чечерском (1 938 га), Костюковичском (1 590 га), Чериковском (870 га) и Ветковском (867 га) (табл. 4).

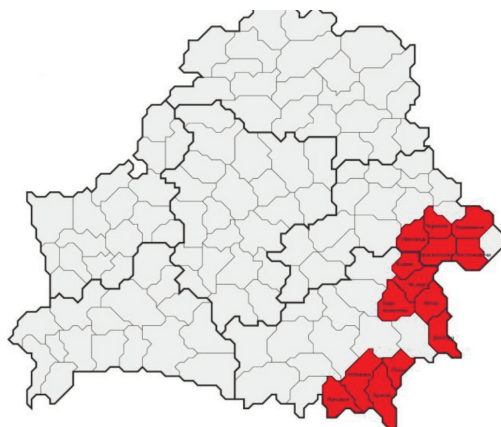


Рис. 4. Картограмма, представляющая административные районы, в землепользовании которых имеются земли, загрязненные ^{137}Cs с плотностью 15 Ки/км² и выше

Таблица 4. Площади сельскохозяйственных земель с плотностью загрязнения ^{137}Cs 15 Ки/км² и выше (на 01.01. 2024)

Административный район	Площадь, га	Процент в составе земель с плотностью 15 Ки/км ² и выше
Лоевский	47	0,5
Краснопольский	57	0,6
Славгородский	143	1,4
Кормянский	204	2,0
Климовичский	250	2,4
Хойникский	364	3,5
Наровлянский	436	4,2
Буда-Кошелевский	448	4,3
Брагинский	460	4,5
Ветковский	867	8,4

Административный район	Площадь, га	Процент в составе земель с плотностью 15 Ки/км ² и выше
Чериковский	870	8,4
Костюковичский	1 590	15,4
Чечерский	1 938	18,8
Добрушский	2 650	25,7
Всего	10 324	100

Заключение. За 38-летний послеаварийный период в результате естественного распада радионуклидов площади используемых сельскохозяйственных земель, загрязненных ¹³⁷Cs, сократились на 660,2 тыс. га, или в 1,8 раза. Существенно изменилось соотношение площадей и удельного веса почв сельскохозяйственных земель по плотностям радиоактивного загрязнения. В первый послеаварийный период из общей площади почв сельскохозяйственных земель, загрязненных ¹³⁷Cs, на долю с плотностью загрязнения 1–5 Ки/км² приходилось 68 %, плотностью 5–15 Ки/км² – 24 % и плотностью 15–40 Ки/км² – 8 %, а в настоящее время это соотношение составляет соответственно 83, 16 и 1 %.

Основные массивы загрязненных сельскохозяйственных земель сосредоточены в Гомельской и Могилёвской обл.: соответственно 494,7 и 248,8 тыс. га, что составляет 60 и 30 % от общей площади загрязненных земель. В 55 административных районах имеются сельскохозяйственные земли, загрязненные ¹³⁷Cs с плотностью от 1 до 40 Ки/км². По районам площади загрязненных земель колеблются в очень широких пределах – удельный вес их изменяется от менее 0,1 до 97 % от общей площади сельскохозяйственного землепользования района.

В настоящее время в аграрном землепользовании находится 141, 3 тыс. га пахотных и луговых земель, загрязненных ¹³⁷Cs с плотностью 5 Ки/км² и выше. В 11 районах, входящих в третью и четвертую группы по площадям земель, загрязненных ¹³⁷Cs с плотностью 5 Ки/км² и выше, сконцентрировано 88 % этих земель (123,8 тыс. га). Земли, загрязненные ¹³⁷Cs с плотностью 15 Ки/км² и выше, имеются в составе сельскохозяйственного землепользования девяти районов Гомельской обл. и пяти районов Могилёвской обл. Основные массивы (76,7 %) их сосредоточены в пяти районах – Добрушском (2 650 га), Чечерском (1 938 га), Костюковичском (1 590 га), Чериковском (870 га) и Ветковском (867 га).

Список использованных источников

1. Радиоактивное загрязнение природных сред в зоне аварии на Чернобыльской АЭС / Ю. А. Израэль, В. Н. Петров, С. И. Авдюшин [и др.] // Метеорология и гидрология. – 1987. – № 2. – С. 5–18.
2. Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление. Двадцатилетний опыт: докл. эксперт. группы «Экология» Чернобыл. форума. – Вена: МАГАТЭ, 2008. – 180 с.
3. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий / С. С. Анисимов, С. А. Гераскин, И. В. Гешель [и др.]; под ред. Н. И. Санжаровой и С. В. Фесенко. – М.: РАН, 2018. – 278 с.
4. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных в результате крупных радиационных аварий / Н. Н. Цыбулько, В. С. Аверин, А. Г. Подоляк [и др.]; под общ. ред. Н. Н. Цыбулько. – Минск: Ин-т радиологии, 2011. – 438 с.
5. 35 лет после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий: нац. докл. Респ. Беларусь / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыл. АЭС М-ва по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 152 с.
6. Четверть века после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления. Национальный доклад Республики Беларусь. – Минск: Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыл. АЭС М-ва по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь, 2011. – 90 с.
7. Динамика изменения радиационной обстановки на территории Беларуси, России и Украины после аварии на Чернобыльской АЭС / Н. И. Санжарова, С. В. Фесенко, Н. Н. Цыбулько [и др.] // Современные проблемы радиологии и агроэкологии, пути реабилитации техногенно-загрязненных угодий: сб. докл. Междунар. конф., Обнинск, 15 дек. 2016 г. / ФГБНУ ВНИИРАЭ; редкол.: Н. И. Санжарова [и др.]. – Обнинск, 2016. – С. 182–190.
8. Номенклатурный список почв Беларуси (для целей крупномасштабного картографирования) / Н. И. Смеян, Г. С. Цытрон, Л. И. Шибут, И. И. Бубен. – Минск, 2003. – 43 с.
9. Методика крупномасштабного агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И. М. Богдевич, В. В. Лапа, В. В. Барашенко [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2020. – 45 с.
10. Цыбулько, Н. Н. Биологическая доступность ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в дерново-подзолистых почвах в отдаленный период аварии на Чернобыльской АЭС / Н. Н. Цыбулько, Ю. В. Путятин // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2022. – № 4. – С. 108–117.

Поступила 12.07.2024

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

BIOLOGICAL RESOURCES

БІЯЛАГІЧНЫЯ РЭСУРСЫ

ISSN 1810-9810 (Print)

УДК: 598.2:574.3:631

Р. В. Вечёрко, М. Г. Дмитренко, П. А. Пакуль, М. В. Таранович, Н. В. Карлионова

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск, Беларусь,
e-mail: ruzana.viacorka@gmail.comРАСПРОСТРАНЕНИЕ И ЧИСЛЕННОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПТИЦ
НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Аннотация. В результате учетов, проведенных в 2018–2023 гг. по всей территории Беларуси, были получены данные о распространении, плотности населения и численности ряда типичных и редких видов птиц, гнездящихся на сельскохозяйственных землях: обыкновенный перепел (*Coturnix coturnix*), коростель (*Crex crex*), представители отряда ржанкообразных. Среди исследуемых видов наиболее многочисленными являлись обыкновенный перепел, коростель и чибис (*Vanellus vanellus*). В качестве мест обитания обыкновенный перепел в основном выбирал посевы крестоцветных, зерновых, люцерны и кормовых трав; коростель – разнотравные луга и участки с рудеральной растительностью; чибис – преимущественно пашни и пастбища, в меньшей степени – поля зерновых и овощных культур. Несмотря на низкую численность большого веретенника (*Limosa limosa*) на сельскохозяйственных полях, они все же поддерживают значительную часть популяции вида вследствие их очень большой площади. Для гнездования вид использовал как посевы кормовых трав, так и пахотные земли, занятые яровыми культурами и имеющие увлажненные и переувлажненные участки. Приводятся данные о встречах малого зуйка (*Charadrius dubius*), бекаса (*Gallinago gallinago*), дупеля (*Gallinago media*), большого кроншнепа (*Numenius arquata*), черныша (*Tringa ochropus*).

Ключевые слова: агроценозы, полевые виды птиц, обыкновенный перепел, коростель, чибис, Charadriiformes

R. V. Viacorka, M. G. Dmitrenok, P. A. Pakul, M. V. Tarantovich, N. V. Karlionova

Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Belarus,
e-mail: ruzana.viacorka@gmail.com

THE DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF SOME BIRDS IN BELARUSIAN FARMLANDS

Abstract. This study investigated the distribution, population density and abundance of some common and rare bird species that potentially nest on farmlands in Belarus. Field studies were conducted from 2018 to 2023. The study focused on the Common Quail (*Coturnix coturnix*), Corncrake (*Crex crex*), and species belong to the order Charadriiformes. The most abundant species were the Common Quail (*Coturnix coturnix*), Corncrake (*Crex crex*), and Lapwing (*Vanellus vanellus*). The Quail primarily inhabited fields of crucifers, cereals, alfalfa, and forage grasses. The Corncrake preferred the meadows and areas with ruderal vegetation. The Lapwing was most commonly found on plowed fields and pastures, with a lesser preference for cereal and vegetable crops. The Black-tailed Godwit (*Limosa limosa*) had a low abundance on farmlands, but these habitats still support a significant part of the species' population due to their very large area. This species uses for nesting both forage grass crops of and arable lands occupied by spring crops for nesting, particularly those with wetted and waterlogged areas. Other observed species included the Little Ringed Plover (*Charadrius dubius*), Common Snipe (*Gallinago gallinago*), Great Snipe (*Gallinago media*), Eurasian Curlew (*Numenius arquata*), and Green Sandpiper (*Tringa ochropus*).

Keywords: farmland, field bird species, *Coturnix coturnix*, *Crex crex*, *Vanellus vanellus*, Charadriiformes

Р. В. Вячорка, М. Р. Дзмітранок, П. А. Пакуль, М. В. Тарановіч, Н. В. Карліонава

Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па біярэсурсах, Мінск, Беларусь,
e-mail: ruzana.viacorka@gmail.comРАСПАЎСЮДЖВАННЕ І КОЛЬКАСЦЬ НЕКОТОРЫХ ВІДАЎ ПТУШАК
НА СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧЫХ ЗЕМЛЯХ НА ТЭРЫТОРЫІ БЕЛАРУСІ

Анатацыя. У выніку ўлікаў, якія праводзіліся ў 2018–2023 гг. па ўсёй тэрыторыі Беларусі, атрыманы даныя аб распаўсюджванні, шчыльнасці насялення і колькасці шэрагу тыповых і рэдкіх відаў птушак, якія гняздуюцца на сельскагаспадарчых землях: звычайная перапёлка (*Coturnix coturnix*), драч (*Crex crex*) і прадстаўнікі атрада ржанкападобных. Сярод даследаваных відаў самымі шматлікімі на сельскагаспадарчых землях з'яўляліся звычайная перапёлка, драч і кнігаўка (*Vanellus vanellus*). У якасці месцаў пражывання звычайная перапёлка выбірала пасевы крыжакветных, збожжа, люцэрны і кармавых траў; драч – разнотраўныя лугі і ўчасткі з рудэральнай расліннасцю; кнігаўка – пераважна

раллю і пашы, у меншай ступені – палі збожжавых і агароднінных культур. Нягледзячы на нізкую колькасць вялікага грызку (*Limosa limosa*) на сельскагаспадарчых палях, яны ўсё ж падтрымліваюць значную частку папуляцыі віду з прычыны іх вельмі вялікай плошчы. Для гнездавання від выкарыстоўвае як пасевы кармавых траваў, так і ворныя землі, занятыя яравымі культурамі, на якіх ёсць вільготныя ўчасткі. Прыводзяцца даныя аб сустрэчах малога зуйка (*Charadrius dubius*), бакаса (*Gallinago gallinago*), дупеля (*Gallinago media*), вялікага краншнэпа (*Numenius arquata*), куліка чарняка (*Tringa ochropus*).

Ключавыя словы: аграцэнозы, палявыя віды птушак, *Coturnix coturnix*, *Crex crex*, *Vanellus vanellus*, Charadriiformes

Введение. Среди открытых местообитаний сельскохозяйственные земли являются одними из самых распространенных и занимают более третьей части территории как в Беларуси, так и в Европе в целом. Несмотря на то что эти территории ежегодно подвергаются сильному антропогенному воздействию (вспашка, боронование, сенокошение, внесение удобрений, пестицидов и т. п.), многие виды птиц, в том числе и редкие, используют их как гнездовые и кормовые биотопы. В Беларуси, в частности, это такие охраняемые виды, как большой веретенник (*Limosa limosa*), большой краншнэп (*Numenius arquata*), коростель (*Crex crex*) и дупель (*Gallinago media*) [1]. По данным Bird Life International, большинство видов птиц, обитающих на сельскохозяйственных землях, в настоящее время имеют отрицательные тренды численности [2]. Одной из основных причин утраты биоразнообразия и деградации экосистем в литературных источниках указывается происходящая в Европе интенсификация сельского хозяйства [3, 4]. В результате данного процесса ранее разнообразные ландшафты, состоящие из множества небольших полей и других местообитаний, трансформировались в сплошную однородную местность, которая активно обрабатывается специальной техникой и пестицидами. Последние данные по исследованию европейских популяций обычных видов птиц показывают, что численность птиц, населяющих сельскохозяйственные земли, в период с 1990 по 2018 г. сократилась на 33–34 % [5, 6]. В то же время численность лесных видов птиц почти не изменилась [2, 6]. В Беларуси и России исследования подобного рода носят эпизодический характер. В связи с изменением европейского охранного статуса для ряда видов птиц открытых пространств и в преддверии нового издания Красной книги Беларуси становится актуальной информация о состоянии гнездовых группировок этих видов птиц в наиболее распространенных местообитаниях – сельскохозяйственных землях.

В качестве модельных выбран ряд типичных и редких видов птиц, потенциально гнездящихся на сельскохозяйственных землях: обыкновенный перепел, коростель, представители отряда ржанкообразных. Все модельные виды имеют в настоящее время или имели ранее высокий природоохранный статус либо отрицательные тренды численности в Европе.

Основной целью исследования являлось установление современного состояния популяции ряда типичных и редких видов птиц открытых пространств, имеющих высокий международный охранный статус или отрицательные тренды численности в Европе; выявление предпочитаемых мест обитаний модельных видов птиц на сельскохозяйственных землях.

Решались следующие задачи: оценить численность и распространение модельных видов птиц, гнездящихся в сельскохозяйственных землях Беларуси; определить плотность населения модельных видов птиц в различных агроценозах.

Материалы и методы. Работа велась на протяжении 2018–2023 гг. по всей территории Беларуси. Исследованиями охвачено 120 учетных площадок общей площадью 235 км² (рис. 1). Учетные площадки представляли собой открытые места обитания, включающие один или несколько участков различных агроценозов или залежных земель, участков с рудеральной растительностью. Работы проводились только на нарушенных биотопах, пойменные и суходольные луга с естественной растительностью, заболоченные биотопы не исследовались. На некоторых модельных площадках учеты проводились на протяжении ряда лет. Для этих площадок рассчитывалась средняя численность видов за все годы исследований, а при анализе выбираемых биотопов использованы все данные в связи с тем, что каждый год на поля высевались новые культуры.

Полевые исследования осуществлялись в мае – июне (перепела – дополнительно в июле – августе).

Учеты скрытных видов птиц с преимущественно сумеречной активностью – обыкновенного перепела и коростеля – проводились с помощью метода пеленгации по голосам [7, 8] в промежуток около 1 ч до и 1 ч после рассвета и заката в пик активности птиц, который длится (для перепела) примерно от 15 до 60 мин. Максимальное расстояние, на котором слышны токующие перепела в безветренную погоду без осадков, составляет до 1 км, для коростеля несколько меньше – около 700 м. На пробной площадке два-три учетчика из удаленных друг от друга примерно на 500 м точек определяли направление (азимут) на кричащего самца. Полученные данные наносились на карту, и таким образом рассчитывалась численность на данной площадке. За пару принимался вокализирующий самец.



Рис. 1. Места проведения исследований

Другие исследуемые виды птиц (ржанкообразные) учитывались визуально и по голосам в светлое время суток с использованием бинокля и подзорной трубы. Дневные хищные птицы не учитывались.

Размеры учетных площадок варьировали от 0,8 до 7 км². Одна площадка включала в себя от 1 до 16 различных участков полей или лугов. При проведении учетов отмечалось, на каком именно из полей или лугов в границах учетной площадки находились птицы. В связи с тем что учеты численности куликов проводилось в светлое время суток, а коростеля и перепела – в сумеречное, количество учетных площадок для разных видов несколько различалось. Для изучения распространенности видов на территории страны использовалось физико-географическое районирование Беларуси [9].

Встречаемость рассчитывалась как процент учетных площадок, на которых вид был обнаружен, от общего количества учетных площадок, плотность населения – как количество пар на квадратный километр. Для видов, которые встречались единично, плотность населения не определялась.

Для выявления предпочитаемых мест обитаний была рассчитана средняя взвешенная плотность населения данных видов в различных агроценозах. Они были объединены в 10 групп: посевы зерновых; посевы крестоцветных; посевы кукурузы; посевы люцерны и клевера; посадки овощных культур; пастбища; вспаханные поля, не имеющие на момент проведения учетов никакой растительности; разнотравные луга; рудеральная растительность; посевы кормовых трав. К группе «разнотравный луг» были отнесены мелиорированные нарушенные луга с разнотравьем, используемые под сенокос, расположенные преимущественно в поймах канализированных мелких рек, часто имеющих избыточное увлажнение на части площади на момент проведения исследований, и участки с околородной травянистой растительностью. К категории «посевы кормовых трав» были отнесены посевы плевела многолетнего (*Lolium perenne*) и ежи сборной (*Dactylis glomerata*), других кормовых трав (эти биотопы не распаиваются ежегодно, условия обитания на них относительно стабильны на протяжении нескольких лет).

Численность видов птиц рассчитывалась на основании полученных значений средней плотности населения и официальных данных по площади сельскохозяйственных земель [10], использовались площади пахотных, залежных и луговых земель в различных областях за 2018, 2021–2023 гг. Общая численность для каждого вида по всей территории Беларуси представляла собой сумму значений численности по всем областям.

Агрегация данных и расчет площадей осуществлялся в программе QGIS на фактическом материале.

Анализ корреляции проводился в программе GraphPad Prism. Проверка характера распределения данных с использованием критерия Шапиро–Уилка показала, что оно не соответствует нормальному распределению. В связи с этим для анализа корреляций применялся непараметрический коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Графическое представление статистических данных проводилось в программе Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение. В рамках исследования на сельскохозяйственных землях среди представителей курообразных отмечены перепел, серая куропатка (*Perdix perdix*), тетерев (*Lyrurus tetrix*), среди журавлеобразных – коростель и серый журавль (*Grus grus*). Сроки учетов серой куропатки, тетерева и серого журавля существенно отличаются от других модельных видов. Следует отметить, что для тетерева и серого журавля сельскохозяйственные земли не являются местом гнездования, поэтому в данное исследование эти виды не были включены. Среди потенциально

гнездящихся на сельскохозяйственных землях ржанкообразных были отмечены следующие: большой веретенник, чибис, бекас, единично – малый зуек, дупель, большой кроншнеп, черныш.

Среди представителей изучаемых отрядов птиц наиболее многочисленными гнездящимися на сельскохозяйственных землях в Беларуси в настоящее время оказались перепел, коростель и чибис (табл. 1). Вероятно, к таким видам относится и серая куропатка, но на момент исследования по этому виду было собрано недостаточно актуальной информации для анализа плотности населения по всей территории страны. Среди редких видов ржанкообразных наиболее часто встречался большой веретенник.

Таблица 1. Результаты учетов модельных видов птиц на сельскохозяйственных землях в различных физико-географических провинциях

Провинция	Перепел	Коростель	Чибис	Большой веретенник
	<i>D/R (S/N)</i>	<i>D/R (S/N)</i>	<i>D/R (S/N)</i>	<i>D/R (S/N)</i>
Поозерская	0,52/33 (21,8/12)	0,71/27(21,0/11)	1,53/57 (19,4/14)	0,37/28 (19,4/14)
Восточно-Белорусская	0,57/29 (23,8/17)	0,69/24 (23,8/17)	3,12/45 (26,5/20)	0,11/10 (26,5/20)
Западно-Белорусская	0,79/57 (37,8/21)	0,90/45 (39,5/22)	0,14/22 (36,5/23)	0,10/4 (36,5/23)
Предполеская	0,74/67 (65,4/18)	0,76/50 (27,2/14)	1,25/50 (31,2/18)	0,18/22 (31,2/18)
Полеская	1,75/64 (29,9/11)	1,20/88 (41,0/16)	1,92/74 (60,6/27)	0,12/15 (60,6/27)
В целом по Беларуси	0,84/50 (178,7/79)	0,86/48 (152,6/80)	1,53/50 (174,2/102)	0,16/15 (174,2/102)

Примечание. *D* – средняя плотность населения; *R* – встречаемость птиц на площадках, в %; *S* – площадь, охваченная учетами, км²; *N* – количество площадок

Несмотря на высокую плотность населения на сельскохозяйственных землях в целом, перепел, коростель и чибис распределены по различным агроценозам неравномерно (рис. 2). На посевах сельскохозяйственных культур в основном обитают перепел и чибис. Коростель также встречается в данных агроценозах, отдавая предпочтение посевам люцерны, в то же время на разнотравных лугах и участках с рудеральной растительностью плотность населения вида значительно выше. Вспаханные поля активно заселяются чибисами. На пастбищах встречаются все три исследуемых вида, однако плотность населения чибиса в данном агроценозе заметно выше по сравнению с остальными.

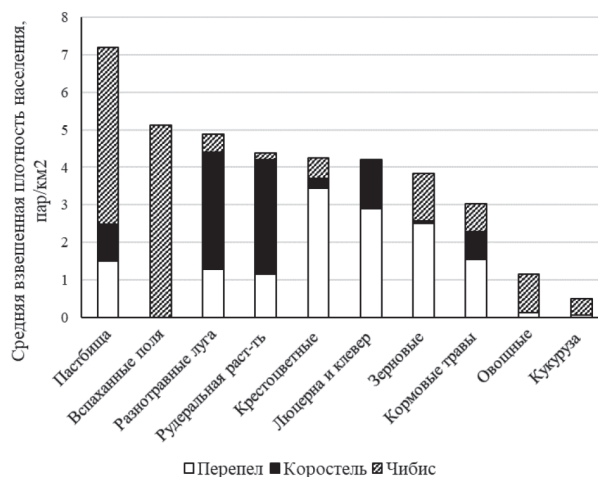


Рис. 2. Сравнительная плотность населения перепела, коростеля и чибиса в различных агроценозах (пар/км²) (стандартное отклонение приведено в табл. 2)

Перепел. Обыкновенный перепел распространен по всей территории Беларуси, однако для вида наблюдается тенденция по снижению плотности населения и встречаемости с юга на север (см. табл. 1, рис. 1). Между плотностью населения перепела и географической широтой наблюдается отрицательная корреляция ($r = -0,3452$, $P < 0,05$). Средняя плотность населения между самой северной провинцией – Поозерской и самой южной – Полесской отличается в 3,4 раза. Данное явление может быть связано с различными климатическими условиями в этих регионах (например, более раннее наступление весны и появление травянистого покрова подходящей высоты в южной части страны), а также с историческим расселением вида, которое, по всей вероятности, происходило по направлению с юга на север. Полученные результаты согласуются с литературными данными середины

прошлого века, где указывается, что перепел немногочислен в северной части республики, а в южной – обычен [11].

