

ISSN 2221-9927

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В. Ф. КУПРЕВИЧА
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»

ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

БОТАНИКА

(ИССЛЕДОВАНИЯ)

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Выпуск 53

Издается с 1959 года

Входит в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по биологической отрасли науки (ботаника, экология, физиология и биохимия растений)

Включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

*Полнотекстовая электронная версия сборника размещается на сайте
<https://botany.by>*

Минск, 2024

Ботаника (исследования): сборник научных трудов / Национальная академия наук Беларуси, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Ботаническое общество. – Минск, 2024. – Выпуск 53. – 332 с. – ISSN 2221-9927.

Научные редакторы:

академик НАН Беларуси, доктор биологических наук *Н. А. Ламан*
академик НАН Беларуси, доктор биологических наук *В. И. Парфенов*

Редакционная коллегия:

- Ламан Н. А.* – академик НАН Беларуси, доктор биологических наук,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
- Парфенов В. И.* – академик НАН Беларуси, доктор биологических наук,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
- Крестов П. В.* – член-корреспондент РАН, доктор биологических наук,
Ботанический сад-институт Дальневосточного отделения РАН (Владивосток, Россия)
- Лукина Н. В.* – член-корреспондент РАН, доктор биологических наук,
Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (Москва, Россия)
- Прохоров В. Н.* – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
- Титок В. В.* – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук,
Центральный ботанический сад НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
- Аверина Н. Г.* – доктор биологических наук, профессор,
Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
- Виноградова Ю. К.* – доктор биологических наук, профессор,
Главный ботанический сад имени Н. В. Цицина РАН (Москва, Россия)
- Гельтман Д. В.* – доктор биологических наук, профессор,
Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург, Россия)
- Гурина Н. С.* – доктор биологических наук, профессор,
Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)
- Родькин О. И.* – доктор биологических наук,
Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова БГУ
(Минск, Беларусь)
- Семенецков Ю. А.* – доктор биологических наук, профессор,
Брянский государственный университет имени акад. И. Г. Петровского (Брянск, Россия)
- Ситпаева Г. Т.* – доктор биологических наук,
Институт ботаники и фитоинтродукции Республики Казахстан (Алма-Аты, Казахстан)
- Груммо Д. Г.* – кандидат биологических наук, доцент,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
- Пугачевский А. В.* – кандидат биологических наук,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
- Цвирко Р. В.* – кандидат биологических наук,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
- Беломесяцева Д. Б.* – кандидат биологических наук,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
- Зеленкевич Н. А.* – кандидат биологических наук,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

Ответственный секретарь:

кандидат биологических наук *Т. А. Будкевич*

© Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, 2024

ISSN 2221-9927

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

STATE SCIENTIFIC INSTITUTION

“V. F. KUPREVICH INSTITUTE OF EXPERIMENTAL BOTANY OF
THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS”

SOCIAL ASSOCIATION “BOTANICAL SOCIETY”

BOTANY

(RESEARCH)

COLLECTION OF SCIENTIFIC TRANSACTIONS

Issue 53

Published since 1959

*Included to the Scientific Publications List in the Republic of Belarus of the publishing
dissertation research results at the biological science branch
(botany; ecology; plants physiology and biochemistry)*

Included in the Russian Science Citation Index (RSCI) database

The full-text e-copy see on the website <https://botany.by>

Minsk, 2024

Botany (research): collection of scientific transactions / National Academy of Sciences of Belarus, Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus, Botanical Society. – Minsk, 2024. – Issue 53. – 332 p. – ISSN 2221-9927.

Scientific editors:

N. A. Laman (Academician, D. Sc. (Biology), Professor)
V. I. Parfenov (Academician, D. Sc. (Biology), Professor)

Editorial board:

N. A. Laman – Academician, D. Sc. (Biology), Professor,
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
V. I. Parfenov – Academician, D. Sc. (Biology), Professor,
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
P. V. Krestov – Corresponding Member, D. Sc. (Biology),
Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the RAS (Vladivostok, Russia)
N. V. Lukhyna – Corresponding Member, D. Sc. (Biology),
Center for Forest Ecology and Productivity of the RAS (Moscow, Russia)
V. N. Prokhorov – Corresponding Member, D. Sc. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
V. V. Titok – Corresponding Member, D. Sc. (Biology),
Central Botanical Garden of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
N. G. Averina – D. Sc. (Biology), Professor,
Institute of Biophysics and Cell Engineering of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
Yu. K. Vynogradova – D. Sc. (Biology), Professor,
N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the RAS (Moscow, Russia)
D. V. Heltman – D. Sc. (Biology), Professor,
V.L. Komarov Botanical Institute of the RAS Russia (Saint-Petersburg, Russia)
N. S. Huryna – D. Sc. (Biology), Professor,
Belarusian State Medical University Belarus (Minsk, Belarus)
O. I. Rodkin – D. Sc. (Biology),
International Sakharov Environmental Institute of BSU (Minsk, Belarus)
Yu. A. Semenishchenkov – D. Sc. (Biology), Professor,
I.G. Petrovsky Bryansk State University Russia (Bryansk, Russia)
G. T. Sytpaeva – D. Sc. (Biology),
Institute of Botany and Phytointroduction of Kazakhstan (Alma-Ata, Kazakhstan)
D. G. Grummo – Ph. D. (Biology), assistant professor,
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus
A.V. Puhachevsky – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus
R. V. Tsvirko – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus
D. B. Belomesyatseva – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus
N. A. Zeliankevich – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus

Executive Secretary:

T. A. Budkevich – Ph. D. (Biology)

© Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus, 2024

Address: Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus, 27, Akademicheskaya str., 220072, Minsk, Belarus. Fax: +375 (17) 322 18 53, tel. + 375 (17) 374 00 27, e-mail: nan.botany@yandex.by

СОДЕРЖАНИЕ

ФЛОРА И СИСТЕМАТИКА

- В. Н. Петров*
Таксономическая и эколого-географическая структура комплексов диатомовых водорослей бентоса дистрофных озер Белорусского Поозерья 11
- К. Л. Савицкая*
Структура флоры водоемов и водотоков Пуховичской равнины 28
- К. Л. Савицкая, М. А. Джус*
Роголистник полупогруженный (*Ceratophyllum submersum* L., Ceratophyllaceae) в Беларуси: история изучения, распространение, фитоценологическая приуроченность 38
- В. Г. Ярмош, В. Б. Звягинцев*
Состояние старовозрастных древесных насаждений в исторических парках Белорусского Полесья . 50

ФИТОЦЕНОЛОГИЯ

- И. Н. Вершицкая, А. В. Пугачевский, М. В. Ермохин, В. В. Лукин, Т. Л. Барсукова, Н. В. Кныш, С. А. Комар, Я. К. Игнатьев*
Редкие лесные биотопы Беларуси: особенности структуры и распространения 59
- Д. Г. Груммо*
Научные основы, методология и результаты пространственного изучения растительного покрова Беларуси с использованием данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий 72
- Н. В. Гудная, А. Н. Мялик, Т. Г. Кулагина, В. В. Туток*
Генетическое разнообразие популяций пыльцеголовника длиннолистного (*Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch) в Беларуси 114
- А. Ю. Комар, М. В. Ермохин, А. У. Суднік*
Сукцэсія і стан фітацэнозаў хвой звычайнай (*Pinus sylvestris* L.) у межах лясных асушальных сістэм (на прыкладзе заказніка «Налібоцкі») 123
- Е. В. Мойсейчик*
Растительность класса *Lemnetea* трансформированных малых водотоков бассейна р. Припять 139
- М. М. Мотыль, С. К. Бакей*
Риск расширения инвазионного ареала робинии лжеакации (*Robinia pseudoacacia* L.) в средней части Беларуси 152

ЭКОЛОГИЯ ПРИРОДНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

- Ю. И. Высоцкий, Л. М. Мерзвинский, А. Б. Торбенко, И. М. Морозов, С. Э. Латышев, В. В. Латышева*
Инвазия *Heracleum sosnowskyi* Manden. В Браславском районе Витебской области 159
- Н. Д. Грищенкова, И. А. Рудаковский*
Экологическое состояние озер в заказнике республиканского значения «Красный Бор» 169
- А. Н. Никитин, О. А. Шуранкова, Е. В. Мищенко, Г. А. Леферд, Д. В. Сухарева, Е. В. Солоненко, С. А. Калиниченко*
Особенности накопления ¹³⁷Cs в стволовой древесине и коре сосны и березы в белорусском секторе зоны отчуждения Чернобыльской АЭС 180
- Г. Г. Сушко, О. И. Хохлова, А. А. Лакотко, Т. Н. Сушко*
Влияние структуры травяно-кустарничкового яруса на разнообразие и биотопическое распределение жесткокрылых насекомых (Insecta, Coleoptera) в сосновых лесах Белорусского Поозерья 189

МИКОЛОГИЯ И ФИТОПАТОЛОГИЯ

Д. Б. Беломесяцева, В. Б. Звягинцев, Т. Г. Шабашова, А. Г. Прохорова Инвазивные дендропатогены в составе микобиоты Национального парка «Припятский»	200
Д. Б. Беломесяцева, Е. О. Короленя-Баранская, М. Г. Синявская, Т. Г. Шабашова <i>Gemmatusces piceae</i> (Borthw.) Casagr. – инвазивный возбудитель инфекционного почернения почек и побегов видов ели	208
С. И. Кориняк, Н. Л. Белоусова, Г. С. Бородич Особенности поражения сортовых ирисов в коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси фитопатогенными грибами	214
Е. Л. Мороз, Ю. К. Новожилов Биота миксомицетов в лесах Национального парка «Нарочанский»	220
А. К. Храмов, И. А. Федюшко Морфолого-биологические особенности и распространение мучнисторосяного гриба <i>Erysiphe sedi</i> U. Braun в Беларуси	239

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

Н. А. Еловская, Ж. Н. Калацкая, А. Ф. Судник, К. С. Гилевская, В. В. Николайчук, В. И. Куликовская Реакция формирующихся из микроклонов растений картофеля (<i>Solanum tuberosum</i> L.) на обработку конъюгатом хитозан-кофейная кислота	248
О. А. Иванов, Н. А. Шевцов, Е. Д. Василевская, В. И. Домаш Особенности накопления осмолитов в сеянцах ели обыкновенной (<i>Piceae abies</i> (L.) H. Karst.) с различной устойчивостью к водному дефициту	257
Я. С. Камельчук, Н. А. Ламан Влияние микоризации микроклонов <i>Vaccinium corymbosum</i> L. на их адаптацию к условиям <i>ex vitro</i> ..	263
К. Р. Кем, Н. А. Ламан О возможном эпигенетическом механизме влияния brassinостероидов на физиолого-биохимические процессы в растениях	268
Ж. А. Рупасова, Н. Б. Криницкая, К. А. Добрянская, В. С. Задаля, Д. О. Сулим, Н. Б. Павловский, О. В. Дрозд, П. Н. Белый Влияние погодных условий на накопление органических кислот и углеводов в плодах новых интродуцируемых сортов голубики высокорослой (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	275

БОТАНИЧЕСКИЕ НАХОДКИ

Д. В. Дубовик, Л. М. Мерзвинский Ленец альпийский (<i>Thesium alpinum</i> L., Santalaceae) – новый аборигенный вид во флоре Беларуси ...	284
Д. В. Дубовик, С. С. Савчук, А. Н. Скуратович Паслен подражающий (<i>Solanum emulans</i> Raf., Solanaceae) – новый адвентивный вид во флоре Беларуси	288
Д. В. Дубовик, А. П. Сухоруков Два новых вида марей (<i>Chenopodium</i> L., Chenopodiaceae) для флоры Беларуси	292
М. И. Лошенко Палеоботанические материалы с памятников археологии Могилёвской области Беларуси	297

ЮБИЛЯРЫ

Надежда Андреевна БУРТЫС (к 95-летию со дня рождения)	306
Галина Ивановна КАБАШНИКОВА (к 80-летию со дня рождения)	308

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

Степан Павлович МЕЛЬНИК (1883–1938)	310
Анна Андреевна ЕЗУБЧИК (1904–1975)	312
Ефросинья Акимовна КРУГАНОВА (1914–1983)	314
Александр Аркадиевич ШЛЫК (1928–1984)	316
Ирина Александровна ДУДКА (1934–2017)	319

ХРОНИКА

О деятельности общественного объединения «Белорусское ботаническое общество» в 2023 г.	320
О результатах работы VI международной научной конференции «Мониторинг и оценка состояния растительного мира»	323
III международная научная конференция молодых учёных «Современные проблемы экспериментальной ботаники»	328
XIV Купревичские чтения: международная научная конференция «Проблемы экспериментальной ботаники»	329
<i>АННОТАЦИИ НОВЫХ КНИГ</i>	330
<i>ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ</i>	331