Известно, что плотность населения обыкновенного перепела в Украинском Полесье составляет 10–13 пар/км² [12]. В Беларуси в среднем этот показатель сравнительно низкий (см. табл. 1), максимальная плотность населения вида на отдельных учетных площадках достигала 3–5,2 пар/км², на нескольких небольших участках было отмечено скопление особей до 10–14 пар/км². В Польше средняя плотность вида составляет 0,49 пар/км² [13], в Псковской обл. (Россия) – 0,45 пар/км² [14], что почти в 2 раза меньше, чем в среднем по Беларуси (0,84 пар/км²).

В данном исследовании охвачены все основные биотопы, на которых гнездится обыкновенный перепел, что позволяет оценить численность вида в целом для страны: около 88 000–92 000 пар, что в 2–3 раза больше, чем оценивалось в конце 90-х гг. XX в. (20 000–40 000 пар) [15].

Обыкновенный перепел предпочитает посевы крестоцветных (3,43 пар/км²), зерновых (2,51 пар/км²), люцерны и клевера (2,9 пар/км²) и кормовых трав (1,54 пар/км²) (табл. 2). Важно отметить, что плотность населения на посевах крестоцветных в мае (3,4 пар/км²) была выше, чем в последующие месяцы (2,0 пар/км²). Это может объясняться тем, что при весенней миграции посевы озимого рапса достигают подходящей высоты и плотности произрастания для обитания вида, в то время как другие озимые культуры имеют меньшую высоту и плотность.

Таблица 2. Средняя взвешенная плотность населения исследуемых видов в различных агроценозах

Агроценоз	Коростель (N = 80)	Перепел (N = 186)	Чибис (N = 182)	Большой веретен- ник (N = 23)	Бекас (N = 10)	Большой кроншнеп (N = 2)
	D/SD	D/SD	D/SD	D/SD		
Зерновые (n = 103, S = 61,6)	0,05/0,30	2,51/4,61	1,26/3,32	0,12/0,62	+	+
Крестоцветные (n = 22, S = 14,5)	0,27/0,80	3,43/3,82	0,53/1,21	–	–	–
Кукуруза (n = 25, S = 21,4)	–	0,08/0,27	0,42/0,81	–	–	–
Люцерна и клевер (n = 21, S = 15,6)	1,30/3,64	2,9/4,41	–	–	–	–
Овощные культуры (n = 17, S = 4,5)	–	0,13/0,54	1,02/1,99	–	–	–
Пастбища (n = 9, S = 7,9)	0,97/2,18	1,51/2,06	4,70/6,50	0,26/0,69	+	+
Вспаханные поля (n = 23, S = 11,6)	–	–	5,13/5,31	0,33/0,89	–	–
Разнотравные луга (n = 68, S = 39,0)	3,12/7,00	1,28/3,94	0,48/1,53	0,26/1,09	+	–
Рудеральная растительность (n = 21, S = 13,5)	3,03/5,98	1,16/3,34	0,19/0,63	0	+	–
Кормовые травы (n = 18, S = 7,3)	0,74/2,56	1,54/2,60	0,74/2,53	0,48/1,31	–	–

Примечание. D – средняя плотность населения, пар/км²; SD – стандартное отклонение; N – число птиц на всех площадках, n – количество площадок с данным типом агроценоза; S – площадь, охваченная учетами в данном типе агроценоза, км²; + – присутствие птиц в данном типе агроценоза

Исследования в Германии, Украине, России и Греции показывают, что вид чаще всего встречается на посевах зерновых, люцерны, клевера и смесей их с другими травами, рапса, а также на землях под паром [12, 16–19].

Таким образом, обыкновенный перепел в Беларуси предпочитает такие же агроценозы, как и на территориях других стран, однако в отличие от них более высокая плотность населения вида отмечена в посевах крестоцветных.

Коростель. В настоящее время вид включен в Красную книгу Республики Беларусь [1]. Для коростеля характерно относительно неравномерное распределение с общим понижением плотности гнездования с юга на север (см. табл. 1, рис. 1). Наблюдается отрицательная корреляция между географической широтой и плотностью населения коростеля ($r = -0,2867$, $P < 0,05$).

Средняя плотность населения коростеля на сельскохозяйственных землях в Беларуси составила 0,86 пар/км² (см. табл. 1). В Нижегородской обл. (Россия) данный показатель для вида довольно высокий – от 0 до 15,23 самцов на 1 км² в зависимости от типа местообитания [20]. В Польше средняя плотность населения колеблется от 1,3 до 6,6 вокализирующих самцов на 1 км² потенциальных

местообитаний [21, 22]. В Литве средние плотности населения в различных регионах страны достигают от 0,15 до 0,73 пар/км² [23]. В Латвии в различных биотопах наблюдается от 0,12 до 3,05 самцов на 1 км² [24]. В начале 2000-х гг. в Украине [25] общая плотность населения коростеля составляла 0,2–0,3 вокализирующего самца на 1 км². Из этого следует, что плотность населения вида на сельскохозяйственных землях в Беларуси близка к таковой в соседних странах – Латвии, Польше, Литве.

Таким образом, только на сельскохозяйственных и залежных землях без учета естественных пойменных лугов и низинных болот на территории Беларуси обитает около 77 000–81 000 пар коростеля.

Коростель отмечен почти во всех типах исследуемых биотопов, однако плотность населения в них для этого вида значительно варьирует (от 0,05 до 4,88 пар/км²) (см. рис. 2). Среди сельскохозяйственных угодий вид в основном выбирает разнотравные луга (3,12 пар/км²) и участки с рудеральной растительностью (3,03 пар/км², см. рис. 2). Однако на некоторых участках локальная плотность населения может быть значительно выше – до 16 самцов на 1 км² (поле озимых в Минском р-не).

Влажные луга являются одним из основных мест обитания коростеля [26, 27], но за счет большой площади пригодных для его обитания агроценозов они могут поддерживать значительную часть популяции вида [28]. В Латвии на посевах зерновых культур плотность населения коростеля составляла от 0,69 до 1,25 самца на 1 км² [24], самая высокая плотность отмечалась на заброшенных, невозделываемых, полустественных лугах (2,85–3,05 самца на 1 км²) [24]. Полученные результаты по распределению коростеля по различным биотопам на территории Беларуси согласуются с литературными данными [24].

Чибис. Максимальная плотность населения чибиса в Беларуси зарегистрирована в Восточно-Белорусской провинции (3,12 пар/км²), достигая минимальной (0,14 пар/км²) в Западно-Белорусской провинции. Общая плотность населения чибиса на территории Беларуси выше в 1,8 раз, чем у перепела и коростеля (см. рис. 1, табл. 1).

На востоке Польши в Мазовецком воеводстве средняя плотность населения чибиса на сельскохозяйственных землях составляет 1,24 пар/км² [29]. В Украине в Львовской и Ивано-Франковской обл. в среднем насчитывается 0,74–1,24 пары чибиса на 1 км² [30]. Учеты на различных сельскохозяйственных культурах в европейской части России показали, что на озимых зерновых в Воронежской обл. средняя плотность населения чибиса достигает 20 пар/км², на посевах рапса в Подмоскowie – 33,44 пар/км² [19].

Средняя плотность населения чибиса на сельскохозяйственных землях в целом по Беларуси (1,53 пар/км²) сопоставима со значениями в Польше и Украине, однако значительно уступает данному показателю в европейской части России. Возможно, такая разница связана с различными методами расчета плотности населения вида.

По нашей оценке, на сельскохозяйственных землях в Беларуси без учета естественных пойменных лугов и различных типов болот обитает 122 000–127 000 пар чибиса. В начале 2000-х гг. численность чибиса в Беларуси оценивалась в 100 000–160 000 пар [15]. В работе И. В. Богдановича, Д. В. Журавлёва, М. В. Максименкова [31] в Брестской и Гродненской обл. указывается численность чибиса в 24 000–30 000 и 21 000–26 500 пар соответственно, что в сумме составляет около половины от предыдущей оценки.

Согласно литературным данным чибисы предпочитают для гнездования перепахиваемые поля, избегая территорий, засеваемых озимыми, и сенокосов с многолетними травами [32]. Чибис встречался во всех типах биотопов, отдавая предпочтение вспаханым полям (5,13 пар/км²) и пастбищам (4,70 пар/км²). На полях с культурами наибольшая плотность населения наблюдалась на посевах зерновых (1,26 пар/км²) и овощных (1,03 пар/км², см. табл. 2).

Большой веретенник – вид, включенный в Красную книгу Республики Беларусь и встречаемый чаще других охраняемых видов ржанкообразных, отмечался только на участках полей (пропашные культуры) с избыточным увлажнением – территориях с вымочками и небольшими временными водоемами на них, на влажных торфяных полях при наличии полноводных мелиоративных каналов. Большой веретенник наблюдался достаточно часто (в среднем вид отмечен на 15 % от всех обследованных учетных площадок (см. табл. 1). Из 15 выявленных мест обитания большого веретенника 7 были на пахотных полях с вымочками (озимые зерновые и вспаханное поле), 7 – на посевах кормовых трав на осушенных торфяниках и 1 – на торфянике с разреженной растительностью (преимущественно крестоцветные, высеянные как сидерат) и проходящим через него полноводным каналом. Несмотря на довольно низкую численность большого веретенника на сельскохозяйственных полях, вследствие их очень большой площади, такой тип местообитаний все же поддерживает значительную часть популяции вида. На основании полученной плотности населения вида была рассчитана его численность (12 000–13 000 пар) на сельскохозяйственных землях без учета естественных пойменных лугов и различных типов болот на территории Беларуси. Данный показатель вдвое больше предыдущей оценки численности вида (в конце 1990-х гг. – 6 000–8 500 пар) в целом на территории Беларуси [15].

Из литературных источников известно, что примерно на широте Беларуси в Московской обл. на посевах ярового рапса плотность населения большого веретенника может достигать 3 пар/0,2 км², 5 пар/0,4 км² [19]. Таким образом, большие веретенники примерно в равных пропорциях используют для гнездования на сельскохозяйственных землях как многолетние культуры (посевы кормовых трав), так и пахотные земли, занятые яровыми культурами и имеющие увлажненные и переувлажненные участки.

Малый зуек. Пара птиц с гнездовым поведением отмечена в зацементированной силосной яме в Минском р-не. На сельскохозяйственных полях вид не отмечен.

Бекас на сельскохозяйственных землях встречался достаточно редко и был привязан к каналам, заболоченным участкам, остаткам стариц среди полей, оставшимся незапаханными. Вид был отмечен на разнотравных лугах (0,2 пар/км²), участках с рудеральной растительностью (0,14 пар/км²), а также одна пара – на посевах зерновых.

Дупель. В гнездовой период единичные особи были отмечены только на наименее трансформированных сельскохозяйственных землях: сенокосах и пастбищах на осушенных лугах в Дзержинском и Борисовском р-нах Минской обл., Гомельском р-не.

Большой кроншнеп был отмечен на 2 площадках: в Пуховичском р-не Минской обл., на обширной (более 35 км²) польдерной системе в пойме р. Птичь, включающей в себя сенокосы, посевы зерновых, выпас (учетом охвачено около 10 % этой территории), а также на выпасном лугу в Витебской обл. Стоит отметить, что в Эстонии в 1950–1960-х гг. в период объединения хуторов в крупные колхозы отмечали переход больших кроншнепов к гнездованию на пахотные поля с заброшенных зараставших лугов [33], а в 1960–1970-х гг. по мере усиления интенсификации использования полей начавшийся процесс заселения верховых болот этим видом, а также чибисом и большим веретенником был более выражен по сравнению с их экспансией на сельскохозяйственных землях [34]. Аналогичные процессы, вероятно, происходят сейчас на севере европейской части России, где уже отмечено исчезновение ряда куликов на заброшенных сельхозугодьях и современное их гнездование на верховых болотах [35].

Одна пара *чернышей* отмечена в расчищенном канале среди восстанавливаемой мелиорации в Новогрудском р-не.

Заключение. Несмотря на существенную антропогенную трансформацию и нестабильность условий существования на сельскохозяйственных землях, ряд редких видов птиц используют их в качестве гнездовых биотопов. Плотность населения коростеля на сельскохозяйственных землях оказалась сходной с этим параметром у такого обычного вида, как перепел, что указывает на относительно благополучное состояние гнездовых группировок коростеля на исследованных в рамках данной работы территориях. Плотность населения чибиса выше в 1,8 раз, чем у перепела и коростеля. Обыкновенный перепел предпочитает посевы крестоцветных, зерновых, люцерны. Коростель также отмечен почти везде, однако плотность населения для этого вида значительно варьирует. Большинство видов куликов, обитающих на сельскохозяйственных землях, отдают предпочтение биотопам без травянистого покрова (вспаханные поля) или с минимальным травянистым покровом, вымочки и переувлажненные участки. Несмотря на довольно низкую численность большого веретенника на сельскохозяйственных полях вследствие их очень большой площади такие биотопы все же поддерживают значительную часть популяции вида.

Благодарности. Авторы выражают глубокую признательность Белорусскому фонду фундаментальных исследований за финансовую поддержку данной работы (договор № Б22-099 от 04.05.2022 г.). Благодарим З. Горошко, А. М. Мухлю, М. В. Цвирко, а также учащихся МГТЭЦДиМ за помощь в сборе полевого материала.

Список использованных источников

1. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / гл. редкол.: И. М. Качановский (пред.) [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Беларус. энцыкл. імя Пётруся Броўкі, 2015. – 320 с.
2. Bird Life International: Data Zone. – URL: <http://datazone.birdlife.org/home> (date of access: 06.03.2024).
3. How Agricultural Intensification Affects Biodiversity and Ecosystem Services / M. Emmerson, M. B. Morales, J. J. Oñate [et al.] // *Advances in Ecological Research*. – 2016. – Vol. 55. – P. 43–97.
4. Farmland practices are driving bird population decline across Europe / S. Rigal, V. Dakos, H. Alonso [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2023. – Vol. 120, № 21. – P. 1–9.
5. Special report 13/2020: Biodiversity on farmland: CAP contribution has not halted the decline / European Court Of Auditors. – URL: https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/-sr20_13/sr_biodiversity_on_farmland_en.pdf (date of access: 06.03.2024).

6. Abundance decline in the avifauna of the European Union reveals cross-continental similarities in biodiversity change / F. Burns M. A. Eaton, I. J. Burfield [et al.] // Ecology and Evolution. – 2021. – Vol. 11. – P. 16647–16660.
7. Gilbert, G. Bird Monitoring Methods: A Manual of Techniques for UK Key Species / G. Gilbert, D. Gibbons, J. Evans. – Bedfordshire: RSPB, 1998. – 464 p.
8. Гудина, А. Н. Методы учёта гнездящихся птиц: картирование территорий / А. Н. Гудина. – Запорожье: Дикое Поле, 1999. – 241 с.
9. Марцинкевич, Г. И. Физико-географическое районирование Беларуси в европейской десятичной системе районирования / Г. И. Марцинкевич, Н. К. Клицунова, О. Ф. Якушко // Вестник БГУ. Сер. 2. Химия. Биология. География. – 2001. – № 1. – С. 85–90.
10. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь // Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. – URL: http://gki.gov.by/ru/activity_branches-land-reestr (дата доступа: 06.05.2024).
11. Федюшин, А. В. Птицы Белоруссии / А. В. Федюшин, М. С. Долбик. – Минск: Наука и техника, 1967. – 504 с.
12. Яненко, В. О. Екологічні особливості популяцій перепела (*Coturnix coturnix* L.) в Україні (щільність, чисельність, міграції, охорона) / В. О. Яненко, В. В. Серебряков. – Київ, 2015. – 196 с.
13. Kuczyński, L. Atlas pospolitych ptaków lęgowych Polski: rozmieszczenie, wybiórczość siedliskowa, trendy / L. Kuczyński, P. Chylarecki. – Warszawa: GIOS, 2012. – 240 p.
14. Фетисов, С. А. Перепел *Coturnix coturnix* в Псковской области / С. А. Фетисов // Русский орнитологический журнал. – 2003. – № 224. – С. 588–596.
15. Птицы Беларуси на рубеже XXI века: статус, численность, распространение / М. Е. Никифоров [и др.]. – Минск: Изд. Н. А. Королев, 1997. – 188 с.
16. George, K. Zu den Habitatsansprüchen der Wachtel / K. George // Acta Ornithologica. – 1990. – Vol. 2. – P. 133–142.
17. Herrmann, M. Wachtel *Coturnix coturnix* / M. Herrmann, A. Dassow // Naturschutz in der Agrarlandschaft: Ergebnisse des Schorfheide-Chorin-Projektes / hrsg.: M. Flade [et al.]. – Wiebelsheim: Quelle und Meyer, 2003. – S. 71–74.
18. Tsiompanoudis, A. Observations of breeding and wintering European quail *Coturnix coturnix* in northern Greece / A. Tsiompanoudis, V. J. Kotsiotis, D. Bakaloudis // International Journal of Galliformes Conservation. – 2011. – Vol. 2. – P. 38–39.
19. Условия размножения птиц в современном агроландшафте европейской части России: влияние интенсификации и поляризации сельского хозяйства. Часть II. Птицы / Т. В. Свиридова, Л. В. Маловичко, Г. В. Гришанов, П. Д. Венгеров // Поволжский экологический журнал. – 2019. – № 4. – С. 470–492.
20. Предварительные итоги учета коростеля в Нижегородской области / С. В. Бакка, А. И. Бакка, А. И. Мацына [и др.] // Коростель в Европейской России численность и распространение. Серия: Редкие виды птиц: сб. науч. тр. / Союз охраны птиц России; ред. А. Л. Мищенко. – М., 2000. – Вып. 2. – С. 124–127.
21. Density of the Corncrake *Crex crex* in selected areas in Poland / M. Budka, P. Ręk, T. S. Osiejuk, K. Jurczak // Ornis Polonica. – 2012. – Vol. 53. – P. 165–174.
22. Budka, M. Habitat preferences of Corncrake (*Crex crex*) males in agricultural meadows / M. Budka, T. Osiejuk // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2013. – Vol. 171. – P. 33–38.
23. Estimation of the Corncrake population in Lithuania / R. Barauskas [et al.] // Acta Zoologica Lituanica. – 1998. – Vol. 8, iss. 2. – P. 156–158.
24. Keišs, O. Impact of changes in agricultural land use on the Corncrake *Crex crex* population in Latvia / O. Keišs // Acta Universitatis Latviensis. – 2005. – Vol. 691. – P. 93–109.
25. Number and distribution of Corncrakes *Crex crex* in Ukraine in the 2000s / A. Atemasov, I. Gorban, O. Dudkin [et al.] // Vogelwelt. – 2016. – Vol. 136. – P. 145–152.
26. Berg, A. Meadow management and occurrence of corncrake *Crex crex* / A. Berg, T. Gustafson // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2007. – Vol. 120. – P. 139–144.
27. Moga, C. I. Status, microhabitat use and distribution of the corncrake *Crex crex* in a Southern Transylvanian rural landscape, Romania / C. I. Moga, T. Hartel, K. Öllerer // North-Western Journal of Zoology. – 2010. – Vol. 6, № 1. – P. 63–70.
28. Budka, M. Microgeographic call variation in a non-learning species, the Corncrake (*Crex crex*) / M. Budka, T. Osiejuk // Journal of Ornithology. – 2017. – Vol. 158. – P. 651–658.
29. Dombrowski, A. Changes in numbers of breeding birds in an agricultural landscape of east-central Poland / A. Dombrowski, A. Golawski // Vogelwelt. – 2002. – Vol. 123. – P. 79–87.
30. Гніздова орнітофауна басейну Верхнього Дністра / А. А. Бокотей [та інш.]. – Львів: ДПМ НАН України, 2010. – 400 с.
31. Богданович, И. В. Результаты инвентаризации видов птиц, находящихся под угрозой глобального исчезновения, в Гродненской и Брестской областях / И. В. Богданович, Д. В. Журавлёв, М. В. Максименков // Зоологические чтения: сб. науч. ст., посвящ. 130-летию д-ра биол. наук, проф. Анатолия Владимировича Федюшина / ГрГУ имени Янки Купалы; редкол.: О. В. Янчуревич (гл. ред.), А. В. Рыжая, А. Е. Каревский. – Гродно: ГрГУ, 2021. – С. 32–35.
32. Кузьменкова, А. М. Чибис (*Vanellus vanellus*) на сельхозполях центральной Беларуси: влияние сельскохозяйственной деятельности / А. М. Кузьменкова // Актуальные вопросы изучения куликов Северной Евразии = Actual issues of wader studies in Northern Eurasia: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 29 янв. – 2 февр. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: В. В. Гричик (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2019. – С. 181–187.
33. Желнин, В. А. Большой кроншнеп в культурном ландшафте Южной Эстонии / В. А. Желнин // Орнитология. – 1962. – Вып. 4. – С. 303–304.
34. Кумари, Э. В. Изменения в распространении и численности куликов в Эстонии за последние десятилетия / Э. В. Кумари // Фауна и экология куликов. – 1973. – Вып. 2. – С. 50–51.
35. Амосов, П. Н. Изменение фауны и населения птиц луговых местообитаний таежной зоны европейского севера России / П. Н. Амосов // XIV Международная орнитологическая конференция Северной Евразии (Алматы, 18–24 авг. 2015 г.): тез. / отв. ред. А. В. Ковшарь. – Алматы, 2015. – С. 27–28.

Поступила 01.07.2024

Ж. А. Рупасова¹, А. П. Яковлев¹, Э. И. Коломиец², З. М. Алещенкова³,
Л. Е. Картыжова³, П. Н. Белый¹, С. П. Зимич¹, М. Н. Вашкевич¹, А. А. Лешков¹,
К. А. Добрянская¹, Н. Н. Вечер⁴

¹Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: rupasova@basnet.by

²ГНПО «Химический синтез и биотехнологии Национальной академии наук Беларуси»,
Минск, Беларусь

³Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

⁴Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Беларусь

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СЕЗОННУЮ ДИНАМИКУ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОРНЕОБИТАЕМОЙ ЗОНЕ ГЕНЕРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ НА ВЫРАБОТАННОМ ТОРФЯНИКЕ ВЕРХОВОГО ТИПА

Аннотация. Приведены результаты сравнительного исследования сезонной динамики доступных соединений азота, фосфора и калия в корнеобитаемой зоне генеративных растений клюквы крупноплодной в рамках полевых экспериментов с использованием минерального Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д. в.) и отечественных биологических удобрений – азотфиксирующего и фосфатмобилизующего микробного «МаКлоР» в 5- и 10%-й концентрациях, а также органо-минерального удобрения «Экогум Комплекс» на выработанных торфяниках верхового типа в центральной и северной агроклиматических зонах республики. В первом случае выявлено определенное сходство в сезонном ходе накопления в субстрате аммонийного азота и подвижного фосфора, с одной стороны, а также нитратного азота и обменного калия, с другой, обусловленное синергическим характером их потребления с корневым питанием и биологическими особенностями развития опытных растений, тогда как во втором случае подобный синергизм обнаружен для доступных соединений фосфора и калия. Показано, что конфигурация накопительных кривых питательных элементов в торфяном субстрате в основном характеризовалась доминированием нисходящих тенденций к окончанию вегетационного периода и определялась видом используемых удобрений, географическим положением района исследований, генотипом культиваров и стадией их сезонного развития.