CONTENTS

FLORA AND SYSTEMATICS

<i>V. N. Petrov</i> Taxonomic and Ecological-Geographical Structure of Benthic Diatom Complexes of the Belarusian Poozerie Dystrophic Lakes	11
<i>K. L. Savitskaya</i> Flora Structure of the Pukhovichy Plain Waterbodies and Waterflows	28
<i>K. L. Savitskaya, M. A. Dzhus</i> Soft hornwort (<i>Ceratophyllum submersum</i> L., Ceratophyllaceae) in Belarus: the Studying History, Distribution, Phytocenology	38
<i>V. G. Yarmash, V. B. Zviagintsev</i> Old Wood Plantings Condition in the Belarusian Polesie Historical Parks	50

PHYTOCENOLOGY

<i>I. N. Vershitskaya, A. V. Puhacheuski, M. V. Yermokhin, V. V. Lukin, T. L. Barsukova, N. V. Knysh, S. A. Komar, YA. K. Ignatiev</i> Rare Forest Habitats in Belarus: Specifics of the Structure and Distribution	59
<i>D. G. Grummo</i> Scientific Foundations, Methodology and Results of Spatial Studying Belarus Vegetation Cover Using on Remote Sensing Data and GIS-technologies	72
<i>N. V. Hudnaya, A. N. Mialik, T. G. Kulahina, V. V. Titok</i> Genetic Variability of <i>Cephalanthera longifolia</i> (L.) Fritsch Populations in Belarus	114
<i>A. YU. Komar, M. V. Yermokhin, A. U. Sudnik</i> Successions and State of Scots Pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) Phytocenoses within Forest Drainage Systems (Case Study – Naliboksky Nature Reserve)	123
<i>E. V. Mojsejchik</i> The <i>Lemnetaea</i> Class Vegetation of Transformed Small Stream Courses in the Pripyat River Basin	139
<i>M. M. Motyl, S. K. Bakey</i> Risk of <i>Robinia pseudoacacia</i> L. Invasive Area Expanding in the Middle Part of Belarus	152

ECOLOGY OF NATURAL PLANT COMPLEXES

<i>Y. I. Vysotski, L. M. Merzhvinski, A. B. Torbenko, I. M. Morozov, S. E. Latyshau, U. V. Latyshava</i> <i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden. Invasion in the Braslav District of Vitebsk Region	159
<i>N. D. Hryshchankava, I. A. Rudakovski</i> Ecological Condition of Lakes in the National Significance Reserve «Krasny Bor»	169
<i>A. N. Nikitin, O. A. Shurankova, E. V. Mischanka, G. A. Leferd, D. V. Suchareva, E. V. Solonenko, S. A. Kalinichenko</i> Contamination with ¹³⁷ Cs of Pine and Birch Stemwood and Bark in the Belarusian Sector of the Chernobyl NPP Exclusion Zone	180
<i>G. G. Sushko, O. I. Khokhlova, A. A. Lakotko, T. N. Sushko</i> Herb-shrub Structure Influence on Diversity and Habitat Distribution of Beetles (Insecta, Coleoptera) in the Belarusian Lakeland Pine Forests	189

MYCOLOGY AND PHYTOPATOLOGY

<i>D. B. Belomesyatseva, V. B. Zviagintsev, T. G. Shabashova, A. G. Prokharava</i> Invasive Dendropathogens in the National Park "Pripyatsky" Mycobiota Composition	200
<i>D. B. Belomesyatseva, Ye. O. Korolenya-Baranskaya, M. G. Sinyavskaya, T. G. Shabashova</i> <i>Gemmamyces piceae</i> (Borthw.) Casagr. – Invasive Fungus that Causes the Blackening of Spruce Buds and Shoots	208
<i>S. I. Koriniak, N. L. Belousova, G. S. Borodich</i> The Features of Breeded Irises Infectious by Pathogen Fungi at the Collection in Central Botany Garden of NAS of Belarus	214
<i>E. L. Moroz, Ju. K. Novozhilov</i> Biota of Myxomycetes in Forests of National Park “Narochansky”	220
<i>A. K. Khramtsov, I. A. Fiadziushka</i> Morphological and Biological Features and Distribution of Powdery Mild Fungus <i>Erysiphe sedi</i> U. Braun in Belarus	239

PLANTS PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

<i>N. A. Yalousskaya, J. N. Kalatskaja, A. F. Sudnik, K. S. Hileuskaya, V. V. Nikalaichuk, V. I. Kulikovskaya</i> Response of Potato Plants (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Formed from Microclones to Treatment with a Conjugate of Chitosan and Caffeic Acid	248
<i>O. A. Ivanov, N. A. Shevtsov, E. D. Vasilevskaya, V. I. Domash</i> Osmolites Accumulation Features by Scotts Spruce (<i>Piceae abies</i> (L.) H. Karst.) Seedlings with Different Resistance to Water Deficiency	257
<i>Ya. S. Kamelchuk, N. A. Laman</i> The Influence of Mycorization of <i>Vaccinium corymbosum</i> L. Microclones on their Adaptation to <i>ex vitro</i> Conditions	263
<i>K. R. Kem, N. A. Laman</i> About the Possible Epigenetic Mechanism of Brassinosteroids Influence on Physiological and Biochemical Processes in Plants	268
<i>Zh. A. Rupasova, N. B. Krinitskaya, K. A. Dobryanskaya, V. S. Zadalja, D. O. Sulim, N. B. Pavlovsky, O. V. Drozd, P. N. Belyj</i> Weather Conditions Influence on the Organic Acids and Carbohydrates Accumulation in the Fruits of New Introduced Blueberry (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.) Varieties	275

BOTANICAL DISCOVERIES

<i>D. V. Dubovik, L. M. Merzhvinsky</i> Alpine Bastard-toadflax (<i>Thesium alpinum</i> L., Santalaceae) – a New Native Species in the Flora of Belarus	284
<i>D. V. Dubovik, S. S. Savchuk, A. N. Skuratovich</i> Imitating Nightshade (<i>Solanum emulans</i> Raf., Solanaceae) – a New Adventive Species in the Flora of Belarus	288
<i>D. V. Dubovik, A. P. Sukhorukov</i> Two New Records of Goosefoot Species (<i>Chenopodium</i> L., Chenopodiaceae) for the Flora of Belarus	292
<i>M. I. Loshenkov</i> Paleobotanic Materials from Archaeological Sites of Mogilev Region of Belarus	297

JUBILEE

Nadezhda Andreevna BURTYTS (95th Anniversary)	306
Galina Ivanovna KABASHNIKOVA (80th Anniversary)	308

MEMORABLE DATES

Stepan Pavlovich MELNIK (1883–1938)	310
Anna Andreevna EZUBCHIK (1904–1975)	312
Efrosinya Akimovna KRUGANOVA (1914–1983)	314
Alexander Arkadievich SHLYK (1928–1984)	316
Irina Aleksandrovna DUDKA (1934–2017)	319

CHRONICLE

Activities of the Public Association “Belarusian Botanical Society” in 2023	320
Results of the VI International Scientific Conference “Monitoring and Assessment of the Plant World State”	323
III International Scientific Conference of Young Scientists “Modern Problems of Experimental Botany”	328
XIV Kuprevich Lectures: International Scientific Conference “Problems of Experimental Botany”	329
<i>NEW BOOKS DESCRIPTIONS</i>	330
<i>REQUIREMENTS FOR AUTHORS</i>	331

ФЛОРА И СИСТЕМАТИКА FLORA AND TAXONOMY

УДК 582.26:581.55

В. Н. ПЕТРОВ

ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСОВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ БЕНТОСА ДИСТРОФНЫХ ОЗЕР БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: petrov.vl@tut.by*

Аннотация. Приводится информация о составе диатомовых водорослей бентоса дистрофных озер, приуроченных к верховым болотам «Ельня», «Азароново», «Болото Мох», «Корытенский мох». Проведен анализ таксономической и эколого-географической структуры диатомовых комплексов, а также встречаемости выявленных таксонов. По видам-индикаторам установлен индекс сапробности, находящийся в пределах от 0,24 до 0,89. Программная обработка данных (JUICE 7.1) выявила 5 кластеров с максимальным показателем сходства в 48%. Суммарное видовое богатство диатомей исследуемых озер составило 126 таксонов рангом ниже рода.

Ключевые слова: Bacillariophyta, верховое болото, Ельня, виды-индикаторы, встречаемость видов, статистический анализ.

V. N. PETROV

TAXONOMIC AND ECOLOGICAL-GEOGRAPHICAL STRUCTURE OF BENTHIC DIATOM COMPLEXES OF THE BELARUSIAN POOZERIE DYSTROPHIC LAKES

*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: petrov.vl@tut.by*

Annotation. Information is provided on the composition of diatoms in the benthos of dystrophic lakes confined to the raised bogs «Yelnya», «Azaronovo», «Boloto Mokh», «Korytensky Mokh». An analysis of the taxonomic and ecological-geographical structure of diatom complexes, as well as the occurrence of identified taxa, carried out. For indicator species, a saprobity index established, ranging from 0.24 to 0.89. Software processing of the data (JUICE 7.1) was carried out, which identified 5 clusters with a maximum similarity score of 48%. The total species richness of diatoms in the studied lakes was 126 taxa with a rank below the genus.

Keywords: Bacillariophyta, raised bog, Yelnya, indicator species, species occurrence, statistical analysis.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно схеме, приводимой А. В. Матвеевым на территории Республики Беларусь, принято выделять четыре геоморфологические области: Белорусское Поозерье, Центральнобелорусские краевые ледниковые возвышенности и гряды, Центральнобелорусские равнины и низины, Предполесье, Полесская низменность [1]. Указанная классификация основана на различиях в строении рельефа, вызванных тектоническими особенностями выделяемых областей и деятель-

ностью специфических рельефообразующих процессов, к числу которых относят воздействия оледенений [1]. Белорусское Поозерье расположено в северной части республики и занимает 4,1 млн га, что составляет 18,7% от общей территории Беларуси [2]. Основная его часть расположена в Витебской области. Южная граница данной геоморфологической области совпадает с максимальной границей распространения Поозерского ледника (проходит по условной линии

Скидель – Островец – Вилейка – Докшицы – озеро Шо – Лепель – озеро Селява – Орша) (рис. 1) [3]. Одной из характерных черт Белорусского Поозерья являются отрицательные формы рельефа – замкнутые западины, заполненные ледниковыми водами, спущенными ручьями и превращенные в болота [3].

Считается, что формирование верхового болота Ельня началось в древнем голоцене (в промежутке от 11700 до 8200 лет назад) [4, 5]. А озера болотного массива, дно которых выстлано сапропелем, являются примерами реликтовых для Беларуси остаточных водоемов дистрофного типа, возникших на месте приледникового озера [6–8].

Альгофлора олиготрофных болот характеризуется бедным видовым составом [9]. Неотъемлемым её представителем является группа диатомовых водорослей, занимающая по количеству видов одну из лидирующих позиций [9,10].

На сегодняшний день первым изданием, в котором приводятся виды водорослей, отмеченные и для территории Беларуси, можно считать вышедший в Гродно еще в 1781 г. первый том «Flora Litvanica inchoata...» под авторством Ж. Э. Жилибера [11]. А первой работой, которая содержит сведения о фитопланктоне дистрофных озер Беларуси выступает диссертация Т. М. Михеевой [12].

Сотрудниками НИЛ озераведения БГУ, проводившими комплексное лимнологическое обследо-

вание озер Беларуси, был сформирован промежуточный отчет за 1971–1972 гг. В него вошли и сведения о фитопланктоне двух озер заказника «Ельня». Фитопланктон озера Ельня оказался представлен 9 видами: 1 из группы синезеленые (*Microcystis pulverea* (H.C. Wood) Elenkin), 2 – диатомовые (*Melosira islandica* O.Müller), *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing), 3 – зеленые (наиболее часто встречаемый вид этой группы *Staurastrum paradoxum* Meyen), 3 – пиррофитовые (из рода *Cryptomonas* Ehrenberg). Средняя численность фитопланктона составила 2327,8 тыс. кл/л, биомасса 3,6 г/м³. По численности клеток доминировали синезеленые, по биомассе – зеленые водоросли. В фитопланктоне озера Черное было обнаружено всего 5 видов: 3 – из группы пиррофитовые (*Cryptomonas marssonii* Skuja, *Cryptomonas erosa* Ehrenberg, *Cryptomonas ovata* Ehrenberg), 1 – динофитовые (*Peridinium* Ehrenberg sp.), 1 – зеленые (*Staurastrum paradoxum* Meyen). Средние значения численности и биомассы были сформированы в основном за счет представителей пиррофитовых водорослей и составили соответственно 325 тыс. кл/л и 0,8 г/м³ [13].