Ключевые слова: выработанный торфяник, клюква крупноплодная, сорта, генеративные растения, минеральные и биологические удобрения, агрохимические свойства, сезонная динамика питательных элементов, легкогидролизуемый азот, подвижный фосфор, обменный калий

J. A. Rupasova¹, A. P. Yakovlev¹, E. I. Kolomiets², Z. M. Aleschenkova³, L. E. Kartyzhova³,
P. N. Bely¹, S. P. Zimich¹, M. N. Vashkevich¹, A. A. Leshkov¹,
K. A. Dobryanskaya¹, N. N. Vecher⁴

¹Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

²SNPO "Chemical Synthesis and Biotechnology of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, Belarus

³Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

⁴Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

EFFECT OF FERTILIZERS ON THE SEASONAL DYNAMICS OF NUTRIENT ELEMENTS IN THE ROOT ZONE OF GENERATIVE CRANBERRY PLANTS IN CONDITIONS OF DEPLETED HIGH-MOOR PEATLANDS

Abstract. The results of the comparative study of the seasonal dynamics of available nitrogen, phosphorus and potassium compounds in the root zone of generative cranberry plants within the framework of field experiments with the mineral fertilizer Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ kg/ha a. i.) and domestic biological fertilizers – nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing microbial MaKloR in concentrations of 5 and 10 %, as well as an organo-mineral fertilizer Ecohum complex on depleted high-moor peatlands in the central and northern agroclimatic zones of the Republic are presented. In the first case, a certain similarity in the seasonal course of the accumulation in the substrate of ammonium nitrogen and mobile phosphorus, as well as nitrate nitrogen and exchangeable potassium, was observed, due to the synergistic nature of their consumption with root nutrition and the biological characteristics of the development of the experimental plants, while in the second case a similar synergy was found for available phosphorus and potassium compounds. It was shown that the configuration of the cumulative curves of nutrients in the peat substrate was mainly characterized by the dominance of downward trends towards the end of the growing season and was determined by the type of fertilizers used, the geographical location of the study area, the genotype of the cultivars and the stage of their seasonal development.

Keywords: exhausted peat bog, large-fruited cranberry, cultivars, generative plants, mineral and biological fertilizers, agrochemical properties, seasonal dynamics of nutrients, easily hydrolyzed nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium

Ж. А. Рупасава¹, А. П. Якаўлеў¹, Э. І. Каламіец², З. М. Алешчанкава³, Л. Я. Картыжова³, П. М. Белы¹, С. П. Зіміч¹,
М. М. Вашкевіч¹, А. А. Ляшкоў¹, К. А. Дабранская¹, М. М. Вечар⁴

¹Цэнтральны батанічны сад Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь, e-mail: rupasova@basnet.by

²ДНВА «Хімічны сінтэз і біятэхналогіі Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі», Мінск, Беларусь

³Інстытут мікрабіялогіі Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь

⁴Беларускі дзяржаўны аграрны тэхнічны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь

УПЛЫЎ УГНАЕННЯЎ НА СЕЗОННУЮ ДЫНАМІКУ ПАЖЫЎНЫХ ЭЛЕМЕНТАЎ У КАРАНЁВАЙ ЗОНЕ ГЕНЕРАТЫЎНЫХ РАСЛІН ЖУРАВІН БУЙНАПЛОДНЫХ НА ВЫПРАЦАВАНЫМ ТАРФЯНІШЧЫ ВЕРХАВОГА ТЫПУ

Анотацыя. Прыведзены вынікі параўнальнага даследавання сезоннай дынамікі даступных злучэнняў азоту, фосфару і калію ў каранёвай зоне генератыўных раслін журавін буйнаплодных у рамках палявых эксперыментаў з выкарыстаннем мінеральнага Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д. в.) і айчынных біялагічных угнаенняў – азотфіксавальнага і фасфатмобілізуючага мікробнага «МаКлоР» у 5- і 10%-й канцэнтрацыях, а таксама аргана-мінеральнага ўгнаення «Экагум Комплекс» на выпрацаваных тарфянішчах верхавога тыпу ў цэнтральнай і паўночнай агракліматических зонах рэспублікі. У першым выпадку выяўлена пэўнае падабенства ў сезонным ходзе назапашвання ў субстраце аманійнага азоту і рухомага фосфару, з аднаго боку, а таксама нітратнага азоту і абменнага калію, з другога, абумоўленае сінэргічным характарам іх спажывання з каранёвым жыўленнем і біялагічнымі асаблівасцямі развіцця доследных раслін, тады як у другім выпадку падобны сінэргізм выяўлены для даступных злучэнняў фосфару і калію. Паказана, што канфігурацыя назапашвальных крывых пажыўных элементаў у тарфяным субстраце ў асноўным характарызувалася дамінаваннем сыходных тэндэнцый да заканчэння вегетацыйнага перыяду і вызначалася відам выкарыстаных угнаенняў, геаграфічным становішчам раёна даследаванняў, генатыпам культывараў і стадыяй іх сезоннага развіцця.

Ключавыя словы: выпрацаваны тарфянік, журавіны буйнаплодныя, сорт, генератыўныя расліны, мінеральныя і біялагічныя ўгнаенні, аграхімічныя ўласцівасці, сезонная дынаміка пажыўных элементаў, лёгкагідралізуемы азот, рухомы фосфар, абменны калій

Введение. В связи с разработкой технологии фиторекультивации выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений верхового типа на основе создания локальных агроценозов интродуцированных сортов клюквы крупноплодной особого внимания заслуживают вопросы оптимизации минерального питания данной культуры. Для их решения представлялось необходимым дать комплексную оценку влияния на агрохимические свойства субстрата не только традиционно применяемого при ее возделывании полного минерального удобрения Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д. в.), но и экологически безопасных биологических удобрений, разработанных в УП «Белуниверсалпродукт» и в Институте микробиологии НАН Беларуси, – органического («Экогум-комплекс») и бактериального («МаКлоР»), соответствующих биологической природе данного интродуцента. Первый из них представляет собой полностью натуральное гуминовое органическое удобрение нового поколения с повышенной физиологической активностью, созданное на основе вытяжки из торфа с добавлением макро- и микроэлементов. Микробный препарат разработан на основе выделенных из ризосферы растений ассоциативных азотфиксирующих и фосфатмобилизующих микроорганизмов, с использованием которых созданы микробные инокуляты, существенно повышающие обеспеченность растений азотом и фосфором.

Применение экологически безопасных биологических удобрений, на наш взгляд, является особо актуальным в связи с принятым Законом Республики Беларусь от 9 ноября 2018 г. № 144-З «О производстве и обращении органической продукции», существенно ужесточающим требования к качеству продукции растениеводства, при производстве которой ограничено использование любых химических средств, в том числе минеральных удобрений. В этой связи в 2021 г. на рекультивируемых участках выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений верхового типа «Радемье-Зеленоборское» в Смолевичском р-не Минской обл. и «Рамжино-Журавлевское» в удаленном на 250 км к северу Докшицком р-не Витебской обл. в рамках однотипных полевых экспериментов с применением минеральных и биологических удобрений выполнены сравнительные исследования сезонной динамики основных питательных элементов – азота, фосфора и калия в корнеобитаемой зоне генеративных растений клюквы крупноплодной – раннеспелого сорта Ben Lear и позднеспелого Stevens. Оценка влияния испытываемых агроприемов на изменение содержания основных питательных элементов в корнеобитаемой зоне последних в течение вегетационного периода явилась целью настоящей работы.

Методика и материалы. В вышеуказанных районах два первых летних месяца вегетационного сезона 2021 г. характеризовались весьма жаркой погодой с превышением на 22–43 % средних многолетних температурных показателей, что наиболее выразительно проявилось в Докшицком р-не и сопровождалось существенным дефицитом влаги, особенно в июле. Температурный режим в остальные месяцы оставался близким к средним многолетним значениям при избыточном выпа-

дении осадков, вдвое превышавшим норму в мае и превосходившим ее на 10–64 % в остальной период при наибольших контрастах в северной части Докшицкого р-на.

В обоих районах исследования выполнены в рамках однотипных полевых экспериментов с пяти-вариантной схемой: 1 – контроль, без внесения удобрений; 2 – припосадочное (в мае) луночное внесение минерального удобрения Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д. в.) из расчета 1,5 г под растение; 3 – некорневая обработка вегетирующих растений раствором удобрения «Экогум-комплекс» в концентрации 15 мл на 3 л воды из расчета 75 мл на растение; 4 – припосадочное (в мае) луночное внесение 5%-го раствора препарата «МаклоР» из расчета 0,2 л под растение; 5 – припосадочное (в мае) луночное внесение 10%-го раствора препарата «МаклоР» из расчета 0,2 л под растение. Повторность опытов трехкратная, в каждом варианте высажено по 15 растений каждого сорта клюквы крупноплодной.

Исследование агрохимических свойств торфяного субстрата в полевых экспериментах осуществляли трижды за сезон с определением содержания нитратного азота – по ГОСТ 27894.4-88 [1]; аммиачного азота – по ГОСТ 27894.3-88 [2]; подвижных форм фосфора (в пересчете на P_2O_5) – фотоэлектроколориметрически по ГОСТ 27894.5-88 [3]; обменного калия (в пересчете на K_2O) – методом пламенной фотометрии по ГОСТ 27894.6-88 [4]. Все аналитические определения выполнены в трехкратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Результаты и их обсуждение. Содержание основных элементов питания в корнеобитаемой зоне генеративных растений клюквы крупноплодной во всех вариантах опыта варьировалось на протяжении вегетационного периода в весьма широких диапазонах, что указывало на высокую лабильность данного показателя, обусловленную сезонными изменениями размеров их биологического и непродуктивного выносов, а также разной скоростью перевода элементов из органического вещества торфа в доступную растениям форму (таблица).

Диапазоны варьирования содержания доступных форм основных элементов питания в торфяном субстрате под посадками генеративных растений клюквы крупноплодной в начале, середине и конце вегетационного периода в районах исследований, мг/кг сухого вещества

Вариант опыта	N-NH ₄	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Смолевичский район				
Сорт Ben Lear				
1	208,6–393,5	5,3–7,8	74,8–115,0	11,1–72,3
2	274,2–308,8	5,9–7,9	104,4–126,4	17,8–106,6
3	125,7–462,7	6,0–6,4	49,1–130,8	14,2–24,4
4	116,6–487,9	5,9–7,4	63,2–93,9	19,0–37,0
5	251,4–294,2	6,3–8,1	63,5–90,4	25,3–62,6
Сорт Stevens				
1	188,6–456,4	7,4–13,8	88,9–106,2	23,2–127,7
2	236,1–341,6	6,6–14,4	66,4–110,6	23,8–117,8
3	85,6–414,5	6,1–10,5	68,5–132,5	30,7–146,7
4	104,8–353,6	6,6–12,4	74,8–93,9	28,6–96,4
5	213,2–385,1	6,0–20,7	63,5–102,7	25,0–99,1
Докшицкий район				
Сорт Stevens				
1	196,2–313,4	15,5–20,6	58,8–199,1	27,4–83,1
2	246,6–338,9	10,5–14,5	60,6–170,8	30,1–104,8
3	112,3–328,8	7,3–14,1	55,3–111,5	29,8–118,4
4	156,3–335,2	8,3–10,2	57,9–122,8	33,1–116,9
5	215,1–326,0	8,3–10,8	44,8–117,2	29,8–100,6

Анализ сезонной динамики содержания основных питательных элементов в торфяном субстрате под плодоносящими растениями клюквы в Смолевичском р-не, представленной на рис. 1 и 2, показал, что под посадками раннеспелого сорта на фоне почти полного отсутствия во всех вариантах опыта сезонных изменений содержания нитратного азота аналогичный характер динамики установлен и у аммонийного азота в вариантах опыта с внесением минерального удобрения и 10%-го «МаклоРа». При этом использование «Экогум-комплекса» и 5%-го «МаклоРа» приводило к посте-

пенному усилению накопления в субстрате аммонийного азота. Что касается сезонной динамики содержания подвижного фосфора в корнеобитаемой зоне сорта Ben Lear, то в первой половине вегетационного периода в большинстве вариантов опыта наблюдалось постепенное его увеличение, обусловленное незначительным потреблением данного элемента на этапе формирования вегетативных органов растений и наиболее выраженное при использовании «Экогум-комплекса».

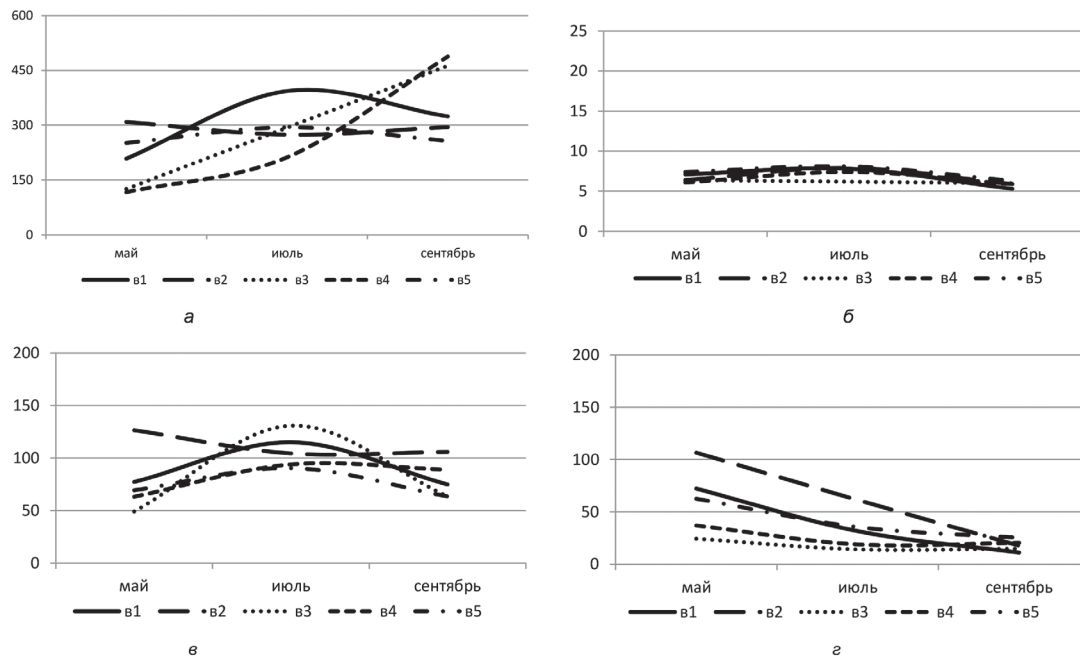


Рис. 1. Сезонная динамика содержания аммонийной (а) и нитратной (б) форм азота, подвижного фосфора (в) и обменного калия (г) в торфяном субстрате под генеративными растениями сорта Ben Lear клюквы крупноплодной в Смолевичском р-не, 2021 г.: v1 – контроль, без внесения удобрений; v2 – припосадочное (в мае) луночное внесение удобрения Basacot Plus 6; v3 – некорневая обработка вегетирующих растений раствором удобрения «Экогум-комплекс»; v4 – припосадочное (в мае) луночное внесение 5%-го раствора препарата «МаклоР»; v5 – припосадочное (в мае) луночное внесение 10%-го раствора препарата «МаклоР» (здесь и далее на рис. 2, 3 обозначения те же)

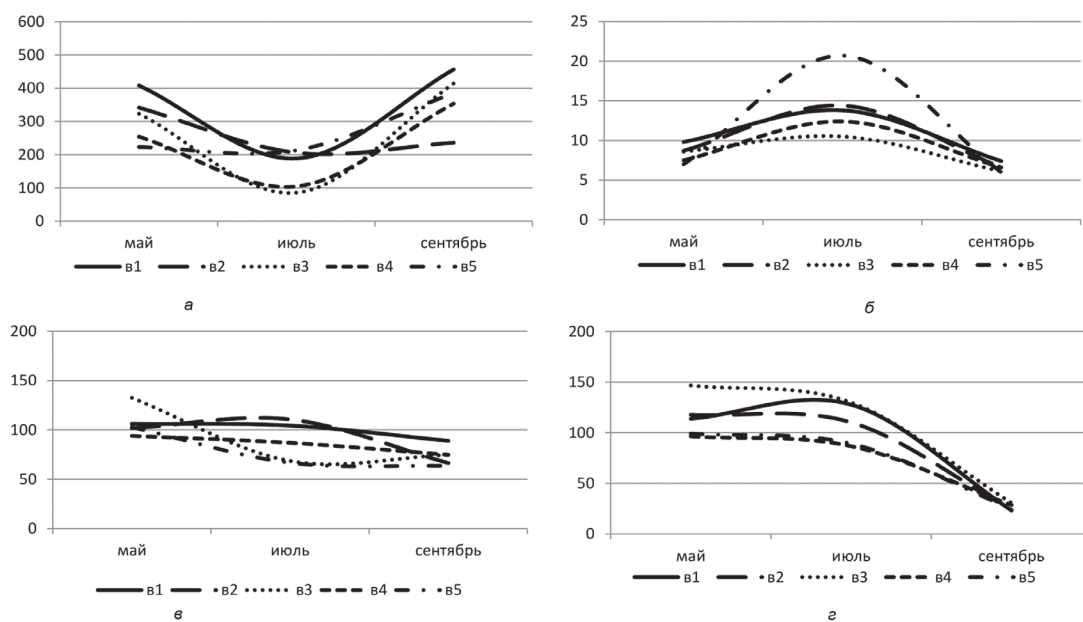


Рис. 2. Сезонная динамика содержания аммонийной (а) и нитратной (б) форм азота, подвижного фосфора (в) и обменного калия (г) в торфяном субстрате под генеративными растениями сорта Stevens клюквы крупноплодной в Смолевичском р-не, 2021 г.

Во второй половине сезона в связи с возрастанием физиологических потребностей культиваров в фосфоре в период плодоношения происходило определенное истощение его запасов в субстрате. Исключением в этом плане явился лишь вариант опыта с внесением минерального удобрения, для которого показано снижение в корнеобитаемой зоне содержания доступных форм элемента в первой половине вегетационного периода с последующей его стабилизацией во второй половине.

Сезонный ход накопления обменного калия в корнеобитаемой зоне раннеспелого сорта Ben Lear во всех вариантах опыта характеризовался преимущественным снижением содержания на протяжении большей части вегетационного периода, наиболее интенсивным в его первой половине с последующей стабилизацией параметров накопления элемента во второй. Лишь в контроле и на фоне внесения минерального удобрения обеднение субстрата доступными соединениями калия имело непрерывный характер до конца сезона. Подобный ход динамики данного элемента свидетельствует о весьма высокой потребности в нем растений раннеспелого сорта не только во время формирования генеративных органов, но и на стадии вегетативного роста, что обусловлено его многосторонней физиологической ролью, благодаря участию в разных метаболических процессах – фотосинтезе, водном, углеводном и белковом обменах, транспорте органических соединений и др., осуществляющихся на протяжении всего жизненного цикла развития растений [5–7].

При исследовании трансформации агрохимического фона торфяного субстрата под посадками позднеспелого сорта Stevens выявлены как определенное сходство, так и заметные различия с динамикой основных питательных элементов под таковыми раннеспелого сорта. Как следует из рис. 1 и 2, наиболее выразительно данные различия проявились в конфигурации накопительных кривых у легкогидролизуемого азота. Так, в контроле и в вариантах опыта с применением биологических удобрений в первой половине вегетационного периода происходило существенное обеднение субстрата аммонийной формой данного элемента, обусловленное интенсивным потреблением для формирования вегетативных органов растений и сменяемое в середине сезона столь же активным пополнением его запасов до исходного уровня. Лишь на фоне внесения минерального удобрения отмечено подобное выявленному под посадками раннеспелого сорта, хотя и менее выраженное спрямление сезонного хода накопления аммонийного азота.

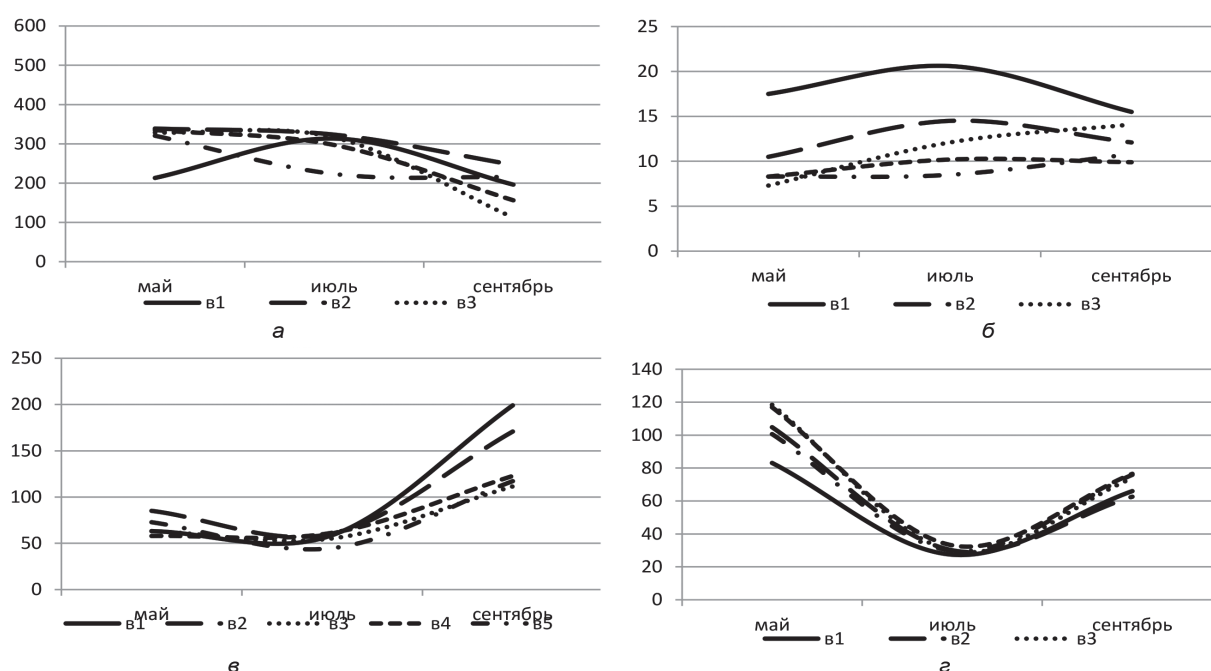


Рис. 3. Сезонная динамика содержания аммонийной (а) и нитратной (б) форм азота, подвижного фосфора (в) и обменного калия (г) в торфяном субстрате

Вместе с тем под посадками позднеспелого сорта клюквы при более значительном, чем под таковыми раннеспелого, содержании в субстрате нитратного азота во всех вариантах опыта в его сезонной динамике прослеживались тенденции, противоположные выявленным для аммонийного азота, которые указывали на существенное пополнение его запасов в первой половине вегетацион-

ного периода и на столь же интенсивное их истощение во второй (см. рис. 2). При этом наиболее выразительно это проявилось на фоне внесения 5%-го «МаКлоРа».