В 1995 г. была опубликована первая для Беларуси научная статья, посвященная диатомовым водорослям озера дистрофного типа, окруженного верховым болотом [14]. В статье достаточно подробно проведен анализ выявленных экологических и географических групп, встречаемости

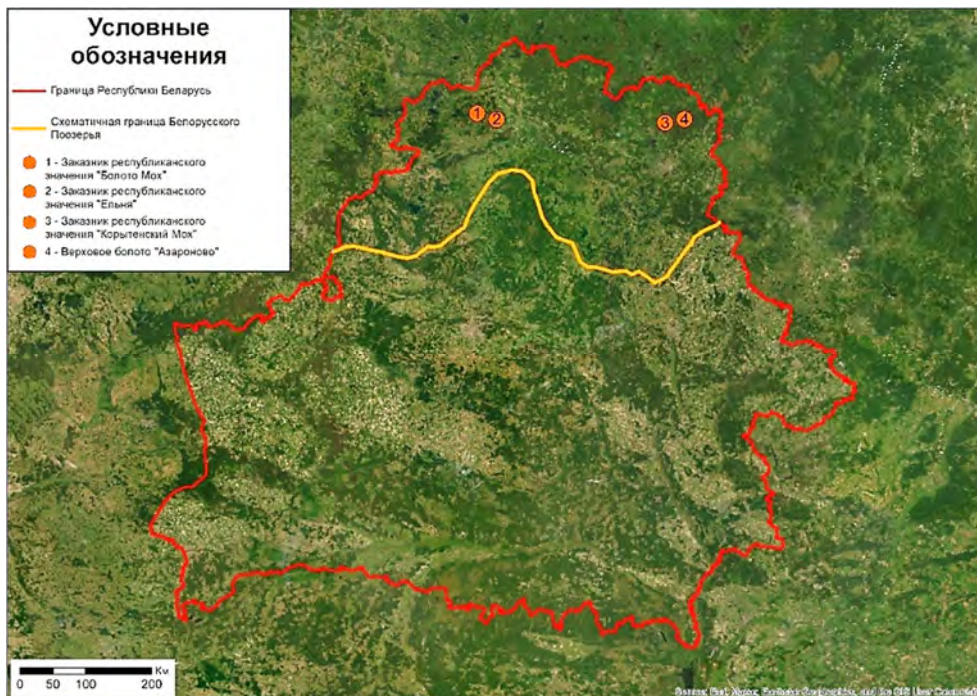


Рис. 1. Условная граница Белорусского Поозерья и схематическое расположение представленных в данной работе болот

Fig. 1. The conditional border of the Belarusian Poozerie and the schematic location of the mires presented in the paper

видов, а также отмечены сведения о сезонной динамике видов. В отобранных (в период 1989–1990 гг.) пробах планктона, обрастаний и наилка озера Пострежское А. А. Свирид было идентифицировано 96 видов диатомовых водорослей. Планктонные диатомеи (17 видов) составили 16,3% от общего числа, донные (28 видов) – 25,4%, обрастатели (64 вида) – 58,2%. По отношению к галобности преобладали виды индифференты – 78%. А остальные группы составили гораздо меньший процент: галофобы – 11%, галофилы – 5%, виды с невыясненной галобностью – 6%. Среди установленных групп по отношению к активной реакции среды наибольшей долей были представлены алкалофилы – 36,4%, индифференты составили – 23,6%, ацидофилы – 16%, алкалобионты – 4%. Распределение видов по географическим группам выявило преобладание видов-космополитов – 47%. Бореальные виды составили 34%, аркто-альпийские – 11,3%. Для 7,7% видов не удалось установить сведения об их распространении [14]. В 2006 г. под тем же авторством была издана публикация, в которой проведено детальное сравнение комплексов диатомовых водорослей двух разнотипных озер – Палик (среднеэвтрофное) и Пострежское, расположенных на территории Березинского биосферного заповедника [15].

В 2008 г. уже другими авторами (И. В. Митропольская и др.) была опубликована работа, посвященная изучению состава альгоценозов заказника «Ельня». В ней приводятся результаты изучения 11 проб сфагновых выжимок, отобранных в 5–8 повторностях из южной, западной и восточной частей болота. Всего было идентифицировано 47 родовых, видовых и внутривидовых таксонов водорослей, 17 из которых принадлежат к синезеленым водорослям, только 3 – к диатомовым (были определены до рода), 10 – к эвгленовым и 17 – к зеленым. Авторами было установлено, что изученные альгоценозы болота имеют достоверные различия видового состава и носят космополитический характер при доминировании β-мезосапробов, олигогалобов [16].

Обращает на себя внимание серия из трех работ опубликованная в период 2009–2012 гг. Т. А. Макаревич, в том числе и в соавторстве, в которых описаны характеристики альгофлоры болотных экосистем национального парка «Нарочанский» и новые ее представители для Беларуси. В публикации 2009 г. (Т. А. Макаревич, и Н. Г. Лесько) были описаны результаты, полученные в ходе исследования 35 проб, отобранных в июле 2006–2007 гг. из различных по трофности биотопов болот Черемшица, Белоголовье и заболоченных участков побережья Малого плеса оз.

Нарочь. В выявленном составе водорослей (235 видов и внутривидовых таксонов) исследованных болотных экосистем основная роль принадлежала отделам *Bacillariophyta* (44%), *Chlorophyta* (38%) и *Cyanophyta* – 11%. От общего числа доля планктонно-бентосных видов составила 26%, бентосных – 24%, планктонных – 17%, почвенных – 4%. От числа видов с известной географической характеристикой доминировали космополиты – 95,1%, по отношению к солености – олигогалобы (81,1%), по отношению к pH – индифференты (88,6%). Диатомовые водоросли доминировали в заболоченных участках побережья оз. Нарочь и болотном массиве Черемшица, десмидиевые – в болотном массиве Белоголовье, синезеленые – в озере Белоголовье. [17].