Что касается подвижного фосфора, то сезонный ход его накопления под посадками позднеспелого сорта, как и раннеспелого, отличался малой выразительностью при доминировании в нем нисходящих тенденций к концу вегетационного периода. Заметим, что при относительно стабильном уровне содержания элемента в первой половине сезона наблюдалось его заметное снижение к осени, обусловленное усилением потребления в период плодоношения. Вместе с тем в динамике обменного калия под посадками позднеспелого и раннеспелого сортов клюквы выявлены заметные различия, состоявшие в непрерывном снижении его запасов во втором случае на протяжении всего вегетационного периода (см. табл. 1).

В результате аналогичных исследований агрохимического фона субстрата под посадками генеративных растений сорта Stevens в более северном Докшицком р-не в большинстве вариантов опыта в конфигурации накопительных кривых аммонийного азота, подвижного фосфора и обменного калия установлены тенденции, почти противоположные наблюдавшимся в Смолевичском р-не (рис. 3), что свидетельствовало о преобладающем влиянии на данный процесс географического фактора.

Как видим, несмотря на показанную выше общность доминирующих тенденций в трансформации агрохимического фона корнеобитаемой зоны растений клюквы с разными сроками созревания плодов при использовании удобрений, в сезонной динамике основных питательных элементов установлены заметные генотипические, межвариантные и межрегиональные различия, степень которых определялась воздействием на их накопление совокупности биотических и абиотических факторов.

Выводы. В результате сравнительного анализа сезонной динамики доступных соединений азота, фосфора и калия в корнеобитаемой зоне генеративных растений клюквы крупноплодной в рамках полевых экспериментов с использованием минерального Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д. в.) и отечественных биологических удобрений – азотфиксирующего и фосфатмобилизующего микробного «МаКлоР» в 5%- и 10%-й концентрациях, а также органо-минерального «Экогум-комплекс» на выработанных торфяниках верхового типа в центральной и северной агроклиматических зонах республики в первом случае выявлено заметное сходство в сезонном ходе накопления в субстрате аммонийного азота и подвижного фосфора, с одной стороны, а также нитратного азота и обменного калия, с другой, обусловленное синергическим характером их потребления с корневым питанием и под генеративными растениями сорта Stevens клюквы крупноплодной в Докшицком р-не, 2021 г.

биологическими особенностями развития опытных растений, тогда как во втором случае подобный синергизм установлен для доступных соединений фосфора и калия, а также для аммонийного и нитратного азота.

Показано, что конфигурация накопительных кривых питательных элементов в торфяном субстрате в основном характеризовалась доминированием нисходящих тенденций к окончанию вегетационного периода и определялась видом используемых удобрений, географическим положением района исследований, генотипом культиваров и стадией их сезонного развития.

Список использованных источников

1. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения нитратного азота: ГОСТ 27894.4-88. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 13 с.
2. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения аммиачного азота: ГОСТ 27894.3-88. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 11 с.
3. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения подвижных форм фосфора: ГОСТ 27894.5-88. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 8 с.
4. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения подвижных форм калия: ГОСТ 27894.6-88. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 5 с.
5. Прокошев, В. В. Место и значение калия в агроэкосистеме / В. В. Прокошев // Российский химический журнал. – 2005. – Т. XLIX, № 3. – С. 35–43.
6. Соловьев, А. В. Роль химического элемента калия в питании и жизни растений / А. В. Соловьев, Ю. В. Сидорова // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2022. – Вып. 41 (46). – С. 59–64.
7. Справочник агронома / И. Р. Вильдфлуш, П. А. Саскевич, Г. И. Тарануха [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2017. – 315 с.

Поступила 13.04.2024

Ф. Г. Яковчик, А. Д. Пошелюк, С. В. Буга

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,

e-mail: fedar77@outlook.com

ПОВРЕЖДЕННОСТЬ ИВ (*SALIX* L.) ГАЛЛОФОРМИРУЮЩИМИ И МИНИРУЮЩИМИ ФИТОФАГАМИ В НАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРКАХ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

Аннотация. В национальных парках Белорусского Поозерья «Нарочанский» и «Браславские озера» ивы белую (*Salix alba* L.), пятитычинковую (*Salix pentandra* L.) и ломкую (*Salix fragilis* L.) повреждают девять фоновых в условиях Беларуси видов минирующих и галлоформирующих фитофагов. Среди них два вида эриофиоидных акариформных клещей (Acar: Acariformes: Eriophyoidea), один вид жесткокрылых (Insecta: Coleoptera), четыре вида чешуекрылых (Insecta: Lepidoptera) и два вида перепончатокрылых (Insecta: Hymenoptera) насекомых. Максимальной была заселенность галлообразующим клещом *Aculus craspedobius* листовых пластинок ивы белой (*S. alba*). К числу рецедентных форм отнесены галлообразующий эриофиоидный клещ *Aculus tetanothrix* и минирующая моль *Stigmella salicis*. Минирующие златка *Trachys minutus*, моли-пестрянки *Phyllonorycter pastorella* и *Phyllocnistis saligna*, моль-крохотка *Leucoptera sinuella*, а также галлообразующие настоящие пилильщики *Euura proxima* и *Pontania vesicator* характеризовались низким или средним уровнями заселенности листовых пластинок ив. Относительная площадь повреждаемой листовой поверхности была максимальна для личинок *Trachys minutus*.

Ключевые слова: биоразнообразие, Браславское Поозерье, Нарочанское Поозерье, листовые мины, листовые галлы, особо охраняемые природные территории

F. G. Yakouchyk, A. D. Poshelyk, S. V. Buga

Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: fedar77@outlook.com

DAMAGE OF WILLOWS (*SALIX* L.) BY GALL-FORMING AND LEAF-MINING PHYTOPHAGES IN NATIONAL PARKS OF THE BELARUSIAN LAKELAND

Abstract. In the national parks of the Belarusian Lakeland 'Narochanski' and 'Braslavskie Lakes' the white willow (*Salix alba* L.), the bay willow (*Salix pentandra* L.), and the brittle willow (*Salix fragilis* L.) are damaged by 9 species of miners and gall-forming phytophages, which are common in the conditions of Belarus. Among them 2 species of eriophyoid mites (Acar: Acariformes: Eriophyoidea), 1 species of beetles (Insecta: Coleoptera), 4 species of lepidopterans (Insecta: Lepidoptera) and 2 species of hymenopterans (Insecta: Hymenoptera). The maximum infestation of *S. alba* leaf plates by the gall-forming mite *Aculus craspedobius* was observed. The gall-forming eriophyoid mite *Aculus tetanothrix* and tiny moth *Stigmella salicis* were considered as precedent forms. The scotch bent-wing (*Leucoptera sinuella*), leaf mining moths *Phyllonorycter pastorella* and *Phyllocnistis saligna*, jewel beetle *Trachys minutus*, and gall-forming true sawflies *Euura proxima* and *Pontania vesicator* were characterized by low to medium levels of infestation of willow leaf plates. Relative area of damaged leaf surface was maximum for *Trachys minutus* larvae.

Keywords: biodiversity, Braslav Lakeland, Narach Lakeland, leaf miners, leaf gall-forming invertebrates, natural reserve

Ф. Г. Якоўчык, Г. Д. Пашалюк, С. У. Буга

Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь, e-mail: fedar77@outlook.com

ПАШКОДЖАНАСЦЬ ВЕРБ (*SALIX* L.) ГАЛАЎТВАРАЮЧЫМІ І МІНІРУЮЧЫМІ ФІТАФАГАМІ Ў НАЦЫЯНАЛЬНЫХ ПАРКАХ БЕЛАРУСКАГА ПААЗЕР'Я¹

Анатацыя. У нацыянальных парках Беларускага Паазер'я «Нарачанскі» і «Браслаўскія азёры» вербы белую (*Salix alba* L.), пяцітычинкавую (*Salix pentandra* L.) і ломкую (*Salix fragilis* L.) пашкоджаюць дзевяць фоновых ва ўмовах Беларусі відаў мініруючых і галаўтвараючых фітафагаў. Сярод іх два віды эрыяфіідных акарыформных кляшчоў (Acar: Acariformes: Eriophyoidea), адзін від цвёрдакрылых (Insecta: Coleoptera), чатыры віды лускакрылых (Insecta: Lepidoptera) і два віды перапончатакрылых (Insecta: Hymenoptera) насякомых. Максімальнай была заселенасць галаўтвараючым кляшчом *Aculus craspedobius* ліставых пласцінак вярбы белай (*S. alba*). Да ліку рэцэдэнтных формаў аднесены галаўтвараючы эрыяфіідны клешч *Aculus tetanothrix* і мініруючая моль *Stigmella salicis*. Мініруючыя залатка *Trachys minutus*, молі-стракаткі *Phyllonorycter pastorella* і *Phyllocnistis saligna*, моль *Leucoptera sinuella*, а таксама галаўтвараючыя сапраўдныя пільшчыкі *Euura proxima* і *Pontania vesicator* характарызаваліся нізкім або сярэднім узроўнямі заселенасці ліставых пласцінак верб. Адносная плошча пашкоджанай ліставай паверхні была максімальная для лічынак *Trachys minutus*.

Ключавыя словы: біразнастайнасць, Браслаўскае Паазер'е, Нарачанскае Паазер'е, ліставыя міны, ліставыя галы, асабліва ахоўныя прыродныя тэрыторыі

Введение. Род Ива (*Salix* L.; Malpighiales: Salicaceae) насчитывает во флоре Беларуси 16 аборигенных видов, многие из которых обычны в лесах разных формаций и формируют кустарники в поймах рек, иных характерных местопроизрастаниях, их отличает легкая межвидовая гибри-

дизайна и большое число гибридных форм [1, 2]. В настоящее время ивы широко представлены в декоративных зеленых насаждениях и рекреационных лесах, большей частью – это аборигенные ивы, отличающиеся очевидной декоративностью крон либо иными качествами (способность закреплять грунты и т. п.): ива белая (*Salix alba* L.), ива ломкая (*Salix fragilis* L.), ива пятитычинковая (*Salix pentandra* L.), ива остролистная (*Salix acutifolia* L.), ива корзиночная (*Salix viminalis* L.) и ива пурпурная (*Salix purpurea* L.). Ряд видов и форм рекомендованы к использованию в зеленом строительстве Республики Беларусь [3]. В советский период широко использовалась в обсадке берегов водоемов и водотоков ива ломкая, а также интродуцированные гибридного происхождения ивы плакучие: прелестная (*Salix × blanda* Andersson), сизая плакучая (*Salix × sepulcralis* Simonk.), формы ивы вавилонской (*Salix babylonica* L.); для закрепления откосов дорог – ивы остролистная (*S. acutifolia*) и корзиночная (*S. viminalis*); при создании декоративных зеленых насаждений населенных пунктов – ива белая (*S. alba*) и уже упомянутые выше плакучие ивы. К настоящему времени масштабы использования в зеленом строительстве ранее малоизвестных декоративных форм и культиваров ив, таких как *Salix integra* Thunb. 'Hakuro-nishiki', *Salix matsudana* Koidz. или *Salix purpurea* L. 'Globosa', остаются ограниченными, тем более за пределами крупных городов Республики Беларусь и их пригородных зон.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) призваны содействовать сохранению в малонарушенном хозяйственной деятельностью человека состоянии природных комплексов, сформировавшихся в ходе естественно-исторического природного процесса. В Беларуси существует сеть особо охраняемых территорий различных назначения, статуса и размеров. К крупнейшим принадлежат национальные парки «Нарочанский» и «Браславские озера», организованные для сохранения ландшафтов и природных комплексов юго-запада [4] и северо-запада [5] Белорусского Поозерья. Помимо функции сохранения биоразнообразия эти ООПТ выполняют рекреационную функцию (в большей степени это относится к национальным паркам), на их территории и в ближайшем приграничье расположены населенные пункты, вне абсолютно заповедных зон ведется ограниченная хозяйственная деятельность. Национальный парк «Нарочанский» отличают обширные площади рекреационных лесов, где, как и в зеленых насаждениях населенных пунктов, особую значимость приобретает эстетическая ценность произрастающих здесь древесных растений, в том числе вышеперечисленных представителей рода *Salix*. Одним из факторов снижения декоративности древесных растений является деятельность фитофагов-вредителей и ее последствия.

Круг повреждающих ивы насекомых и клещей в условиях умеренной зоны Восточной Европы достаточно обширен, среди них есть как открытоживущие грызуны и сосущие фитофаги, так и минирующие и тератформирующие скрытоживущие формы [6]. Целенаправленные исследования вредителей ив в декоративных зеленых насаждениях и лесах фрагментарны и в условиях Беларуси они до последнего времени не проводились. При этом недавно была опубликована обзорная работа по минирующим филлобионтам ивовых (*Salicaceae*) Сибири [7]. По результатам выполнявшихся нами исследований было констатировано, что к числу основных вредителей ив в декоративных зеленых насаждениях Беларуси следует отнести восемь видов тератформирующих и минирующих фитофагов, в том числе один вид клещей и семь видов чешуекрылых, перепончатокрылых и двукрылых насекомых [8]. Целью данной работы была оценка повреждаемости фоновыми в условиях Беларуси галлоформирующими и минирующими фитофагами рассматриваемых в качестве декоративных растений представителей рода *Salix* в рекреационных лесах и зеленых насаждениях населенных пунктов на территории вышеуказанных ООПТ и их приграничья.

Материалы и методы исследований. Обследования ив на предмет отбора проб поврежденных минирующими насекомыми и галлоформирующими членистоногими листовых пластинок выполнялись в конце вегетационного периода 2024 г., чтобы оценить итоговые за сезон уровни поврежденности. По возможности отбирали выборки объемом не менее 35 листовых пластинок, как это практиковалось в выполнявшихся ранее исследованиях минирующих филлобионтов [9]. Собранные листья помещали в полиэтиленовые пакеты zip-lock для предотвращения потери тургора. Уровень заселенности и поврежденности листовых пластинок оценивался с использованием 4-балльных шкал, предложенных А. И. Блинцовым [10]. Мины личинок настоящих пилильщиков (*Hymenoptera: Tenthredinidae*) подвергались непосредственному подсчету. В лабораторных условиях собранные листья гербаризировали стандартным способом [11]. Крупные галлы личинок пилильщиков для предупреждения их деформации сушили в мелком песке [12]. Идентификацию фитофагов по повреждениям выполняли с использованием классических определителей [13, 14] и ключей специализированного интернет-портала [15]. Изображения с разрешением не менее 300 dpi получали с использованием планшетного сканера CanoScan 9000F Mark II и подвергали обработке средствами специализированного графического редактора ImageJ [16] в целях определения площади мин и листовых пластинок в целом. Анализ материалов предусматривал установление среднего числа

мин филлобионтов на отдельных листовых пластинках, средней площади отдельных мин, общей (суммарной) площади всех мин на отдельных листовых пластинках, относительной поврежденности (отношение общей площади мин к площади всей листовой пластинки) листовых пластинок ив. Количественные данные аккумулировали в электронных таблицах. Статистический анализ выполняли средствами программного пакета PAST 4.16 [17].

Работа выполнена в рамках НИР «Особенности структуры сообществ опылителей и минеров-филлобионтов лесных экосистем юго-запада Белорусского Поозерья» (№ госрегистрации 20211658) Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг.

Результаты и их обсуждение. Из перечисленных ранее представителей рода *Salix*, характеризующихся приемлемой декоративностью, в условиях вышеуказанных ООПТ были обследованы ива белая (*S. alba*), ива ломкая (*S. fragilis*) и ива пятитычинковая (*S. pentandra*). Из числа листовых минеров и тератформирующих членистоногих эти ивы повреждали: два вида эриофиоидных клещей (Acari: Acariformes), один вид жесткокрылых (Insecta: Coleoptera), четыре вида чешуекрылых (Insecta: Lepidoptera) и два вида перепончатокрылых (Insecta: Hymenoptera) насекомых.

Галловый клещ *Aculus tetanothrix* (Nalepa, 1889) (Eriophyoidea: Eriophyidae) формирует продолговатые или округлые, голые или волосистые, располагающиеся не по краю листа головчатые галлы. Окраска их желтоватая, иногда светлее (беловатая) или темнее (с проявляющимся покраснением). Располагаются на листовых пластинках как поодиночке, так и группами.

Галловый клещ *Aculus craspedobius* (Nalepa, 1925) (Eriophyoidea: Eriophyidae) инициирует подворачивание утолщенных краев листовых пластинок на нижнюю сторону. Окраска галлов от светло- до темно-зеленой, иногда желтоватая или красноватая.

Минирующая ивовая златка, или златка-крошка (*Trachys minutus* (Linnaeus, 1758)) (Coleoptera: Buprestidae), повреждает многие листовые древесные породы, в условиях Беларуси минируют ивы не чаще, чем вязы, липы, другие деревья и кустарники. Мины пятновидные, непременно начинающиеся на вершине листа либо его лопасти (доли), с границами произвольных очертаний, быстро темнеющие.

Ивовая большая минирующая моль (*Phyllonorycter pastorella* (Zeller, 1846)) является представителем семейства молей-пестрянок (Lepidoptera: Gracillariidae), специализированный фитофаг ив. Личинки формируют округлые, пятновидные, «стянутые» (натяжение внешней стенки мины при подсыхании эпидермальных тканей ведет к легкому ее стягиванию) мины на нижней стороне листьев ив. Они светлоокрашенные, хорошо заметны благодаря крупным размерам. Их местоположению на нижней стороне листовых пластинок соответствуют овальные темные пятна на верхней. Личинки окукливаются в коконах в противоположность другим видам повреждающих ивы молей-пестрянок рода *Phyllonorycter* (Hübner, 1822).

Ивовая сокоедка (*Phyllocnistis saligna* (Zeller, 1839)) также является представителем семейства Gracillariidae и специализированным фитофагом ив. Мины личинок *Ph. saligna* лентовидные, петляющие либо линейные, на неодревесневших побегах могут продолжаться на соседние листовые пластинки, оканчиваются на краю листа. Они субэпидермальные, вдоль проточенного хода может иметь место «вспучивание» эпидермиса листа.

Ивовая моль-крошка (*Stigmella salicis* (Stainton, 1854)) – фоновый в условиях Беларуси представитель семейства молей-крошек (Lepidoptera: Stigmellidae), специализированный фитофаг ив. Личинки *S. salicis* прокладывают в листовой паренхиме лентовидные извилистые ходы, заканчивающиеся небольшим расширением на конце. Посередине мины просматривается темная цепочка экскрементов.

Моль-крохотка *Leucoptera sinuella* (Reutti, 1853) из семейства Lyonetiidae (Lepidoptera) является фитофагом Salicaceae. Мины личинок *L. sinuella* выглядят как большие темные пятна на верхней стороне листьев.

Ивовый толстостенный пилильщик (*Euura proxima* (Serville, 1823)) – представитель семейства настоящих пилильщиков (Hymenoptera: Tenthredinidae). Галлы ложногусениц закрытые, без отверстий, выступают по обеим сторонам листа. Они продолговатые или почковидные, толстостенные, сначала зеленые, затем краснеющие, длиной до 10 мм.

Пилильщик пузыревидный (*Pontania vesicator* (Bremi, 1849)) из семейства настоящих пилильщиков (Hymenoptera: Tenthredinidae), специализированный фитофаг ив, в основном ивы пурпурной (*S. purpurea*). Закрытые галлы без отверстий. Большие, длиной до 20 мм продолговатой формы галлы одинаково выступают с обеих сторон листа.

Результаты учетов поврежденности листовых пластинок ив фоновыми видами минирующих и галлоформирующих членистоногих представлены в табл. 1. Для каждого местопроизрастания отмечено 4–5 видов фитофагов из девяти, охваченных исследованиями. Уровни заселенности листо-

вых пластинок ив отдельными минерами и галлообразователями следует оценить как невысокие. Максимальный уровень заселенности листовых пластинок (52,17 %, что соответствует трем баллам 4-балльной шкалы) был констатирован для краевого галлового клеща (*A. craspedobius*) на иве белой (*S. alba*), произраставшей в окрестностях д. Дубровка (Витебская обл., Браславский р-н, в границах Национального парка «Браславские озера»). Заселенность на уровне двух баллов отмечена минерами *T. minutus*, *Ph. pastorella* и *L. sinuella* не во всех местопроизрастаниях ив. Следует отметить низкую встречаемость галлов толстостенного ивового пилильщика (*E. proxima*), массового в условиях других регионов Беларуси.

Таблица 1. Заселенность (по 4-балльной шкале) минерами и галлообразователями листовых пластинок ив (*Salix* L.) в условиях национальных парков Белорусского Поозерья

Фитофаги			Местопроизрастание ив			
Вид	Семейство	Отряд	Окрестности д. Дубровка, 04.10.2024, <i>Salix alba</i> L.	Окрестности д. Дубровка, 04.10.2024, <i>Salix fragilis</i> L.	Окрестности оз. Рудаково, 04.10.2024, <i>Salix pentandra</i> L.	Окрестности к. п. Нарочь, 27.09.2024, <i>Salix fragilis</i> L.
<i>Aculus craspedobius</i>	Eriophyidae	Acariformes	3	—	—	1
<i>Aculus tetanothrix</i>	Eriophyidae	Acariformes	—	—	—	1
<i>Trachys minutus</i>	Buprestidae	Coleoptera	1	1	2	1
<i>Euura proxima</i>	Tenthredinidae	Hymenoptera	1	1	—	—
<i>Pontania vesicator</i>	Tenthredinidae	Hymenoptera	—	1	—	1
<i>Leucoptera sinuella</i>	Lyonetiidae	Lepidoptera	—	1	2	1
<i>Phyllocnistis saligna</i>	Gracillariidae	Lepidoptera	1	—	1	—
<i>Phyllonorycter pastorella</i>	Gracillariidae	Lepidoptera	2	—	—	—
<i>Stigmella salicis</i>	Nepticulidae	Lepidoptera	—	—	1	—

Ивовая моль-малютка (*S. salicales*) отмечена только на листовых пластинках ивы пятитычинковой (*S. pentandra*) в окрестностях оз. Рудаково (Минская обл., Мядельский р-н, Национальный парк «Нарочанский»). Относительная площадь поврежденной поверхности отдельных листовых пластинок не превышала 3,25 % при средней $2,31 \pm 0,94$ %. Личинками моли-крохотки *L. sinuella* повреждалось до 11,38 % поверхности листовых пластинок, тогда как личинками златки-крошки (*Trachys minutus*) – до 35,34 % (табл. 2), что не может не сказаться на декоративных качествах ив, актуальных для рекреационных лесов.

Таблица 2. Параметры поврежденности листовых пластинок ивы пятитычинковой (*Salix pentandra* L.) минирующими фитофагами в условиях Национального парка «Нарочанский» (окрестности оз. Рудаково, 04.10.2024)

Показатели	<i>Trachys minutus</i> (Linnaeus, 1758)		<i>Leucoptera sinuella</i> (Reutti, 1853)		<i>Stigmella salicis</i> (Stainton, 1854)	
	Площадь мин, мм ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %	Площадь мин, мм ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %	Площадь мин, мм ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %
Минимум	27,90	2,07	25,36	5,37	25,76	5,37
Максимум	592,30	35,34	115,72	11,38	45,05	11,38
Средняя арифметическая	134,41	9,13	112,34	7,98	35,41	7,98
Ошибка средней	43,74	2,57	12,95	0,72	9,65	0,72
Коэффициент вариации	112,73	97,52	34,59	26,89	34,59	26,89

Для ивы белой (*S. alba*) в условиях Национального парка «Браславские озера» отмечен не только высокий уровень заселенности краевым галловым клещом, но и поврежденности отдельных листовых пластинок личинками моли-пестрянки *Ph. pastorella*: минами было занято до 71,48 % листовой поверхности (при среднем значении $12,57 \pm 3,63$ %). Поврежденность листовых пластинок *S. alba* личинками златки достигала лишь 24,53 % (табл. 3). Только на иве белой отмечены мины ивовой сокоедки (*Ph. saligna*), относительная площадь поврежденной листовой поверхности составляла лишь $3,37 \pm 0,61$ %.

Таблица 3. Параметры поврежденности листовых пластинок ивы белой (*Salix alba* L.) минерирующими и галлоформирующими фитофагами в условиях Национального парка «Браславские озера» (окрестности д. Дубровка, 04.10.2024)

Показатели	Минер <i>Trachys minutus</i> (Linnaeus, 1758)		Минер <i>Phyllonorycter pastorella</i> (Zeller, 1846)		Минер <i>Phyllocnistis saligna</i> (Zeller, 1839)		Галлообразователь <i>Aculus craspedobius</i> (Nalepa, 1925)		Галлообразователь <i>Euura proxima</i> (Serville, 1823)	
	Площадь мин, мм ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %	Площадь мин, мм ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %	Площадь мин, мм ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %	Площадь мин, мм ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %	Площадь мин, мм ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %
Минимум	4,50	0,57	13,40	1,89	13,90	1,02	3,20	0,41	8,90	1,31
Максимум	215,5	24,53	182,80	71,48	40,80	5,47	303,90	50,20	41,90	9,14
Средняя арифметическая	63,86	6,62	76,71	12,57	26,89	3,37	40,95	6,48	27,68	4,90
Ошибка средней	23,44	2,43	10,54	3,63	4,63	0,61	13,47	2,07	4,35	0,96
Коэффициент вариации, %	110,16	110,02	58,31	122,69	42,17	44,23	167,77	162,60	44,45	55,61

Иву ломкую (*S. fragilis*) из числа галлообразователей в окрестностях к. п. Нарочь повреждали оба вида галловых клещей. При этом относительная площадь поврежденной клещами *A. craspedobius* листовой поверхности составляла $6,48 \pm 2,07$ % (табл. 4). В окрестностях д. Дубровка (Национальный парк «Браславские озера») представлялось возможным оценить значения параметров поврежденности листовых пластинок личинками пилильщиков-галлообразователей (табл. 5), относительная площадь занятой галлами ивового толстостенного пилильщика (*E. proxima*) листовой поверхности составляла $2,95 \pm 0,72$ %, пузыревидного пилильщика (*P. vesicator*) – $4,17 \pm 0,99$ %. Уровень поврежденности отдельных листовых пластинок *S. fragilis* личинками ивовой минерирующей златки (*T. minutus*) был выше: относительная площадь занятой минами личинок *T. minutus* листовой поверхности составляла $15,22 \pm 3,89$ %.

Таблица 4. Параметры поврежденности листовых пластинок ивы ломкой (*Salix fragilis* L.) минерирующими и галлоформирующими фитофагами в условиях Национального парка «Нарочанский» (к. п. Нарочь, 26.09.2024)

Показатели	Минер <i>Leucoptera sinuella</i> (Reutti, 1853)				Галлообразователь <i>Aculus craspedobius</i> (Nalepa, 1925)	
	Общая площадь мин, мм ²	Площадь отдельных мин, мм ²	Количество мин на листовой пластинке	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %	Общая площадь галлов, мм ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %
Минимум	4,99	4,99	1	0,28	6,55	0,5
Максимум	177,77	72,41	6	7,81	34,75	1,7
Средняя арифметическая	36,76	21,27	1,69	2,54	18,42	1,01
Ошибка средней	13,32	5,58	0,40	0,70	4,80	0,20
Коэффициент вариации, %	130,65	96,56	84,90	98,82	58,23	44,88

Таблица 5. Параметры поврежденности листовых пластинок ивы ломкой (*Salix fragilis* L.) минерирующими и галлоформирующими фитофагами в условиях Национального парка «Браславские озера» (окрестности д. Дубровка, 04.10.2024)

Показатели	Минер <i>Trachys minutus</i> (Linnaeus, 1758)		Минер <i>Leucoptera sinuella</i> (Reutti, 1853)		Галлообразователь <i>Pontania vesicator</i> (Bremi, 1849)		Галлообразователь <i>Euura proxima</i> (Serville, 1823)	
	Площадь мин, мм ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %	Площадь мин, мм ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %	Площадь галлов, мм ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %	Площадь галлов, мм ²	Относительная площадь поврежденной листовой поверхности, %
Минимум	15,42	0,57	10,20	0,27	30,70	1,09	61,40	2,11
Максимум	2795,1	79,82	230,60	10,16	293,20	8,92	117,40	4,38
Средняя арифметическая	358,74	15,22	70,84	2,99	108,24	4,17	95,03	2,95
Ошибка средней	115,55	3,89	12,99	0,63	33,91	0,99	17,14	0,72
Коэффициент вариации	157,79	125,19	82,03	93,98	88,61	67,03	31,21	42,32

Таким образом, заселенность фоновыми видами минирующих и галлоформирующих членистоногих листовых пластинок ив в национальных парках Белорусского Поозерья составила три балла по 4-балльной шкале для одного вида, эриофиоидного клеща *A. craspedobius*, тогда как для остальных восьми видов минеров и галлообразователей не превышала двух баллов. Максимальный уровень поврежденности отдельных листовых пластинок был констатирован для моли-пестрянки *Ph. pastorella*: минами было занято до 71,48 % листовой поверхности.

Закключение. Даны оценки повреждаемости фоновыми в условиях Беларуси видами минирующих и галлоформирующих насекомых и клещей листовых пластинок ив белой (*Salix alba* L.), пяти-тычинковой (*Salix pentandra* L.) и ломкой (*Salix fragilis* L.) в национальных парках «Нарочанский» и «Браславские озера» в сезон вегетации 2024 г., в осенний период по завершении развития фитофагов и до наступления листопада.

Максимальной была заселенность листовых пластинок ивы белой (*S. alba*) галлообразующим клещом *Aculus craspedobius* (50,20 %). Минирующие златка *Trachys minutus*, моли-пестрянки *Phyllonorycter pastorella* и *Phyllocnistis saligna*, моль-крохотка *Leucoptera sinuella*, а также галлообразующие настоящие пилильщики *Euura proxima* и *Pontania vesicator* характеризовались низким или средним уровнями заселенности листовых пластинок ив. К числу рецедентных форм отнесены галлообразующий эриофиоидный клещ *Aculus tetanothrix* и минирующая моль *Stigmella salicis*.

Методами компьютерной планиметрии установлена площадь отдельных мин молей-пестрянок *Phyllonorycter pastorella* на листовых пластинках ивы ($76,71 \pm 10,54 \text{ мм}^2$), сокоедки *Phyllocnistis saligna* ($26,89 \pm 4,63 \text{ мм}^2$), моли-крохотки *Leucoptera sinuella* ($112,34 \pm 12,95 \text{ мм}^2$). Относительная площадь повреждаемой личинками минирующей златки *Trachys minutus* листовой поверхности достигает $15,22 \pm 3,89 \%$, для остальных галлообразующих и минирующих фитофагов она была ниже.

Список использованных источников

1. Парфенов, В. И. Ивы (*Salix* L.) Белоруссии: таксономия, фитоценология, ресурсы / В. И. Парфенов, И. Ф. Мазан. – Минск: Наука и техника, 1986. – 166 с.
2. Мазан, И. Ф. Семейство Salicaceae Mirb. – Ивовые / И. Ф. Мазан // Определитель высших растений Беларуси. – Минск: Дизайн ПРО, 1999. – С. 119–124.
3. Сидорович, Е. А. Ассортимент декоративных деревьев и кустарников для зеленого строительства Беларуси и рекомендации по оптимизации условий выращивания сеянцев / Е. А. Сидорович, И. М. Гаранович, А. И. Чаховский. – Минск: Тэхналогія, 1996. – 62 с.
4. Национальный парк «Нарочанский». – URL: <https://narochny.by> (дата доступа: 02.02.2025).
5. Национальный парк «Браславские озера». – URL: <https://braslavyapark.by/> (дата доступа: 02.02.2025).
6. Гусев, В. И. Ивы (*Salix* – разные виды) / В. И. Гусев, М. Н. Римский-Корсаков // Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников. – М.: Лесная промышленность, 1984. – С. 198–223.
7. Salicaceae-feeding leaf-mining insects in Siberia: distribution, trophic specialization, and pest status / N. I. Kirichenko, M. V. Skvortsova, V. Petko [et al.] // Contemporary Problems of Ecology. – 2018. – Vol. 11, № 6. – P. 576–593.
8. Пошелюк, А. Д. Тератформирующие и минирующие фитофаги – основные вредители ив в декоративных зеленых насаждениях Беларуси / А. Д. Пошелюк // Молодежь в науке – 2024: XXI Междунар. науч. конф. молодых учен., Минск, 29–31 окт. 2024 г.: тез. докл. / Нац. акад. наук Беларуси, Совет молодых учен.; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2024. – С. 405–407.
9. Количественная оценка поврежденности инвазивными минирующими насекомыми листовых пластинок декоративных древесных растений: учеб. материалы / О. В. Синчук, А. С. Рогинский, В. В. Даниленко [и др.]. – Минск: БГУ, 2016. – 30 с.
10. Блинцов А. И. К методике определения устойчивости древесных растений к вредителям / А. И. Блинцов // Ботаника: исследования. – 1986. – Вып. 27. – С. 126–127.
11. Гербарное дело: справочное руководство / под ред. Д. В. Гельтмана // Кью: Королевский ботанический сад, 1995. – 341 с.
12. Петров, Д. Л. Тератформирующие членистоногие – вредители зеленых насаждений Беларуси: справ.-метод. пособие / Д. Л. Петров, С. В. Буга. – Минск: БГУ, 2008. – 42 с.
13. Гусев, В. И. Определитель повреждений деревьев и кустарников / В. И. Гусев, М. Н. Римский-Корсаков. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1951. – 580 с.
14. Гусев, В. И. Определитель повреждений деревьев и кустарников, применяемых в зеленом строительстве: справочник / В. И. Гусев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 208 с.
15. Plant Parasites of Europe – leafminers, galls and fungi. – URL: <https://bladmineerders.nl/> (date of access: 07.02.2025).
16. Сауткин, Ф. В. Использование программных средств анализа цифровых изображений для определения размерных характеристик биологических объектов / Ф. В. Сауткин. – Минск: БГУ, 2013. – 28 с.
17. PAST 4.16. PAST 4 manual. – URL: <https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/downloads/-past4manual.pdf> (date of access: 07.01.2025).

Поступила 24.02.2025

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

NATURE MANAGEMENT, ECOLOGICALLY SAFE
AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

ПРЫРОДАКАРЫСТАННЕ, ЭКОЛАГАБЯСПЕЧНЫЯ
І РЭСURCAЗБЕРАГАЛЬНЫЯ ТЭХНАЛОГІІ

ISSN 1810-9810 (Print)

УДК 628.3

Ю. И. Ахмадиева¹, С. А. Дубенок²

¹Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов,
Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ СМЕШАННЫХ (ГОРОДСКИХ) СТОЧНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Аннотация. Изложены результаты изучения установившейся в Российской Федерации практики технологического нормирования сбросов сточных вод на основе технологических показателей наилучших доступных технологий (НДТ). Проведен сравнительный анализ требований к очистке сточных вод, сбрасываемых с очистных сооружений сточных вод населенных пунктов (ОССВНП) в поверхностные водные объекты Республики Беларусь и Российской Федерации с учетом подходов к нормированию допустимых сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты организаций водопроводно-канализационного (жилищно-коммунального) хозяйства Республики Беларусь. Выполнена оценка применимости технологических показателей НДТ на очистных сооружениях смешанных (городских) сточных вод в условиях Беларуси. Сформированы рекомендации по совершенствованию действующих в Республике Беларусь подходов к нормированию сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты с ОССВНП.

Ключевые слова: сточные воды, очистные сооружения, наилучшие доступные технологии, загрязняющие вещества

Y. I. Akhmadziyeva¹, S. A. Dubianok²

¹Central research institute for complex use of water resources, Minsk, Belarus

²Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

ASSESSMENT OF THE APPLICABILITY OF TECHNOLOGICAL INDICATORS OF THE BEST AVAILABLE TECHNOLOGIES AT MIXED (MUNICIPAL) WASTEWATER TREATMENT PLANTS UNDER CONDITIONS OF BELARUS

Abstract. The article presents the results of a study of the established practice in the Russian Federation of technological regulation of wastewater discharges on the basis of technological indicators of the best available technologies (BAT). A comparative analysis of the requirements for the treatment of wastewater discharges from settlement wastewater treatment plants into surface water bodies of the Republic of Belarus and the Russian Federation was carried out, taking into account approaches to the standardization of permissible wastewater discharges into surface water bodies of water supply and sewerage organizations (housing and communal services) of the Republic of Belarus. An assessment of the applicability of BAT technological indicators at mixed (municipal) wastewater treatment plants in the conditions of Belarus has been carried out. Recommendations for the improvement of the current approaches in the Republic of Belarus to the regulation of wastewater discharges to surface waters with WWTPs were formulated.

Keywords: wastewater, sewage treatment plants, best available technology, pollutants

Ю. І. Ахмадзіева¹, С. А. Дубянок²

¹Цэнтральны навукова-даследчы інстытут комплекснага выкарыстання водных рэсурсаў, Мінск, Беларусь

²Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь

АЦЭНКА ПРЫМЯНІМАСЦІ ТЭХНАЛАГІЧНЫХ ПАКАЗЧЫКАЎ НАЙЛЕПШЫХ ДАСТУПНЫХ ТЭХНАЛОГІЙ НА АЧЫШЧАЛЬНЫХ ЗБУДАВАННЯХ ЗМЕШАНЫХ (ГАРАДСКІХ) СЦЁКАВЫХ ВОД ВА ЁМОВАХ БЕЛАРУСІ

Анатацыя. Прадстаўлены вынікі вывучэння практыкі тэхналагічнага нарміравання скідаў сцёкавых вод, якая ўсталявалася ў Расійскай Федэрацыі, на аснове тэхналагічных паказчыкаў найлепшых даступных тэхналогій (НДТ). Праведзены параўнальны аналіз патрабаванняў да ачысткі сцёкавых вод, якія скідаюцца з ачышчальных збудаванняў

сцёкавых вод населеных пунктаў (АЗСВНП) у паверхневыя водныя аб'екты Рэспублікі Беларусь і Расійскай Федэрацыі з улікам падыходаў да нарміравання дапушчальных сцідаў сцёкавых вод у паверхневыя водныя аб'екты арганізацый водаправодна-каналізацыйнай (жыллёва-камунальнай) гаспадаркі Рэспублікі Беларусь. Выканана ацэнка прымянімасці тэхналагічных паказчыкаў НДТ на ачышчальных збудаваннях змешаных (гарадскіх) сцёкавых вод ва ўмовах Беларусі. Сфарміраваны рэкамендацыі па ўдасканаленні існуючых у Рэспубліцы Беларусь падыходаў да нарміравання сцідаў сцёкавых вод у паверхневыя водныя аб'екты з АЗСВНП.

Ключавыя словы: сцёкавыя воды, ачышчальныя збудаванні, найлепшыя даступныя тэхналогіі, забруджвальныя рэчывы

Введение. По данным государственного водного кадастра, в поверхностные водные объекты страны за 2023 г. сброшено 1 130,404 млн м³ сточных вод, из них 555,829 млн м³ (49 %) в соответствии с Общегосударственным классификатором Республики Беларусь ОКРБ 005-2011 «Виды экономической деятельности» относилось к секции Е «Водоснабжение; сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений», то есть было сброшено организациями водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) и жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), в эксплуатационном ведении которых находятся ОССВНП.

Основную долю сточных вод (99,9 %), сброшенных в поверхностные водные объекты в 2023 г., составляли нормативно-чистые и очищенные сточные воды, качество которых в первом случае позволяло сбрасывать их в окружающую среду без предварительной очистки, а во втором – доведено до допустимых значений нормативов сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты в процессе их очистки на очистных сооружениях сточных вод. Оставшийся 0,1 % составляли недостаточно очищенные сточные воды, оказывавшие негативное воздействие на поверхностные водные объекты за счет содержания в своем составе загрязняющих веществ в количествах, превышающих допустимые значения нормативов сбросов сточных вод.

В структуре сброса недостаточно очищенных сточных вод за 2023 г. на долю организаций ВКХ и ЖКХ приходилось 73 % от общего объема сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты с превышением нормативов допустимых сбросов. Основные факторы, обуславливающие исторически сложившуюся в стране ситуацию, при которой организации ВКХ и ЖКХ, эксплуатирующие ОССВНП, оказывали на поверхностные водные объекты наибольшее негативное воздействие, подробно рассмотрены ранее [1].

Актуальность вопросов, связанных с повышением эффективности очистки сточных вод и уменьшением сбросов недостаточно очищенных сточных вод в окружающую среду, в том числе в поверхностные водные объекты, закреплена на законодательном уровне и не вызывает сомнений (Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы [2], Национальный план действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь на 2021–2025 годы [3]).

Мероприятия, направленные на уменьшение сбросов недостаточно очищенных сточных вод в поверхностные водные объекты путем строительства, реконструкции централизованных систем водоотведения (канализации), в том числе ОССВНП, заложены в основу Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года [4] и Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы [5].

Необходимо отметить, что в соответствии с Законом Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г. № 1982-XII «Об охране окружающей среды» при разработке проектов строительства, реконструкции зданий, сооружений и иных объектов должны применяться наилучшие доступные технические методы (НДТМ) [6], а одним из основных направлений научных и научно-технических исследований по вопросам охраны и рационального использования вод является научное обеспечение условий внедрения НДТМ, включая формирование перечня наилучших существующих технологий в области водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод [4]. Вместе с тем в Республике Беларусь до настоящего времени не определены НДТМ по очистке сточных вод на ОССВНП.

Развитие и разнообразие технологий очистки сточных вод на современном этапе позволяет учитывать особенности эксплуатации и находить решения для любых ОССВНП независимо от территориального расположения, климатических условий, специфики формирования качественного и количественного состава поступающих сточных вод. При этом главной задачей для всех ОССВНП является снижение содержания загрязняющих веществ и показателей в процессе их очистки до нормативов сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты. Таким образом, при выборе того или иного технологического решения необходимо прежде всего отталкиваться от требований, предъявляемых к качеству очистки сточных вод.

Целью исследования является оценка возможности применения действующих в Российской Федерации технологических показателей НДТ в сфере очистки сточных вод с использованием центра-

лизованных систем водоотведения поселений или городских округов для разработки национальных НДТМ по очистке сточных вод на ОССВНП в Республике Беларусь.

В процессе исследования решались следующие взаимосвязанные задачи:

сравнение подходов к установлению требований, предъявляемых к очистке сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты с ОССВНП Республики Беларусь и Российской Федерации;

сравнение перечня и значений технологических показателей НДТ ОССВНП Российской Федерации с перечнем и значениями нормируемых загрязняющих веществ в составе сточных вод, сбрасываемых с ОССВНП в поверхностные водные объекты Республики Беларусь;

выявление соответствий и различий в подходах к установлению требований, предъявляемых к очистке сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты с ОССВНП Республики Беларусь и Российской Федерации;

оценка применимости и определение целесообразности адаптации действующих в Российской Федерации технологических показателей НДТ с целью дальнейшей разработки национальных НДТМ по очистке сточных вод на ОССВНП.

Результаты и их обсуждение. В Республике Беларусь порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод (нормативы сбросов) установлен постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 26 мая 2024 г. № 16 «О нормативах допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод». Перечень нормируемых загрязняющих веществ и показателей в составе хозяйственно-бытовых сточных вод, их смеси с другими видами сточных вод, а также фиксированные значения загрязняющих веществ и показателей, которые приняты в зависимости от эквивалента населения, установлены в приложении 1 постановления и включают в себя: водородный показатель (рН); биохимическое потребление кислорода (БПК₅); химическое потребление кислорода, бихроматную окисляемость (ХПК_{Cr}); взвешенные вещества; аммоний-ион; минерализацию; хлорид-ион; сульфат-ион; СПАВ анионоактивные (СПАВ_{анион.}); азот общий; фосфор общий и специфические загрязняющие вещества, перечень которых определяется для городских сточных вод исходя из условий приема производственных сточных вод в централизованные системы водоотведения (канализации) населенных пунктов) [7].

По ряду загрязняющих веществ и показателей доводятся прямые нормы, т. е. фиксированные значения загрязняющих веществ и показателей, которые приняты в зависимости от эквивалента населения (массы органических веществ в составе сточных вод, поступающих на ОССВНП, выраженных по показателю БПК₅). К таким загрязняющим веществам и показателям относятся БПК₅, ХПК_{Cr}, взвешенные вещества, аммоний-ион, азот общий и фосфор общий (основной перечень) [7].

Нормативы допустимых сбросов по оставшимся нормируемым показателям (рН, минерализация, хлорид-ион, сульфат-ион, СПАВ_{анион.}) и специфическим загрязняющим веществам (при необходимости) устанавливаются на основании расчетов, выполненных в соответствии с экологическими нормами и правилами ЭкоНП 17.06.02-002-2021 «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Правила расчета нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод» (ЭкоНП 17.06.02-002-2021) [8].