Под авторством Д. О. Степурко, А. Ю. Юркевич и Т. А. Макаревич в 2012 г. была издана публикация по итогам изучения альгологического материала, отобранного в июне 2010–2011 гг. из 28 разнотипных биотопов, расположенных вдоль трансекты, идущей от центра к краю болота Белоголовье. Из 120 выявленных низших определяемых таксонов в публикации приводится 14 ранее не отмечавшихся на территории Республики Беларусь. Среди них 2 представителя синезеленых водорослей (*Oscillatoria coerulescens* Gickelh, *Anabaena mucosa* Komarkova-Legnerova et Eloranta), 1 – криптофитовых (*Katablepharis hyalurus* Skuja), 1 – эвгленовых (*Cyclidiopsis acus* Korsch.). 10 – из отдела Зеленые водоросли (*Ulothrix moniliformis* Kütz.), (*Closterium baileanym* Bréb., *Cosmarium insertum* Schmidle, *C. subcucum* Schmidle, *Euastrum humerosum* Ralfs, *E. oblongum* (Grev.) Ralfs, *Micrasterias americana* (Ehr.) Ralfs, *M. jenneri* Ralfs var. *simplex*, *M. thomasiana* Arch., *M. truncata* (Corda) Bréb.) [18]. Во второй публикации 2012 г. Т. А. Макаревич приводила более детальные сведения о наиболее богатых таксономических рангах водорослей болота Белоголовье. Среди диатомовых по количеству видов были отмечены семейства *Naviculaceae* (26 видов), *Gomphonemataceae* (11), *Cymbellaceae* (10), *Nitzschiaceae* (10), *Fragilariaceae* (9) и *Achnantheaceae* (7). Наиболее богатые порядки зеленых водорослей *Desmidiaceae* и *Chlorococcales* были представлены 51 и 27 видами, соответственно. Среди выявленных родов десмидиевых водорослей ведущими оказались *Cosmarium* Corda ex Ralfs (25), *Closterium* Nitzsch. ex Ralfs (9) и *Staurastrum* Meyen emend Pal.-Mordv. (7), хлорококковых – *Scenedesmus* Meyen (10) и *Pediastrum* Meyen (5) [19].

Справочник «Водные ресурсы Национального парка «Нарочанский», изданный в 2012 г. содержит информацию и о 15 дистрофных озерах.

Наиболее подробная характеристика приводится для дистрофного озера Запортово, включающая основные сведения о составе его фитопланктона, представленного 14 видами из 6 отделов. В его структуре были выявлены 3 вида синезеленых водорослей (*Oscillatoria ornata* f. *planctonica* Elenkin впервые установлена для альгофлоры республики), 3 – криптофитовых, 1 – динофитовых, 3 – золотистых, 1 – диатомовых и 3 вида зеленых (2 – хлорококковых и 1 десмидиевых – *Staurastrum tetracerum* f. *trigonum* Nordstedt). Показатели численности и биомассы составили 10,32 млн кл/л и 3,41 мг/л соответственно [20].

Начиная с 2016 по 2023 гг. в наших публикациях, в том числе и в соавторстве, уделяется внимание теме разнообразия альгофлоры верховых болот Белорусского Поозерья. В основном работы посвящены выявленным в водоемах и водотоках верховых болот сообществам диатомовых водорослей и отдельным их представителям [21–30]. Результаты работы, посвященной видовому разнообразию диатомовых водорослей озера Таболки частично опубликованы в материалах конференции [26].

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для данной работы послужили пробы бентоса, собранные нами из 23-х озер, приуроченных к территориям четырех верховых болот (по одной пробе из каждого озера). Наибольшее количество проб отобрано в болоте «Ельня» – 20, и по 1-ой из «Болота Азароново», «Болота Мох» и «Корытенский Мох» (рис. 2, табл. 1). Озера в работе ранжированы по величине рН.

Во избежание путаницы, названия болотных массивов в данной работе приводятся в соответствии с названиями заказников, к которым они относятся: заказник «Болото Мох» – болото Мох, заказник «Ельня» – болото Ельня.

Болото «Азароново» (около 44,5 га) и северное ядро заказника «Корытенский Мох» (832 га) расположены в Городокском районе Витебской области. Заказник «Болото Мох» (4602 га) находится в Миорском районе и включает в себя, как и вышеупомянутые болотные массивы, лишь одно озеро. Заказник «Ельня», с более чем 100 озерами и озерами в своем составе, является самым большим верховым болотом в Республике Беларусь, его территория занимает 25301 га и располагается в двух административных районах Витебской области – Миорском и Шарковщинском [7].

Полевые и лабораторные работы проводили согласно общепринятым методам, описанным в

В последние годы исследование альгофлоры верховых болот Беларуси интенсифицировалось, однако этот вопрос останется актуальным еще продолжительное время. Данная работа дополняет предыдущие, в том числе и других авторов, посвященные видовому разнообразию водорослей водоемов и водотоков верховых болот Белорусского Поозерья. В ней впервые приводится сводный таксономический список диатомовых водорослей бентоса 23 дистрофных озер четырех верховых болот. Проведенный анализ расширяет наши знания об особенностях таксономической, эколого-географической структурах комплексов диатомовых водорослей бентоса, а также о нынешнем состоянии чистоты вод в исследуемых озерах. Полученная нами информация может послужить исходной для проведения дальнейших работ, направленных на изучение вопроса возможных изменений на территории болот, вызванных влиянием как природных, так и антропогенных факторов.

Цель данной работы – выявление особенностей структуры комплексов диатомовых водорослей бентоса дистрофных озер Белорусского Поозерья в градиенте закисленной среды.

литературе [31, 32]. Активную реакцию воды и электропроводность измеряли при помощи портативного рН-метра HANNA HI83141 и кондуктометра HANNA HI 9033, прозрачность – диска Секки. Постоянные препараты диатомовых водорослей просматривали на световом микроскопе Nikon ECLIPSE E200 с использованием иммерсионного объектива 100x / 1.25 Oil ∞/0.17 WD 0.23.

Идентификацию видов проводили по классическим и современным определителям, атласам, научным публикациям [31–38]. Эколого-географические характеристики видов, а также показатели оценки водных экосистем были приведены согласно справочной литературе [36, 39]. Виды и разновидности диатомей распределялись в соответствии с системой, размещенной на электронном ресурсе www.algaebase.org [40].

Сортировка и разбиение на группы по представленности и степени обилия видов было осуществлено при помощи программы JUICE 7.1. Построение карты-схемы распределения озер на группы по степени таксономического сходства комплексов диатомовых водорослей проводили с применением стандартного программного пакета ArcGIS 10.8.2. В программе PAST 4.13 были подсчитаны следующие индексы: Симпсона (Simpson_1-D), Бергера–Паркера (Berger-Parker).