Расчет нормативов допустимых сбросов включает определение допустимой концентрации загрязняющих веществ (допустимая концентрация) и максимально допустимой массы этих веществ в составе сточных вод, сбрасываемых в поверхностный водный объект. При определении допустимой концентрации учитываются вид поверхностного водного объекта (водоток либо водоем), его ассимилирующая способность (в том числе предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде поверхностного водного объекта и концентрация загрязняющих веществ в фоновом створе водного объекта) и дальность транспортирования сточных вод до места их сброса в поверхностный водный объект (в случае сброса сточных вод через каналы мелиоративных систем) [8].

При этом следует отметить, что нормативы допустимых сбросов в Республике Беларусь представляют собой разовые максимально допустимые значения концентраций загрязняющих веществ и показателей, в то время как в Российской Федерации технологические показатели НДТ – среднегодовые значения концентрации загрязняющих веществ в смешанных (городских) сточных водах, сбрасываемых в водные объекты, устанавливаются с учетом категории ОССВНП в зависимости от объема сброса таких вод, а также категории водных объектов или их частей, в которые осуществляется сброс таких вод.

В свою очередь, категории водных объектов или их частей, в которые осуществляется сброс сточных вод, для целей установления технологических показателей НДТ определяются Правилами отнесения водных объектов к категориям водных объектов для целей установления технологиче-

ских показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов (Правила) [9], в соответствии с которыми определены четыре категории водных объектов, а также критерии отнесения водных объектов или их частей к той либо иной категории.

Описание категорий водных объектов, а также порядок нормирования сбросов сточных вод с ОССВНП Российской Федерации на основе технологических показателей НДТ подробно изложены [1]. Основное отличие от российских подходов к нормированию допустимых сбросов сточных вод с ОССВНП в поверхностные водные объекты заключается в том, что в Беларуси для основного перечня нормируемых показателей не учитывается качество воды поверхностных водных объектов – приемников сточных вод. Это значит, что допустимые концентрации загрязняющих веществ по основному перечню показателей для двух различных объектов ОССВНП, находящихся в одной категории по эквиваленту населения (например, с 2 001 до 10 000 человек), будут иметь одинаковые значения допустимых концентраций загрязняющих веществ по основному перечню показателей вне зависимости от качества воды поверхностных водных объектов – приемников сточных вод и их ассимилирующей способности.

Вместе с тем в законодательстве Республики Беларусь закреплены подходы к классификации поверхностных водных объектов, нормированию сбросов сточных вод, применяемые при расчете допустимых концентраций при сбросе таких вод в водные объекты.

Так, в соответствии с Водным кодексом Республики Беларусь [10] поверхностные водные объекты подразделяются на водотоки, водоемы и родники; водотоки – на реки, ручьи и каналы; водоемы – на озера (естественные водоемы), водохранилища, пруды, пруды-копани и обводненные карьеры. Реки делятся на большие (протяженность свыше 500 км), средние (протяженность от 200 до 500 км) и малые (протяженность от 5 до 200 км). Применяемая национальная классификация не сопоставима с категоризацией поверхностных водных объектов Российской Федерации, используемой для целей установления технологических показателей НДТ.

Водный кодекс Республики Беларусь закрепляет также классификацию поверхностных водных объектов по экологическому состоянию (статусу), в соответствии с которой состояние поверхностных водных объектов (их частей) оценивается как отличное, хорошее, удовлетворительное, плохое и очень плохое. При этом экологическое состояние (статус) определяется на основании гидробиологических показателей с использованием гидрохимических и гидроморфологических показателей, которые, в свою очередь, устанавливаются при проведении мониторинга поверхностных вод в составе национальной системы мониторинга окружающей среды. Порядок отнесения поверхностных водных объектов (их частей) к классам экологического состояния (статуса) определен ТКП 17.13-21-2015 (33140) «Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг. Порядок отнесения поверхностных водных объектов (их частей) к классам экологического состояния (статуса)» [11]. Присвоение экологического состояния (статуса) поверхностных водных объектов (их частей) осуществляется по гидрохимическим, гидробиологическим (для водотоков – макрозообентос и фитоперифитон, для водоемов – фитопланктон и зоопланктон) и гидроморфологическим показателям качества воды поверхностных водных объектов один раз в год после обработки результатов наблюдений за отчетный год.

При этом следует отметить, что оценка по трем группам показателей (гидрохимические, гидробиологические и гидроморфологические) проводится с различной периодичностью и определена национальным законодательством [12] (табл. 1).

Каждой группе показателей присваивается определенный класс качества (от 1-го до 5-го класса). Оценка экологического состояния (статуса) осуществляется с учетом совокупности присвоенных классов качества по всем группам показателей. По итогам оценки экологический статус (состояние) поверхностного водного объекта (его части) с одним и тем же классом качества по гидрохимическим показателям, может быть классифицирован как отличный, хороший, удовлетворительный, плохой и даже очень плохой с учетом классов качества по гидробиологическим и гидроморфологическим показателям [11].

Используемая национальная классификация также не сопоставима с категоризацией поверхностных водных объектов Российской Федерации, что не позволяет напрямую применить ее для целей установления технологических показателей НДТ при нормировании допустимых сбросов сточных вод с ОССВНП в поверхностные водные объекты.

В 2024 г. в Республике Беларусь вступили в силу ЭкоНП 17.06.01-006-2023 «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Нормативы качества воды поверхностных водных объектов» (ЭкоНП 17.06.01-006-2023), закрепляющие нормативы качества воды поверхностных водных объектов в целях обеспечения благоприятных условий воспроизводства водных биологических ресурсов.

Таблица 1. Периодичность проведения наблюдений в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды [12]

Показатели	Периодичность наблюдений
<i>Гидробиологические</i>	
На всех поверхностных водных объектах, кроме трансграничных участков рек, фоновых пунктах наблюдений и р. Свислочь	Один раз в год каждые два года
На трансграничных участках рек и р. Свислочь	Один раз ежегодно
В фоновых пунктах наблюдений	Один раз в год каждые четыре года
<i>Гидрохимические</i>	
На больших водотоках и участках водотоков в районе расположения источников загрязнения	12 раз в год ежегодно
При отсутствии источников загрязнения	Семь раз в год в периоды основных гидрологических фаз поверхностного водного объекта ежегодно
На фоновых участках водотоков	12 раз в год каждые четыре года
На водоемах	Четыре раз в год каждые два года
По химическим показателям для донных отложений на трансграничных пунктах наблюдений	Один раз в год каждые пять лет
<i>Гидроморфологические</i>	Один раз в 10 лет

ческих ресурсов и безопасности продукции из них, устанавливающие предельно допустимые концентрации химических и иных веществ в воде поверхностных водных объектов, а также показатели качества воды поверхностных водных объектов (при установлении показателей качества все поверхностные водные объекты подразделяют на те, которые используются для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных, и иные поверхностные водные объекты) [13].

Перечень показателей качества воды, установленных ЭкоНП 17.06.01-006-2023, включает три физических (взвешенные вещества, плавающие примеси (вещества), температура) и пять химических (водородный показатель (рН), минерализация воды (сухой остаток), растворенный кислород, БПК₅, ХПК_{Cr}) показателей. Следует отметить, что одним из критериев категорирования водных объектов (их частей), применяемых в Российской Федерации для целей установления технологических показателей НДТ, является среднеарифметическое значение концентрации растворенного в воде кислорода в июле и январе в течение трех календарных лет, что дает возможность сопоставить нормативы качества воды поверхностных водных объектов Республики Беларусь и критерии Российской Федерации по отнесению водных объектов (их частей) к той или иной категории по показателю «растворенный кислород».

Помимо концентрации растворенного кислорода применяемое в России категорирование поверхностных водных объектов в зависимости от качества воды включает в себя следующие критерии:

медианное значение за календарный год концентрации в воде фосфатов (по фосфору) в течение трех календарных лет подряд;

сумма медианных значений за календарный год концентраций в воде аммоний-иона, нитрат-иона, нитрит-иона (в пересчете соответственно на азот аммонийный, азот нитратов и азот нитритов) в течение трех календарных лет подряд [9].

В то же время перечень химических и иных веществ, для которых ЭкоНП 17.06.01-006-2023 закрепляют предельно допустимые концентрации, включает 471 вещество, среди которых фосфат-ион (включая гидро- и дигидроформы), значение которого установлено в пересчете на фосфор; аммоний-ион, нитрат-ион и нитрит-ион. При этом концентрации нитрат- и нитрит-ионов определены в том числе в пересчете на азот нитратный и азот нитритный, а азот аммонийный возможно рассчитать из концентрации аммоний-иона. Так, азот аммонийный – это азот, содержащийся в ионах аммония. Зная молярные массы азота и аммоний-иона, а также концентрацию азота аммонийного (технологического показателя НДТ), можно привести его значение к концентрации аммоний-иона, умножив на коэффициент перевода – 1,29.

В табл. 2 приведен сравнительный анализ нормативов качества воды поверхностных водных объектов в Республике Беларусь и применяемого в Российской Федерации категорирования поверхностных водных объектов в зависимости от качества воды для целей установления технологических показателей НДТ по сопоставимым показателям.

Таблица 2. Сравнительный анализ нормативов качества воды поверхностных водных объектов в Беларуси и России (для их категорирования с целью установления технологических показателей НДТ)

Наименование показателя (загрязняющего вещества)	Беларусь		Россия			
	Для поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных	Для иных поверхностных водных объектов	Категория А	Категория Б	Категория В	Категория Г
Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³ *	В подледный период (для поверхностных водных объектов, покрытых льдом)		В январе			
	6,0	4,0	—	Более 4,0	Более 4,0	Более 4,0
	В иной период		В июле			
	8,0	6,0	—	Более 6,0	Более 6,0	Более 7,5
Фосфат-ион (по фосфору), мгР/дм ³ **	0,066		—	Не более 0,15	Не более 0,15	Не более 0,05
Аммоний-ион (по азоту аммонийному), мгN/дм ³	0,303		—	—	—	—
Нитрат-ион (по азоту нитратному), мгN/дм ³	9,03		—	—	—	—
Нитрит-ион (по азоту нитритному), мгN/дм ³	0,024		—	—	—	—
Сумма концентраций азота аммонийного, азота нитратного и азота нитритного, мгN/дм ³ ***	9,357		—	Не более 1,0	Не более 1,0	Не более 0,5

Примечание. — — концентрации не установлены; * — среднеарифметическое значение концентрации в течение трех календарных лет подряд; ** — медианное значение концентрации за календарный год в течение трех календарных лет подряд; *** — сумма медианных значений концентраций за календарный год в течение трех календарных лет подряд.

Сравнительный анализ нормативов качества воды поверхностных водных объектов в Беларуси и России для их категорирования с целью установления технологических показателей НДТ позволяет сделать следующие выводы:

по содержанию растворенного кислорода в воде поверхностные водные объекты Республики Беларусь, используемые для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных, в соответствии с классификацией водных объектов Российской Федерации могут быть отнесены к категории Г; иные поверхностные водные объекты — к категориям Б, В;

по содержанию фосфат-иона (по фосфору) все водные объекты Республики Беларусь могут быть отнесены к категориям Б, В;

по суммарному содержанию азота аммонийного, азота нитратного и азота нитритного водные объекты Республики Беларусь не могут быть отнесены ни к одной из категорий Российской Федерации.

При этом следует отметить, что нормативы качества воды поверхностных водных объектов в Беларуси представляют собой разовые максимально допустимые значения концентраций, в то время как в России для категорирования водных объектов с целью установления технологических показателей НДТ применяются среднеарифметические и медианные значения концентраций химических веществ в течение трех календарных лет подряд.

Таким образом, использование российских подходов не позволяет провести однозначное сопоставление поверхностных водных объектов в Республике Беларусь и Российской Федерации для их категорирования в зависимости от качества воды для целей установления технологических показателей НДТ. При этом адаптация национальных классификаций поверхностных водных объектов к классификации, применяемой в России, для разработки национальных НДТМ по очистке сточных вод на ОССВНП также нецелесообразна.

В то же время для снижения поступления загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты и улучшения их экологического состояния (статуса) необходимо совершенствование существующего порядка нормирования допустимых сбросов сточных вод с ОССВНП в поверхностные водные объекты. Для этого целесообразно проработать подход Российской Федерации по дифференциации водных объектов, который применительно к Республике Беларусь может основываться на классификации поверхностных водных объектов в зависимости от их экологического состояния (статуса). Очевидно, чем хуже экологическое состояние (статус) водного объекта — приемника сточ-

ных вод, тем более жесткие требования должны предъявляться к качеству очистки сточных вод, сбрасываемых в него.

Следует отметить, что в настоящее время экологическое состояние (статус) поверхностных водных объектов оценивается по результатам мониторинга поверхностных вод в действующих пунктах наблюдений и не охватывает все водные объекты – приемники сточных вод. Однако планом мероприятий Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года предусмотрены мероприятия по совершенствованию национальной системы мониторинга окружающей среды Беларуси, включающие в себя обеспечение поэтапного развертывания сети пунктов наблюдений [4].

Перечень технологических показателей НДТ Российской Федерации утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2020 г. № 1430 «Об утверждении технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов» [14] и включает в себя взвешенные вещества, ХПК_{Cr} , БПК_5 , азот аммонийный, азот нитратов, азот нитритов, фосфор фосфатов. Значения технологических показателей НДТ в зависимости от категории ОССВНП по мощности и категории водного объекта – приемника таких вод установлены в приложении 2 к данному постановлению [14].

Сопоставив требования к качеству очистки сточных вод в Республике Беларусь и в Российской Федерации, необходимо отметить различие в перечне и значениях нормируемых показателей. Например, в перечень показателей, для которых в Беларуси устанавливаются прямые нормы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе таких вод, входят: аммоний-ион, азот общий, фосфор общий, не входящие в перечень технологических показателей НДТ России. В свою очередь, такие технологические показатели НДТ, как азот аммонийный, азот нитратов, азот нитритов и фосфор фосфатов, не входят в перечень показателей, для которых в нашей республике устанавливаются прямые нормы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод.

Таким образом, ХПК_{Cr} , БПК_5 и взвешенные вещества относятся как к технологическим показателям НДТ Российской Федерации, так и к показателям, для которых в Республике Беларусь устанавливаются прямые нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод, что позволяет провести сравнение данных показателей.

Значение азота аммонийного можно привести к концентрации аммоний-иона, умножив на коэффициент перевода – 1,29, как было изложено выше, что также дает возможность осуществить сравнительный анализ.

Азот общий в соответствии с постановлением № 16 [7] определяется как сумма концентраций азота по Кьельдалю, нитрат-иона (в пересчете на азот) и нитрит-иона (в пересчете на азот). В Российской Федерации в технологические показатели НДТ входят следующие азотсодержащие вещества: азот аммонийный, азот нитратов и азот нитритов. Таким образом, определить значение, сопоставимое азоту общему, не представляется возможным.

Еще одним показателем, значение которого невозможно сопоставить с технологическими показателями НДТ, является фосфор общий. В перечне технологических показателей НДТ в Российской Федерации фосфор фосфатов – это фосфор, содержащийся в солях ортофосфорной кислоты, в то время как фосфор общий – это концентрация элементарного фосфора во всех его соединениях и формах: органических и неорганических, растворимых и нерастворимых. Таким образом, невозможно осуществить пересчет фосфора фосфатного в фосфор общий с целью сравнения значений данных показателей.

В табл. 3 представлены результаты сравнительного анализа требований к качеству очистки сточных вод в Республике Беларусь и Российской Федерации по сопоставимым показателям – ХПК_{Cr} , БПК_5 , взвешенные вещества и аммоний-ион (приведенное значение для Российской Федерации).

Анализ данных табл. 3 позволяет сделать вывод о том, что значения технологических показателей НДТ существенно ниже, чем значения сопоставимых показателей, для которых в Республике Беларусь устанавливаются прямые нормы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод, за исключением показателя ХПК_{Cr} применительно к большим, крупным, крупнейшим и сверхкрупным ОССВНП при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категорий Б, В, Г.

Таким образом, для выбора технологии очистки сточных вод при строительстве, реконструкции ОССВНП можно ориентироваться на технологические показатели НДТ Российской Федерации, достижение которых гарантированно приведет к соответствию качества очищенных сточных вод национальным нормативам допустимых сбросов по сопоставимым показателям: ХПК_{Cr} , БПК_5 , взвешенные вещества и аммоний-ион.

Таблица 3. Сравнительный анализ требований к качеству очистки сточных вод на ОССВНП в Республике Беларусь и Российской Федерации

Масса органических веществ в составе сточных вод, поступающих на ОССВНП	ХПК _{ср}	БПК ₅	Взвешенные вещества	Аммоний-ион
Беларусь				
До 30 кг/сут	125	25	30	25
Россия				
3–30 кг/сут (сверхмалые) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории А	40	5	10	1,29
3–30 кг/сут (сверхмалые) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории Б, В, Г	80	12	15	10,32
Беларусь				
От 30 до 120 кг/сут	120	25	25	20
Россия				
От 30 до 300 кг/сут (малые) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории А	40	5	10	1,29
От 30 до 300 кг/сут (малые) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории Б	80	10	15	1,94
От 30 до 300 кг/сут (малые) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории В, Г	80	12	15	10,32
Беларусь				
От 120 до 600 кг/сут	100	20	25	15
Россия				
От 30 до 300 кг/сут (малые) от 300 до 1 200 кг/сут (небольшие) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории А	40	5	10	1,29
От 30 до 300 кг/сут (малые) от 300 до 1 200 кг/сут (небольшие) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории Б	80	10	15	1,94
От 30 до 300 кг/сут (малые) от 300 до 1 200 кг/сут (небольшие) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории В, Г	80	12	15	10,32
Беларусь				
От 600 до 6 000 кг/сут	80	20	20	15
Россия				
От 300 до 1 200 кг/сут (небольшие) от 1 200 до 3 000 кг/сут (средние) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории А	40	5	10	1,29
От 300 до 1 200 кг/сут (небольшие) от 1 200 до 3 000 кг/сут (средние) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории Б	80	10	15	1,94
От 300 до 1 200 кг/сут (небольшие) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории В, Г	80	12	15	10,32
От 1 200 до 3 000 кг/сут (средние) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории В	80	12	15	2,58
От 1 200 до 3 000 кг/сут (средние) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории Г	80	12	15	10,32
От 3 до 12 тыс. кг/сут (большие) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории А	40	3	5	1,29
От 3 до 12 тыс. кг/сут (большие) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории Б, В	80	8	10–14	1,29
От 3 до 12 тыс. кг/сут (большие) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории Г	80	10	15	2,58
Беларусь				
Более 6 000 кг/сут	70	15	20	10
Россия				
От 3 до 12 тыс. кг/сут (большие) От 12 до 60 тыс. кг/сут (крупные) От 60 до 180 тыс. кг/сут (крупнейшие) Более 180 тыс. кг/сут (сверхкрупные) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории А	40	3	5	1,29
От 3 до 12 тыс. кг/сут (большие) От 12 до 60 тыс. кг/сут (крупные) От 60 до 180 тыс. кг/сут (крупнейшие) Более 180 тыс. кг/сут (сверхкрупные) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории Б, В	80	8	10–14	1,29

Окончание табл. 3

Масса органических веществ в составе сточных вод, поступающих на ОССВНП	ХПК _{Cr}	БПК ₅	Взвешенные вещества	Аммоний-ион
От 3 до 12 тыс. кг/сут (большие) От 12 до 60 тыс. кг/сут (крупные) От 60 до 180 тыс. кг/сут (крупнейшие) Более 180 тыс. кг/сут (сверхкрупные) при сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории Г	80	10	15	2,58

Без проведения дополнительных испытаний в лабораторных условиях невозможно сопоставить значения таких показателей, как азот нитратов, азот нитритов (Российская Федерация) и азот общий (Республика Беларусь), фосфор фосфатов (Российская Федерация) и фосфор общий (Республика Беларусь). При этом следует отметить, что значительный вклад в загрязнение поверхностных водных объектов в настоящее время вносят именно биогенные элементы, в том числе азот и фосфор. Они же являются наиболее проблемными с точки зрения их удаления в технологии очистки сточных вод.

Учитывая, что основная доля технологических решений в современных проектах реконструкции ОССВНП направлена именно на интенсификацию удаления азота и фосфора, распространение существующего в Российской Федерации опыта технологического нормирования сбросов сточных вод на основе технологических показателей НДТ на объекты ОССВНП Республики Беларусь в полной мере невозможно.

Заключение. Анализ подходов к нормированию допустимых сбросов сточных вод ОССВНП в поверхностные водные объекты Республики Беларусь и существующего в Российской Федерации опыта технологического нормирования сбросов сточных вод на основе технологических показателей НДТ показал, что основная разница в подходах к установлению требований, предъявляемых к очистке таких вод, заключается в том, что в Беларуси при установлении допустимой концентрации загрязняющих веществ в составе таких вод по таким показателям, как БПК₅, ХПК_{Cr}, взвешенные вещества, аммоний-ион, азот общий и фосфор общий, не учитывается качество воды поверхностных водных объектов – приемников таких вод. Кроме того, адаптация существующих в Республике Беларусь классификаций поверхностных водных объектов к классификации Российской Федерации для целей разработки национальных НДТМ по очистке сточных вод на ОССВНП нецелесообразна.

Сравнительный анализ перечня и значений технологических показателей НДТ ОССВНП Российской Федерации с перечнем и значениями нормируемых загрязняющих веществ в составе сточных вод, сбрасываемых с ОССВНП в поверхностные водные объекты Республики Беларусь, показал, что перечень технологических показателей НДТ Российской Федерации шире.

Ряд технологических показателей НДТ России аналогичен показателям, для которых в Беларуси доводятся прямые нормы допустимых сбросов – БПК₅, ХПК_{Cr}, взвешенные вещества. Технологический показатель НДТ азот аммонийный возможно привести к показателю аммоний-ион в целях сопоставления их значений. Однако ряд важнейших с точки зрения выбора технологии очистки сточных вод показателей, таких как азот нитратов, азот нитритов (Российская Федерация) и азот общий (Республика Беларусь), фосфор фосфатов (Российская Федерация) и фосфор общий (Республика Беларусь), без проведения дополнительных испытаний в лабораторных условиях являются несопоставимыми.

Значения сопоставимых показателей, за исключением ХПК_{Cr} (применительно к большим, крупным, крупнейшим и сверхкрупным ОССВНП при сбросе в водный объект категорий Б, В, Г), в Российской Федерации строже.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что адаптация российского опыта технологического нормирования сбросов сточных вод на основе технологических показателей НДТ на объектах ОССВНП Республики Беларусь с эколого-экономической точки зрения целесообразна только частично. Очевидно, что в Беларуси необходимо закрепление на законодательном уровне национальных требований по очистке сточных вод на ОССВНП. Этот подход следует реализовать через разработку и принятие национальных НДТМ по очистке сточных вод на ОССВНП. В процессе разработки национальных НДТМ необходимо сопоставлять технологии очистки сточных вод (по основным параметрам очистки) и эффективность их применения с накопленным опытом внедрения и распространения НДТ в области очистки сточных вод населенных пунктов других стран с целью выявления наиболее эффективных решений и адаптации их применения в условиях Республики Беларусь.