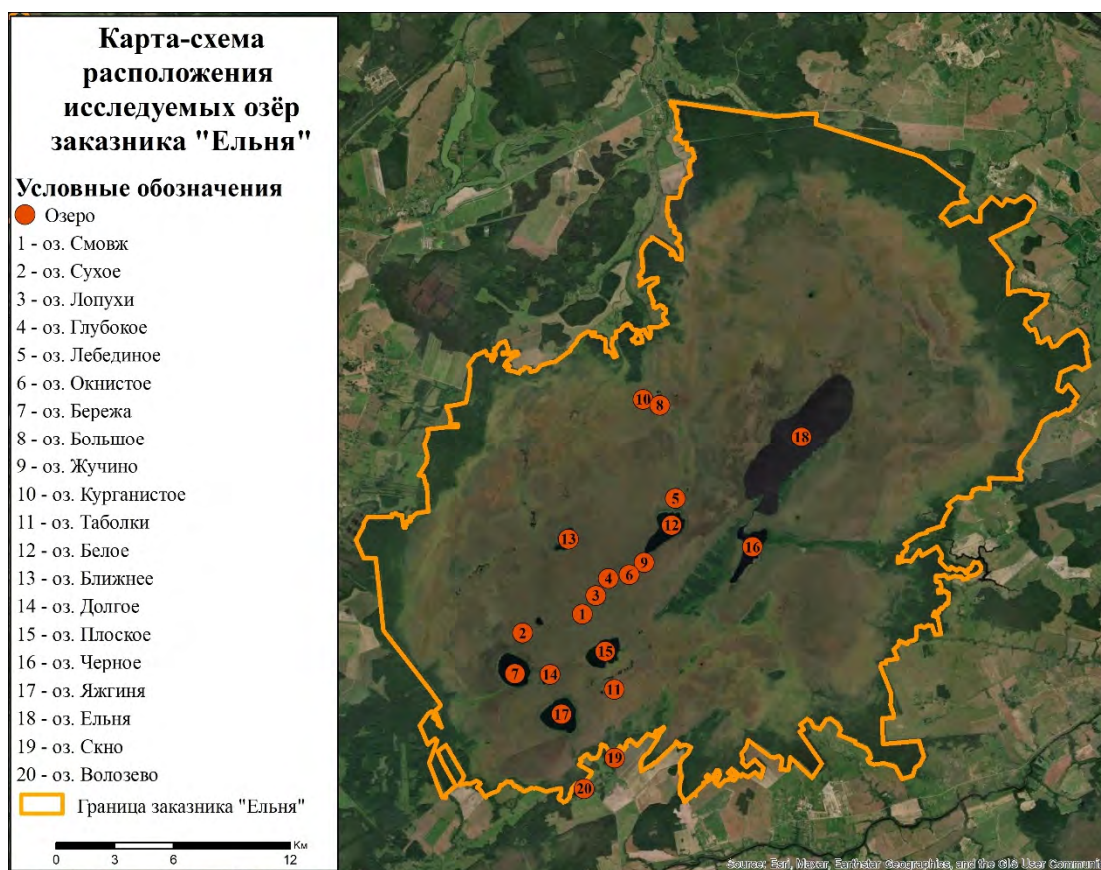


Рис. 2. Схема расположения озёр заказника Ельня, представленных в данной работе

Fig. 2. Layout of the Yelnya reserve lakes presented in the paper

Таблица 1. Список проб и некоторые лимнологические характеристики озёр

Table 1. List of samples and some limnological characteristics of lakes

№ пп	Название озера	Название болота	Дата сбора	pH	$\mu\text{S cm}^{-1}$	Глубина в месте отбора пробы, м	Прозрачность, м	Площадь, км ²
1	Смовж	Ельня	07.08.2018	2,64	20,5	0,8	0,6	0,01
2	Сухое	Ельня	07.08.2018	2,68	25,7	0,3	0,6	0,05
3	Лопухи	Ельня	07.08.2018	2,84	14,0	1,5	2,0	0,16
4	Глубокое	Ельня	07.08.2018	3,41	21,2	0,6	0,8	0,03
5	Лебединое	Ельня	13.06.2018	3,56	24,5	1,8	1,0	0,61
6	Черное (БМ)	Болото Мох	10.06.2019	3,60	-	4,1	1,0	0,03
7	Окнистое	Ельня	07.08.2018	3,91	29,6	0,8	0,6	0,04
8	Бережа	Ельня	07.08.2018	3,98	28,8	0,8	0,6	0,69
9	Большое	Ельня	25.07.2018	4,05	34,8	0,8	1,2	0,09
10	Жучино	Ельня	07.08.2018	4,08	27,3	0,8	1,0	0,03
11	Курганистое	Ельня	17.05.2018	4,10	27,6	1,0	1,1	0,04
12	Таболки	Ельня	07.08.2017	4,27	21,1	4,1	1,2	0,10
13	Белое	Ельня	13.06.2018	4,34	36,1	1,5	1,3	0,67
14	Ближнее	Ельня	09.08.2018	4,41	19,7	1,0	1,3	0,25
15	Долгое	Ельня	24.07.2018	4,41	28,2	1,5	0,7	0,15
16	Платкое	Ельня	11.09.2018	4,51	20,0	0,7	1,2	0,57
17	Черное (Ельня)	Ельня	06.08.2018	4,65	17,3	1,5	0,8	0,70
18	Яггиня	Ельня	07.08.2018	4,65	20,6	1,5	1,3	0,30
19	Ельня	Ельня	06.08.2018	4,71	22,3	1,5	0,5	5,42
20	Чистик	Корыгенский Мох	26.08.2020	4,90	14,1	2,0	0,8	0,04
21	Азароново	Азароново	26.08.2020	5,40	9,5	2,5	1,4	0,02
22	Скно	Ельня	16.05.2018	6,40	49,4	1,8	0,6	0,05
23	Волозево	Ельня	12.06.2018	7,04	34,6	2,0	0,8	0,15

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В бентосе 23-х дистрофных болотных озер нами идентифицировано 126 таксонов диатомовых водорослей рангом ниже рода, включая 4 разновидности. Они принадлежат к 3 классам (*Coscinodiscophyceae*, *Mediophyceae*, *Bacillariophyceae*), 13 порядкам, 26 семействам, 45 родам (табл. 2). Наиболее представленным оказался класс *Bacillariophyceae*: 10 порядков, 23 семейства, 42 рода, 121 внутривидовой таксон. Порядок *Naviculales* является самым большим по количеству таксонов на всех подчиненных рангах (9 семейств, 12 родов, 39 видов и внутривидовых таксонов). За ним следует порядок *Symbellales* (4 семейства, 10 родов, 24 вида). Порядки *Achnanthes* и *Fragilariales* представлены 2 семействами, 5 родами, 9 и 11 видами соответственно. Остальные порядки (*Aulacoseirales*, *Bacillariales*, *Eunotiales*, *Licmophorales*, *Rhabdonematales*, *Rhopalodiales*, *Stephanodiscales*, *Surirellales*, *Thalassiosiphysales*) включают в себя только по одному семейству. По количеству родов (4) выделяются семейства *Tabellariaceae*, *Achnanthes*, *Symbellaceae*. Наибольшим количеством видов (22) характеризуется семейство *Eunotiaceae* и одноименный род, входящий в его состав.