По результатам проведенного исследования сформированы следующие основные рекомендации по совершенствованию действующих в Республике Беларусь подходов при нормировании сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты с ОССВНП:

необходимо законодательно закрепить дифференциацию поверхностных водных объектов – приемников сточных вод Республики Беларусь на основе существующей классификации в зависимости от экологического состояния (статуса) поверхностных водных объектов и их частей;

следует развивать национальную систему мониторинга окружающей среды Республики Беларусь с целью определения экологического состояния (статуса) для всех поверхностных водных объектов, в которые осуществляется сброс сточных вод;

целесообразно разработать нормативный правовой акт, устанавливающий национальные требования по НДТМ по очистке сточных вод на ОССВНП, и закрепить обязательность его применения при строительстве и реконструкции ОССВНП.

Список использованных источников

1. Ахмадиева, Ю. И. Концепция наилучших доступных технологий и технологическое нормирование сбросов сточных вод на примере Российской Федерации / Ю. И. Ахмадиева, С. А. Дубенок // Научно-технический прогресс в жилищно-коммунальном хозяйстве: сб. тр. / Ин-т жилищ.-комму. хоз-ва НАН Беларуси; под общ. ред. В. О. Китикова. – Минск: БГТУ, 2024. – 300 с.
2. Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы: Указ Президента Респ. Беларусь от 29 июля 2021 г. № 292 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P32100292> (дата обращения: 31.10.2024).
3. О Национальном плане действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь на 2021–2025 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 10 дек. 2021 г. № 710 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100710> (дата обращения: 31.10.2024).
4. О Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 22 февр. 2022 г. № 91 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22200091> (дата обращения: 31.10.2024).
5. О Государственной программе «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 28 янв. 2021 г. № 50 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100050> (дата обращения: 31.10.2024).
6. Об охране окружающей среды: Закон Респ. Беларусь от 26 нояб. 1992 г. № 1982-XII: в ред. от 27.12.2023 г. № 328-3 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19201982> (дата обращения: 31.10.2024).
7. О нормативах допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод: постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 26 мая 2024 г. № 16 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21732141> (дата обращения: 31.10.2024).
8. Об утверждении экологических норм и правил: постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 21 сент. 2021 г. № 8-Т // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22137248p> (дата обращения: 31.10.2024).
9. Об утверждении Правил отнесения водных объектов к категориям водных объектов для целей установления технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов: постановление Правительства Рос. Федерации от 26 окт. 2019 г. № 1379 // ГАРАНТ.РУ: информ.-правовой портал (дата обращения: 31.10.2024).
10. Водный кодекс Республики Беларусь: 30 апр. 2014 г. № 149-З: принят Палатой представителей 2 апреля 2014 г.: одобр. Советом Респ. 11 апреля 2014 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 17.07.2023 г. № 296-3 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk1400149> (дата обращения: 31.10.2024).
11. О технических кодексах установившейся практики: постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 24 дек. 2021 г. № 18-Т // Бизнес-инфо / ООО «Профессиональные правовые системы». – URL: <https://bii.by/tx.dll?id=478159&a=7#a7> (дата обращения: 31.10.2024).
12. Национальная система мониторинга окружающей среды. – URL: <http://www.nsmos.by> (дата обращения: 31.10.2024).
13. Об утверждении экологических норм и правил: постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 15 дек. 2023 г. № 15-Т // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22441063p> (дата обращения: 31.10.2024).
14. Об утверждении технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов: постановление Правительства Рос. Федерации от 15 сент. 2020 г. № 1430 // ГАРАНТ.РУ: информ.-правовой портал (дата обращения: 31.10.2024).

Поступила 14.11.2024

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ – УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

NATURE MANAGEMENT – ADMINISTRATION AND ECONOMY

ПРЫРОДАКАРЫІСТАННЕ – КІРАВАННЕ І ЭКАНОМІКА

ISSN 1810-9810 (Print)
УДК 504. 455.064 (476)**Н. С. Шевцова¹, М. М. Максимов²**¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,
e-mail: shevtsova-ns@yandex.ru²Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск,
Беларусь, e-mail: maksim.maksimau@yandex.by**ТИПИЗАЦИЯ РЕК БЕЛАРУСИ ПО СПЕЦИАЛИЗАЦИИ
ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ИХ ПРИРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА**

Аннотация. Представлена типология туристско-рекреационного использования природного потенциала, состоящая из трех таксонов «профилирующий вид – тип – подтип», апробация которой позволила выявить специализацию 372 участков 166 рек Беларуси для водных видов рекреации и туризма на локальном, региональном и страновом уровнях. Результаты типизации участков рек показали, что доминирующим типом туристско-рекреационного использования рек является ограниченно-полифункциональный тип (78,6 %) во всех регионах и в стране. Процент участков полифункционального и монофункционального типов во всех областях, кроме Минской, соответствует 10,2 и 9,9 %, а участков рек непригодного типа, выявленного в трех областях (Брестской, Гродненской, Могилевской), составляет 1,3 %. Установлены закономерности распространения профилирующих видов, типов, подтипов туристско-рекреационного использования природного потенциала на локальном, региональном и страновом уровнях. На локальном уровне доминируют участки рек с 2–3 профилирующими видами рекреации и туризма, на региональном зафиксирован избирательный характер распределения типов туристско-рекреационного использования, который проявляется в наличии всех 4 типов на реках Брестской, Гродненской и Могилевской обл., 3 типов (нет непригодного типа) – в Витебской и Гомельской обл., 2 типов (нет непригодного и монофункционального типов) – в Минской обл. Зафиксирована высокая вариативность количества подтипов на участках рек в областях: от 18 подтипов в Могилевской до 7 – в Минской обл. На уровне страны закономерность распределения типов связана с наличием двух диаметрально противоположных тенденций, проявляющихся в росте доли участков с пригодным природным потенциалом при расширении количества видов туристско-рекреационного использования от 0 до 2–3 и в снижении удельного веса таких участков при увеличении числа видов до 4–7.

Ключевые слова: типология, типизация, профилирующий вид, подтип, тип, природный потенциал рек, туристско-рекреационное использование, специализация

N. S. Shevtsova¹, M. M. Maskimau²¹Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: shevtsova-ns@yandex.ru²Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Belarus,
e-mail: maksim.maksimau@yandex.by**TYPIFICATION OF THE RIVERS OF BELARUS BY SPECIALIZATION OF TOURIST
AND RECREATIONAL USE OF THEIR NATURAL POTENTIAL**

Abstract. The article presents a typification of tourist and recreational uses of natural resources, consisting of three taxa “profiling species – types – subtypes”. The study identified 372 segments of 166 rivers in Belarus that are suitable for aquatic recreation and tourism on a local, regional, and national level. The results of the river section typification show that the dominant type of tourism and recreational use of rivers in all regions and country is a limited-multifunctional one (78.6 %). In five regions (with the exception of Minsk region), the share of multifunctional and monofunctional type sites is 10.2 and 9.9 %, accordingly. In the Brest, Grodno and Mogilev regions, the proportion of river sections unsuitable for use is 1.3 %. Distribution patterns of profiling species, types and subtypes of touristic-recreational use natural potential at the local, regional and country levels have been identified. At the local level, river sections with 2–3 major types of recreation and tourism dominate. At the regional level, record-selective character of distribution types of tourist and recreational use, which is manifested in the presence of all 4 types - on the rivers in the Brest, Grodno and Mogilev regions, 3 types (no inappropriate type) – in the Vitebsk and Gomel regions, 2 types (no inappropriate and monofunctional types) – in the Minsk region. Registered is a high variability in the number of subtypes on river sections in the regions: from 18 subtypes in Mogilev to 7 in Minsk region.

Keywords: typology, typification, profile type, subtype, type, natural potential of rivers, touristic and recreational use, specialization

Н. С. Шайцова¹, М. М. Максимай²¹Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь,
e-mail: shevtsova-ns@yandex.ru²Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па біярэсурсах, Мінск, Беларусь,
e-mail: maksim.maksimau@yandex.by**ТИПИЗАЦИЯ РЕК БЕЛАРУСИ ПА СПЕЦЫЯЛІЗАЦЫІ ТУРЫСЦКА-РЭКРЕАЦЫЙНАГА ВЫКАРЫСТАННЯ ІХ ПРЫРОДНАГА ПАТЭНЦЫЯЛУ**

Анатацыя. Прадстаўлена тыпалогія турысцка-рэкрэацыйнага выкарыстання прыроднага патэнцыялу, якая складаецца з трох таксонаў: “прафілюючы від – тып – падтып”, апрацацыя якой дазволіла выявіць спецыялізацыю 372 участкаў 166 рэк Беларусі для водных відаў рэкрэацыі і турызму на лакальным, рэгіянальным узроўнях і на ўзроўні краіны ў цэлым. Вынікі тыпізацыі участкаў рэк паказалі, што дамінуючым тыпам турысцка-рэкрэацыйнага выкарыстання рэк з’яўляецца абмежавана-поліфункцыянальны тып (78,6 %) ва ўсіх рэгіёнах. Працэнт участкаў поліфункцыянальнага і монафункцыянальнага тыпаў ва ўсіх абласцях (акрамя Мінскай вобл.) адпавядае 10,2 і 9,9 %, а участкаў рэк непрыдатнага тыпу, выяўленага ў трох абласцях (Брэсцкай, Гродзенскай, Магілёўскай), складае 1,3 %. Выяўлены заканамернасці распаўсюджвання профільных відаў, тыпаў, падтыпаў турысцка-рэкрэацыйнага выкарыстання прыроднага патэнцыялу на лакальным, рэгіянальным узроўнях і ўзроўні краіны. На лакальным узроўні дамінуюць участкі рэк з 2–3 профільнымі відамі рэкрэацыі і турызму. На рэгіянальным узроўні зафіксаваны выбарчы характар размеркавання тыпаў турысцка-рэкрэацыйнага выкарыстання, які праяўляецца ў наяўнасці ўсіх 4 тыпаў на рэках Брэсцкай, Гродзенскай і Магілёўскай абл., 3 тыпаў (няма непрыдатнага тыпу) – у Віцебскай і Гомельскай абл., 2 тыпаў (няма непрыдатнага і монафункцыянальнага тыпаў) – у Мінскай вобл. Зафіксавана высокая варыяцыйнасць колькасці падтыпаў на участках рэк у абласцях: ад 18 падтыпаў у Магілёўскай вобл. да 7 – у Мінскай вобл. На ўзроўні краіны заканамернасць размеркавання тыпаў звязана з наяўнасцю двух дыяметральных супрацьлеглых тэндэнцый, якія праяўляюцца ў розце долі участкаў з прыдатным прыродным патэнцыялам пры пашырэнні колькасці відаў турысцка-рэкрэацыйнага выкарыстання ад 0 да 2–3 і ў зніжэнні ўдзельнай вагі такіх участкаў пры павелічэнні ліку відаў да 4–7.

Ключавыя словы: тыпалогія, тыпізацыя, профільны від, падтып, тып, прыродны патэнцыял рэк, турысцка-рэкрэацыйнае выкарыстанне, спецыялізацыя

Введение. В условиях постиндустриального развития сектор туристических услуг становится одной и ведущих отраслей экономики, что определяет актуальность его географического исследования. В связи с этим для Республики Беларусь с ее многочисленными реками (20,8 тыс.), озерами (10,8 тыс.) и водохранилищами (130) важными задачами являются оценка их природного потенциала и рациональное туристско-рекреационное использование (ТРИ) для водных видов рекреации и туризма, которые играют ключевую роль в формировании как стратегии природопользования государства, так и туристско-рекреационной политики страны. При этом установлено, что из 18 туристско-рекреационных зон, обладающих весомым природным туристско-рекреационным потенциалом (ПТРП), более 26 % приурочено к озерам и около 50 % – к речным системам [1]. В то же время зафиксирована тенденция устойчивого роста числа ежегодно отдыхающих в объектах рекреационной инфраструктуры (2,833 млн человек в год по состоянию на 2022 г.) как в целом, так и приуроченных к рекам в частности [2], поэтому одним из ключевых направлений развития внутреннего туризма является оптимизация территориальной организации объектов гостеприимства, вызывающая необходимость обновления результатов оценки ПТРП как для ранее исследованных 22 рек страны, так и других потенциально пригодных водных артерий, перечень которых асширился до 166 объектов за счет включения главных рек и их притоков 1-го и 2-го порядков¹.

Для их изучения были разработаны теоретико-методологические основы полимасштабного исследования, оценки и использования ПТРП, позволившие как определить пригодность и специализацию рек для водных видов рекреации и туризма, так и обосновать перспективные направления их развития на реках Беларуси. В целях получения новых прикладных результатов полимасштабного исследования природного потенциала рек для контактных (купание, подводное плавание, катание на водных лыжах), бесконтактных (катание на яхтах, гребля на лодках), промысловых (любительская охота и любительское рыболовство) видов туристско-рекреационного использования была создана унифицированная методология его изучения, необходимая для решения теоретико-методологических задач комплексной оценки и разработки практико-ориентированных подходов для развития водной рекреации и туризма на реках страны. При этом одним из ключевых элементов унифицированной методологии комплексного изучения природного потенциала является типология профилирующих видов туристско-рекреационного использования рек, апробация которой позволила типизировать участки рек по пригодности их природного потенциала, выявить его ТРИ специализацию в разрезе «вид – подтип – тип», провести функциональное туристско-рекреационное зонирование на локальном и районирование на регионально-страновом уровнях.

¹ Оценка курортно-рекреационных ресурсов БССР для основных видов массового туризма: отчет о НИР / Белорус. гос. науч.-исслед. и проект. ин-т градостроительства; рук. И. Н. Руденко. – Минск, 1976. – С. 27–29.

Результаты типизации и функционального зонирования послужили научно-практической основой для создания картографической информационной системы комплексной оценки рек страны для туристско-рекреационного использования и разработки государственной политики развития водной рекреации и туризма на реках Беларуси.

Типология как ключевой элемент унифицированной методологии по изучению природного туристско-рекреационного потенциала рек. Теоретико-методологической базой исследования, оценки и использования ПТРП рек является методология комплексного изучения природного потенциала рек для контактных, бесконтактных и промысловых видов ТРИ, возникновение которой позволило унифицировать процедуру изучения рек при одновременном решении задач как теоретического, так и прикладного характера на полимасштабном уровне. Унифицированная методология комплексного исследования природного потенциала рек для водных видов туристско-рекреационного использования в форме структурно-логической схемы представлена на рис. 1, а ее детальное описание приведено в работах [3–5].

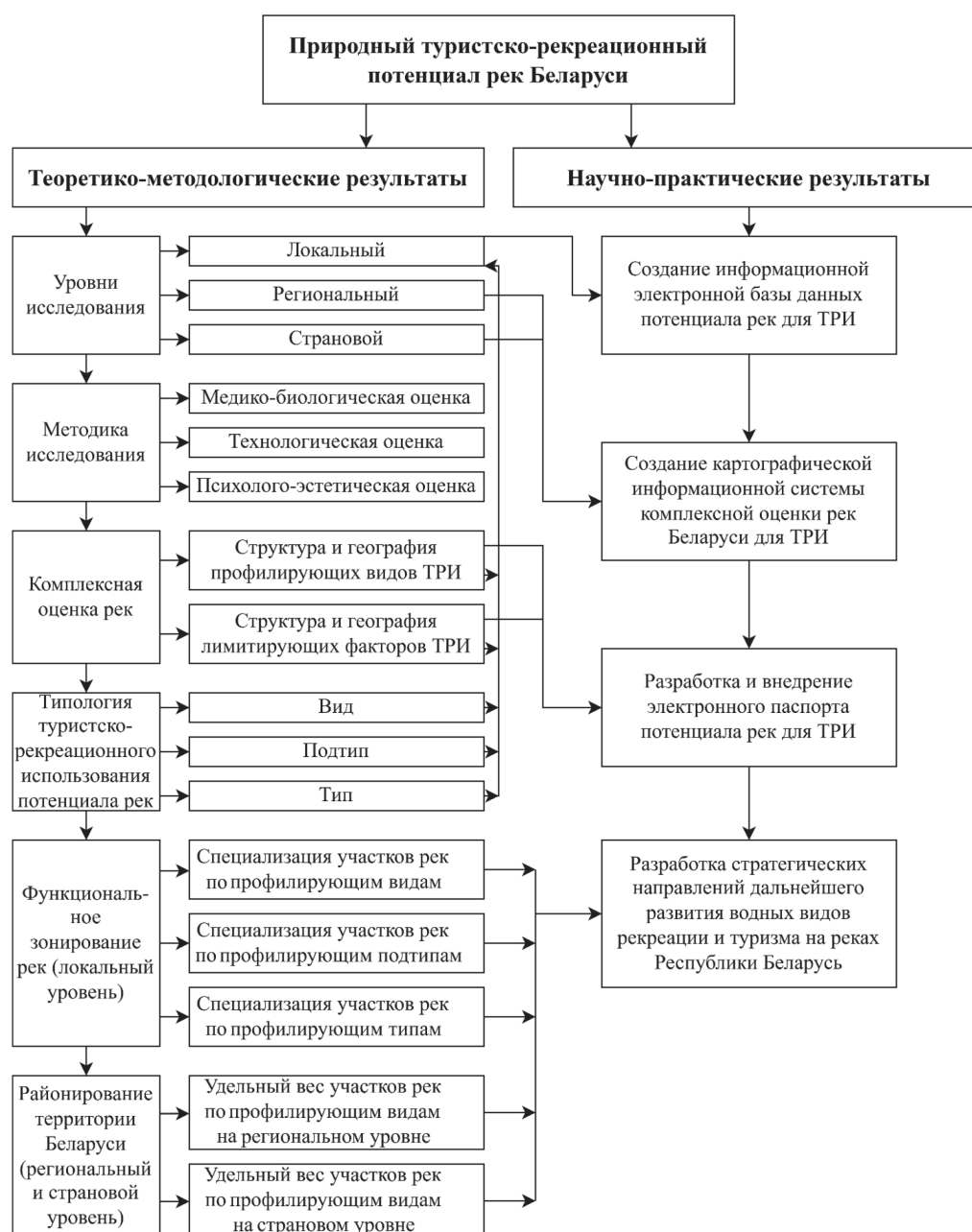


Рис. 1. Унифицированная методология комплексного полимасштабного исследования природного потенциала рек для туристско-рекреационного использования

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

Одним из ключевых элементов унифицированной методологии комплексного исследования природного потенциала рек для водных видов рекреации и туризма после одноименной методики их комплексной оценки [3–6] является типология профилирующих видов ТРИ природного потенциала рек, разработанная на основе комбинации количества, вариантов и группировки профилирующих видов ТРИ.

В составе типологии ТРИ участков рек Беларуси выделено три иерархических таксона: 7 профилирующих видов (купание, подводное плавание, катание на водных лыжах, гребля на лодках, катание на яхтах, любительская охота, любительское рыболовство), 28 подтипов, объединяющих группы видов по их числу и сочетанию, и 4 типа (непригодный для использования, монофункциональный, ограниченно полифункциональный, полифункциональный), интегрирующие различные варианты подтипов (табл. 1).

Таблица 1. Типология профилирующих видов водной рекреации и туризма [7]

Тип ТРИ	Количество видов ТРИ	Подтип ТРИ	Структура профилирующих видов ТРИ
Непригодный	Отсутствие	1.1	Отсутствует
Монофункциональный	1	2.1	Любительское рыболовство
		2.2	Любительская охота
		2.3	Гребля на лодках
Ограниченно-полифункциональный	2	3.1	Любительское рыболовство, любительская охота
		3.2	Катание на яхтах, любительская охота
		3.3	Катание на яхтах, любительское рыболовство
		3.4	Гребля на лодках, любительская охота
		3.5	Гребля на лодках, любительское рыболовство
		3.6	Подводное плавание, гребля на лодках
	3	3.7	Купание, гребля на лодках, любительское рыболовство
		3.8	Подводное плавание, любительское рыболовство, любительская охота
		3.9	Гребля на лодках, любительское рыболовство, любительская охота
		3.10	Катание на яхтах, гребля на лодках, любительская охота
		3.11	Подводное плавание, гребля на лодках, любительское рыболовство
		3.12	Купание, любительское рыболовство, любительская охота
		3.13	Катание на яхтах, любительское рыболовство, любительская охота
		3.14	Купание, гребля на лодках, любительская охота

Окончание табл. 1

Тип ТРИ	Количество видов ТРИ	Подтип ТРИ	Структура профилирующих видов ТРИ
Полифункциональный	4	4.1	Купание, гребля на лодках, любительское рыболовство, любительская охота
		4.2	Купание, подводное плавание, гребля на лодках, любительское рыболовство
		4.3	Подводное плавание, гребля на лодках, любительское рыболовство, любительская охота
		4.4	Катание на яхтах, гребля на лодках, любительское рыболовство, любительская охота
		4.5	Купание, подводное плавание, любительское рыболовство, любительская охота
	5	4.6	Купание, подводное плавание, гребля на лодках, любительское рыболовство, любительская охота
		4.7	Катание на яхтах, катание на водных лыжах, гребля на лодках, любительское рыболовство, любительская охота
		4.8	Подводное плавание, катание на яхтах, гребля на лодках, любительское рыболовство, любительская охота
	6	4.9	Купание, подводное плавание, катание на яхтах, гребля на лодках, любительское рыболовство, любительская охота
	7	4.10	Купание, подводное плавание, катание на водных лыжах, катание на яхтах, гребля на лодках, любительское рыболовство, любительская охота

В структурном отношении согласно результатам комплексной оценки ПТРП 372 участков 166 рек Беларуси выделено 4 типа их пригодности для водных видов рекреации и туризма: непригодный тип представлен 1 подтипом; монофункциональный с 3 подтипами; ограниченно-полифункциональный с 14 подтипами; полифункциональный с 10 подтипами.

Следует отметить, что типология профилирующих видов ТРИ участков рек является рамочной и после ее адаптации к условиям других стран может быть применена для определения специализации природного потенциала водных артерий для водных видов рекреации и туризма.

Типизация участков рек Беларуси по специализации их природного туристско-рекреационного потенциала. Апробация типологии профилирующих видов ТРИ участков рек по пригодности их природного потенциала позволила выявить их профиль в разрезе «вид – подтип – тип» ТРИ на полимасштабном уровне, а также установить закономерности и особенности распределения указанных таксонов на локальном, региональном и страновом уровнях.

Результаты типизации участков рек на локальном уровне открыли возможность идентификации туристско-рекреационной специализации природного потенциала 372 участков 166 рек и послужили основой для функционального зонирования рек, а также для установления соответствия между количественными значениями оценки природного потенциала рек для ТРИ и степенью его качественной пригодности. Были определены четыре ступени шкалы такого соотношения: непригодный тип с минимальным природным потенциалом для ТРИ; монофункциональный – с низким; ограниченно-полифункциональный – со средним; полифункциональный – с высоким (рис. 2).

Типизация 372 участков 166 рек по их туристско-рекреационной специализации показала, что главные реки страны и их притоки 1-го порядка имеют высокую степень пригодности природного потенциала и благоприятны для реализации до 7 и до 6 профилирующих видов водной рекреации и туризма соответственно. В то же время природный потенциал притоков 2-го порядка характеризуется средней степенью туристско-рекреационной пригодности и может быть использован преимущественно для 3 профилирующих видов водной рекреации и туризма.

При этом для главных рек (р. Днепр и др.) и их притоков 1-го порядка (р. Сож и др.) характерно увеличение уровня насыщенности профилирующими видами от истока к среднему течению реки с последующим расширением видового разнообразия к устью при условии сохранения надлежащего качества вод, что подтверждается данными табл. 2. Это связано с тем, что верховья рек отличаются незначительными морфометрическими параметрами русла, что ограничивает возможность их использования для подводного плавания, катания на яхтах и водных лыжах. Увеличение количества профилирующих видов ТРИ на участках рек в среднем течении происходит за счет купания и/или подводного плавания, обеспечиваемых наличием достаточных морфометрических показателей акватории, а для катания на яхтах, водных лыжах, реже для гребли на лодках – при судоходных параметрах русла, необходимых для обеспечения безопасности и маневренности технических средств

передвижения. Для притоков главных рек 2-го порядка (р. Бася и др.) характерен более узкий набор видов ТРИ, представленных преимущественно любительским рыболовством, любительской охотой и греблей на лодках.

Таблица 2. Фрагмент структуры профилирующих видов туристско-рекреационного использования участков рек Могилёвской и Гомельской областей на локальном уровне

Река	Номер участка и его местоположение	Профилирующие виды рекреации и туризма
Днепр	Участок 198 (Шкловский р-н) – верхнее течение реки	Гребля на лодках
	Участок 205 (Могилевский р-н) – среднее течение реки	Гребля на лодках; любительское рыболовство; любительская охота
	Участок 278 (Брагинский р-н) – нижнее течение реки	Купание; подводное плавание; катание на водных лыжах; Гребля на лодках; катание на яхтах; любительское рыболовство; любительская охота
Сож	Участок 382 (Кричевский р-н) – среднее течение реки	Катание на яхтах; любительское рыболовство
	Участок 386 (Славгородский р-н) – нижнее течение реки	Катание на яхтах; любительское рыболовство; любительская охота
Бася	Участок 54 (Горецкий р-н) – среднее течение реки	Любительское рыболовство
	Участок 194 (Дрибинский р-н) – нижнее течение реки	Гребля на лодках; любительское рыболовство; любительская охота

Для картографического отражения туристско-рекреационной специализации участков рек на локальном уровне как практико-ориентированного результата качественной оценки их природного потенциала и типизации по профилирующим видам-подтипам-типам использовался метод функционального зонирования русла, позволивший установить закономерности и особенности их ТРИ в зависимости от статуса реки (главные реки, их притоки 1-го или 2-го порядка) (рис. 3).

Таким образом, для всех рек выявлена закономерность роста количества видов ТРИ природного потенциала в направлении от истока к устью, которая проявляется в увеличении уровня насыщенности акватории водными видами рекреации и туризма при условии сохранения качества вод. При этом уровень пригодности природного потенциала зависит от статуса реки и определяется количеством возможных видов ТРИ, а также их структурой. Так, главные реки располагают природными условиями преимущественно для всех видов ТРИ (катание на водных лыжах возможно только на реках Витебской и Гомельской обл.). Притоки главных рек обладают более ограниченным природным потенциалом, что проявляется в сокращении количества профилирующих видов до 6 видов ТРИ для притоков 1-го порядка (невозможно катание на водных лыжах, ограничены катание на яхтах и подводное плавание) и до 3 видов – для притоков 2-го порядка (доминируют любительское рыболовство, любительская охота, гребля на лодках).

На региональном уровне максимальный удельный вес участков рек во всех областях приходится на ограниченно-полифункциональный тип (от 61,2 % в Гродненской обл. до 95,9 % в Минской обл.), минимальный – на непригодный тип (от 0,0 % в Витебской, Гомельской, Минской обл. до 3,8 % в Могилёвской обл.) при медианном положении доли участков рек монофункционального (от 7,9 % в Могилёвской обл. до 25,7 % в Гомельской обл.) и полифункционального (от 4,0 % в Брестской обл. до 20,9 % в Гомельской обл.) типов. Результаты исследования структуры типов ТРИ позволили выявить во всех областях прямую зависимость между ростом количества видов и долей участков рек с пригодным для них природным потенциалом на главных реках и обратную связь между данными показателями на притоках рек 1-го и 2-го порядков. Такая закономерность объясняется низким удельным весом главных рек в областях и высоким – их притоков 1-го и 2-го порядков.

Анализ макроструктуры типов ТРИ природного потенциала участков рек на этом уровне позволил выявить тенденцию роста доли пригодных участков от непригодного к ограниченно-полифункциональному, сменяющемуся на снижение их процента при переходе к полифункциональному типу.

При географической интерпретации распределения типов ТРИ в разрезе регионов установлена ее чрезвычайная неоднородность, носящая центр-периферический характер, который проявляется в увеличении количества типов от минимума (2 типа) на участках рек в зоне водораздела Минской обл. до максимума (4 типа) на водотоках в Брестской, Гродненской и Могилёвской обл. При этом на реках Брестской, Гродненской и Могилёвской обл. присутствуют все 4 типа, в Витебской и Гомельской обл. – 3 (отсутствует непригодный тип), в Минской обл. – 2 типа (нет непригодного и монофункционального типов). Отсутствие на реках Витебской, Гомельской и Минской обл. непригодного типа

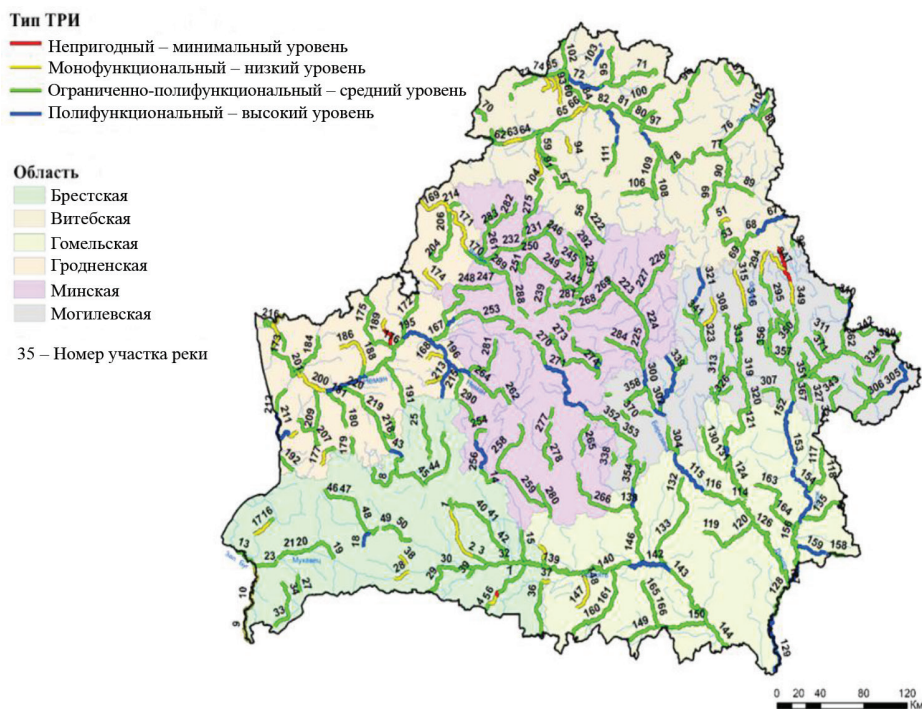


Рис. 2. Функциональное зонирование рек по пригодности их природного потенциала для типов туристско-рекреационного использования [3]

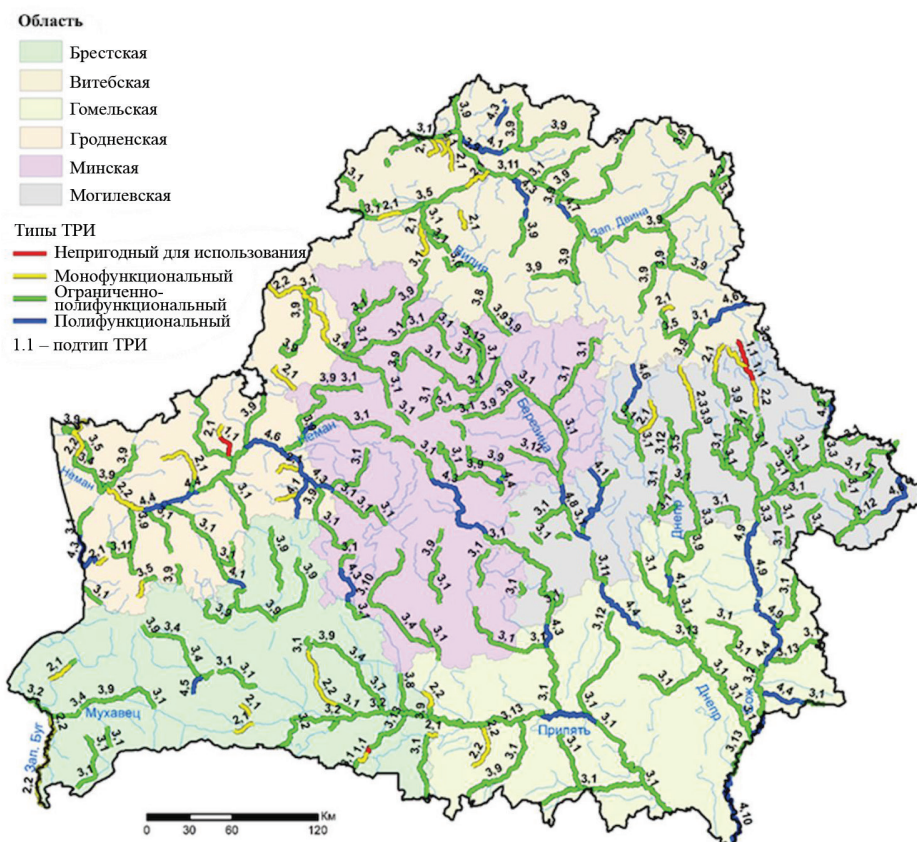


Рис. 3. Распределение участков рек Беларуси по структуре типов и подтипов туристско-рекреационного использования [3]

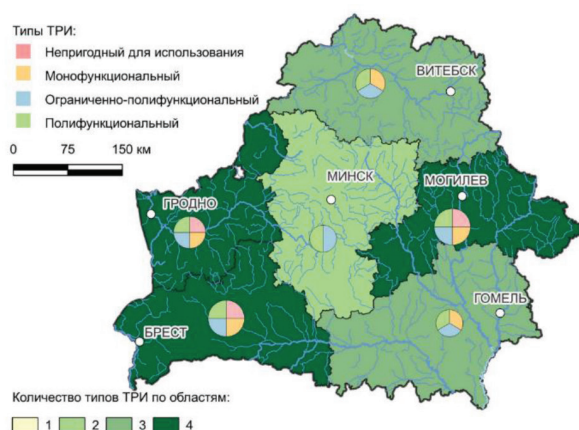


Рис. 4. Распределение типов туристско-рекреационного использования природного потенциала рек на региональном уровне

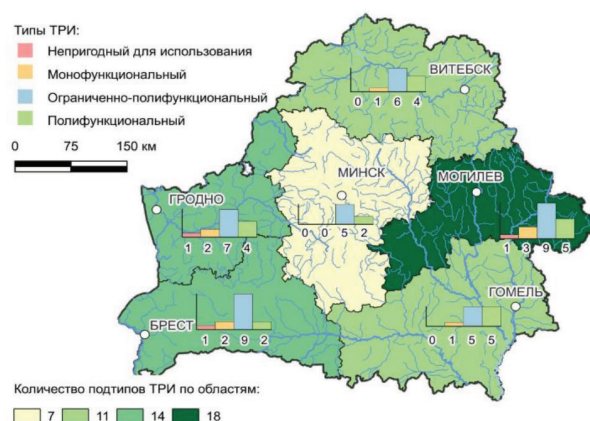


Рис. 5. Распределение подтипов туристско-рекреационного использования природного потенциала рек на региональном уровне

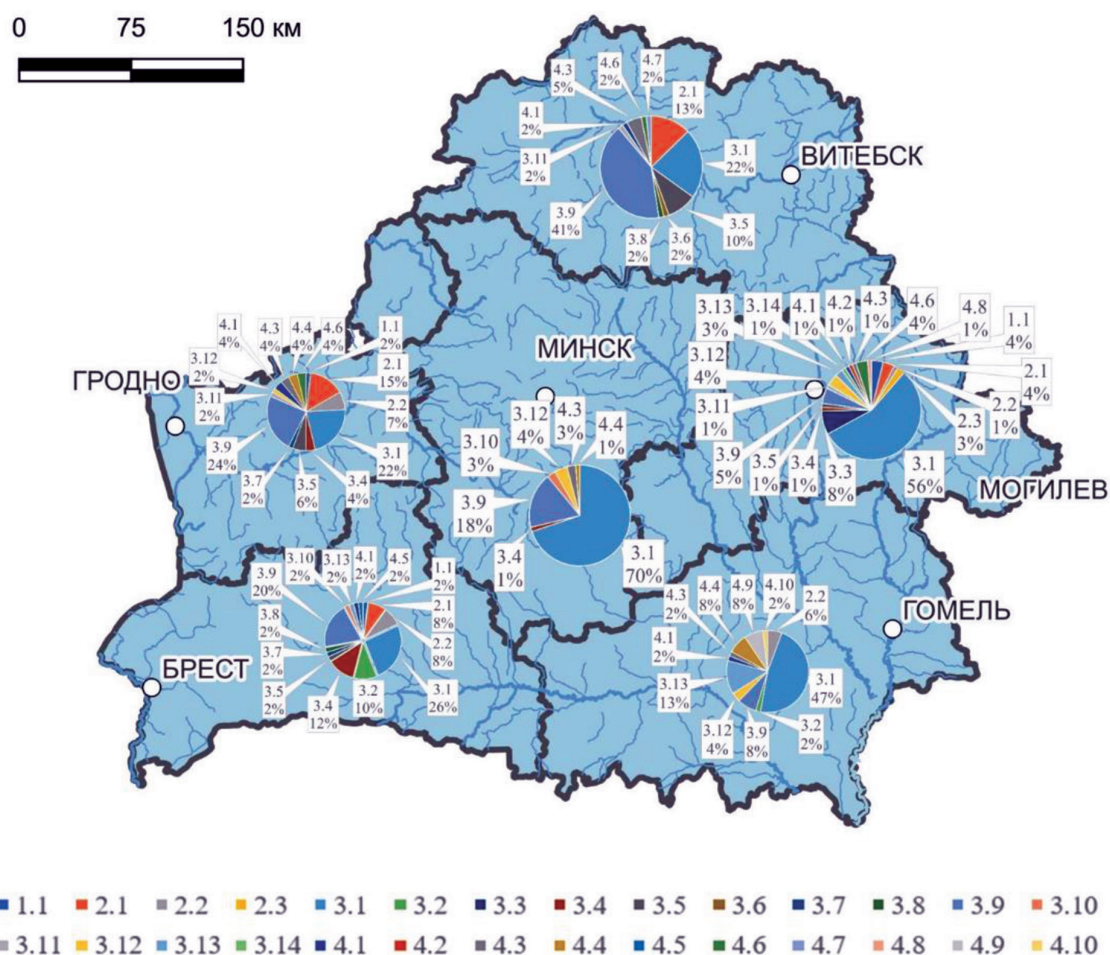


Рис. 6. Структура и география подтипов туристско-рекреационного использования природного потенциала рек на региональном уровне

ТРИ свидетельствует о возможности полного использования их природного потенциала для водных видов ТРИ (рис. 4).

На региональном уровне макроструктура подтипов ТРИ на участках рек и их география зависят как от сочетания количества, так и спектра видов их ТРИ, значительно варьируя в разрезе областей. Так, установлена закономерность увеличения количества подтипов ТРИ от минимума (7 подтипов) в Минской обл. до максимума (18 подтипов) в Могилёвской обл. при медианном положении Брестской и Гродненской обл. (по 14 подтипов в каждой), Витебской и Гомельской обл. (по 11 подтипов в каждой) (рис. 5).

Закономерности распределения структуры подтипов ТРИ на этом территориальном уровне проявляются в превалировании 2 подтипов на участках рек всех областей, а особенности – в наличии 5 эксклюзивных подтипов в Могилёвской обл., 2 неидентичных подтипов – в Витебской и Гомельской обл., 1 подтипа – в Брестской обл. В частности, к таким уникальным, не повторяющимся на участках рек других областей подтипам относятся: 2.3, 3.3, 3.14, 4.2, 4.8 – в Могилёвской обл., 3.6–4.7 – в Витебской обл., 4.9 и 4.10 – в Гомельской обл., 4.5 – в Брестской обл. (табл. 1, рис. 6).

На страновом уровне доминирующим типом ТРИ рек является ограниченно-полифункциональный тип (78,6 %), процент участков полифункционального и монофункционального типов соответственно составляет 10,2 и 9,9 %. Доля участков рек с непригодным типом незначительна и равна 1,3 %.

Анализ структуры типов ТРИ в стране позволил выявить закономерность их распределения, заключающуюся в наличии двух диаметрально противоположных тенденций, проявляющихся в росте доли участков рек с пригодным природным потенциалом при расширении количества возможных на них видов ТРИ от 0 до 2–3 и в снижении удельного веса таких участков при увеличении числа видов ТРИ до 4–7.

Географическая интерпретация распределения типов в разрезе областей страны показала наличие процента участков рек, обладающих ограниченно-полифункциональным типом ТРИ во всех областях, полифункциональным и монофункциональным профилями – в 5 областях (исключая Минскую обл.), непригодным типом – в 3 областях (Брестская, Гродненская, Могилёвская). При этом установлено, что распределение типов ТРИ на страновом уровне носит центр-периферический характер. Он проявляется в увеличении количества типов ТРИ от 2 на реках Минской обл. до 4 – в Брестской, Гродненской и Могилёвской обл. при медианном положении водотоков Витебской и Гомельской обл., на которых зафиксировано 3 типа ТРИ.

Закономерности распространения подтипов ТРИ на этом уровне обусловлены наличием 10 общих подтипов ТРИ в одной области, 5 неидентичных подтипов – одновременно в 3 и 4 областях, 4 подтипов – в 2 областях, 2 разных подтипов – соответственно в 5 и 6 областях страны. Это связано как с разным количеством объектов исследования в областях (главных рек и их притоков 1-го и 2-го порядков), так и с дифференцированной структурой целевых показателей, определяющих медико-биологические, технические и эстетические условия для безопасной реализации различных подтипов ТРИ на участках рек.

Результаты типизации участков рек по специализации их ПТРП на полимасштабном уровне стали базисом для создания картографической информационной системы комплексной туристско-рекреационной оценки рек Беларуси и позволили сформировать научно-практическую основу для стратегии развития водного туризма на реках страны как одного из перспективных направлений развития внутреннего туризма в республике.

Заключение. Структура типологии профилирующих видов ТРИ природного потенциала рек состоит из трех таксонов «профилирующий вид – тип – подтип». При этом 7 видов (купание, подводное плавание, катание на водных лыжах, гребля на лодках, катание на яхтах, любительское рыболовство, любительская охота), 28 подтипов выделены по структуре и спектру видов, 4 типа (непригодный для использования, монофункциональный, ограниченно-полифункциональный и полифункциональный) – по разнообразию и сочетанию подтипов [6, 7].

Результаты типизации 372 участков 166 рек Беларуси по специализации их ПТРП на полимасштабном уровне позволили выявить, что доминирующим типом ТРИ рек как на региональном, так и страновом уровне является ограниченно-полифункциональный тип (78,6 %), доля участков полифункционального и монофункционального типов составляет соответственно 10,2 и 9,9 %, а участков рек с непригодным типом туристско-рекреационного использования равна 1,3 %. Установлено, что количество подтипов ТРИ изменяется от минимума (7 подтипов) до максимума (18 подтипов).

Кроме того, выявлены закономерности распространения профилирующих видов ТРИ природного потенциала участков рек на локальном уровне, подтипов и типов – на локальном, региональном, страновом уровнях. На локальном уровне доминируют участки рек с 2–3 профилирующими видами рекреации и туризма. На региональном уровне зафиксирован избирательный характер распределе-

ния типов ТРИ по областям при наличии всех 4 типов на реках Брестской, Гродненской и Могилёвской обл., 3 типов (нет непригодного типа) – в Витебской и Гомельской обл., 2 типов (нет непригодного и монофункционального типов) – в Минской обл. Идентифицирована значительная вариативность количества подтипов на участках рек в областях: от 18 подтипов в Могилёвской обл. до 7 – в Минской обл. На страновом уровне закономерность распределения типов ТРИ заключается в наличии двух диаметрально противоположных тенденций, проявляющихся в росте доли участков с пригодным природным потенциалом при расширении количества возможных на них видов ТРИ от 0 до 2–3 и в снижении удельного веса таких участков при увеличении числа видов ТРИ до 4–7.

Список использованных источников

1. Блакітная кніга Беларусі. Энциклапедыя (Водныя аб'екты Беларусі). – Минск: Беларус. Энцыкл. імя Петруся Броўкі, 1996. – 416 с.
2. Туризм и туристические ресурсы Республики Беларусь 2023: стат. сборник / Нац. статист. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2023. – 28 с.
3. Шевцова, Н. С. Научно-методический комплекс полимасштабного изучения и оценки туристско-рекреационного природного потенциала рек Беларуси / Н. С. Шевцова // Природные ресурсы. – 2022. – № 2. – С. 24–37.
4. Шевцова, Н. С. Теоретико-методологические основы полимасштабного изучения и оценки туристско-рекреационного природного потенциала рек / Н. С. Шевцова // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – 2022. – Т. 39. – С. 99–122.
5. Шевцова, Н. С. Природный туристско-рекреационный потенциал рек Республики Беларусь: методика комплексной полимасштабной оценки, профилирующие виды использования и лимитирующие факторы / Н. С. Шевцова // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – 2022. – Т. 41. – С. 118–139.
6. Шевцова, Н. С. Туристско-рекреационный природный потенциал рек Беларуси: география и оптимизация инфраструктуры: монография / Н. С. Шевцова. – Минск: БГУ, 2020. – 350 с.
7. Шевцова, Н. С. Типизация рек Беларуси по структуре профилирующих видов водного туризма и отдыха / Н. С. Шевцова, А. В. Пахомов // Туризм и региональное развитие: науч. тр. X Междунар. науч.-практ. конф., 12–13 окт. 2017 г., Смоленск / Смоленск. гос. ун-т. – Смоленск, 2017. – С. 226–234.

Поступила 28.01.2025