Наибольшее видовое богатство диатомей представлено в бентосе озер Скно (42), Волозево (38), Смвж (38), наименьшее – в бентосе озер Чистик (12), Бережа, Глубокое, Ельня, Сухое (по 13 в каждом) (см. табл. 2).

По приуроченности к местообитаниям, в основном за счет представителей родов *Encyonema*, *Frustulia*, *Gomphonema*, *Navicula* и *Pinnularia*, преобладает бентосная группа видов, составляющая 40,49% от общего числа таксонов. Значительную роль в формировании второй по численности планктонно-бентосной группы – 24,61% принимают рода *Eunotia*, *Fragilariforma*, *Nitzschia* и *Tabellaria*. Доли эпифитов (*Pseudostaurosira subconstricta*) и планктонных видов (*Asterionella formosa*, *Discostella pseudostelligera*) являются малозначимыми и суммарно не превышают 2,37%. Значительную часть – 32,50% занимает группа видов с невыясненными по литературным данным предпочтениями к местообитаниям.

В выявленном составе диатомовых водорослей нами было идентифицировано 72 вида индикатора солености вод, составивших 57,14% от их общего числа. Среди них олигогалобы-индифференты (54 таксона), представленные в большинстве семейств, занимают ведущую позицию (42,86%). Группа олигогалобов-галофобов располагается на втором месте – 8,73%, включая в себя 11 таксонов, пять из которых являются представителями рода

Eunotia (*E. lapponica*, *E. minor*, *E. naegeli*, *E. serra*, *E. tetraodon*). Третье место разделяют олигогалобы (*Planothidium frequentissimum*, *Navicula aquaedurae*, *N. cryptotenelloides* и др.) и олигогалобы-галофилы (*Anomoeoneis sphaerophora*, *Hippodonta capitata*, *Sellaphora pupula*) с равными долями участия по 2,38% каждый. Мезогалобы, отмеченные в нашей работе одним видом (*Navicula capitatoradiata*), составляют лишь 0,79% от общего числа видов. Весомую долю в 42,86% составляют 54 вида с неустановленным по литературным данным отношением к солености вод.

Полученные данные (см. табл. 2) показали, что в формировании диатомовых комплексов бентоса озер по отношению к активной реакции среды (pH) принимают участие четыре экологические группы – индифференты, ацидофилы, алкалофилы, алкалобионты, представленные 31, 28, 21, 1 таксоном соответственно. Индифференты составляют 24,60% и выявлены в родах *Discostella*, *Gomphonema* и др. Ацидофилы с процентным участием 22,22%, широко представлены видами рода *Eunotia*, а также некоторыми таксонами из родов *Frustulia*, *Iconella*, *Oxynis*, *Pinnularia*, *Tabellaria* и др. Алкалофилы из родов *Amphora*, *Asterionella*, *Cocconeis*, *Fragilaria*, *Navicula* и др. располагаются на третьем месте 16,66%. Алкалобионты с единственным представителем (*Epithemia adnata*) составили 0,79%. В исследованных озерах верховых болот значительную долю (35,73%) занимают виды с отсутствующей информацией в справочной литературе об их предпочтениях к водородному показателю.

Анализ биогеографического распределения выявил четыре группы диатомовых водорослей – космополиты, аркто-альпийские, бореальные, голарктические, отмеченные, соответственно 44, 8, 5 и 4 таксонами рангом ниже рода. Наибольшую долю составили виды-космополиты с 34,93% участия. Аркто-альпийские виды (*Karayevia suchlandtii*, *Gomphonema hebridense*, *Eunotia naegeli*, *E. serra*, *E. tetraodon*, *Fragilariforma constricta*, *Frustulia saxonica*, *Cavinula pseudoscutiformis*) представлены 6,35% от общего числа таксонов. Группа бореальных видов (*Geissleria similis*, *Eunotia lapponica*, *Fragilariforma polygonata*, *Pinnularia borealis*, *P. subcapitata* var. *paucistriata*) отмечена достаточно малой долей в 3,96%. Похожим процентным участием – 3,17% представлена группа голарктических видов (*Encyonema elgineense*, *Navicula aquaedurae*, *N. cryptotenelloides*, *Diatoma moniliformis*). Виды с неустановленными биогеографическими характеристиками (65 таксонов) составили 51,59% от общего числа.

Таблица 2. Таксономический список диатомовых водорослей (с указанием их относительной численности в %) бентоса дистрофических озер, представленных на верховых болотах «Ельня», «Азароново», «Болото Мох», «Корытенский мох»

Table 2. Taxonomic list of benthic diatoms (indicating their relative abundance in%) of dystrophic lakes, represented in the raised bogs «Yelnya», «Azaronovo», «Boloto Mokh», «Korytensky mokh»

Таксон	Название озера																				Экологич. хар-ка	Географическое распространение	28	29						
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21					22	23	24	25	26	27
	Смож	Сухое	Лопухи	Глубокое	Лебединое	Черное (БМ)	Окнистое	Березка	Большое	Жучино	Курганистое	Таболки	Белое	Влижне	Лютое	Плоское	Черное (Ельня)	Якитня	Ельня	Чистик					Азароново	Скно	Волозево	Местообитание	Лабильность	Отношение к рН
<p>Отдел <i>Bacillariophyta</i> Karsten</p> <p>Класс <i>Cocconeisporphyceae</i> Round & R.M.Crawford</p> <p>Порядок <i>Aulacoseirales</i> R.M.Crawford</p> <p>Семейство <i>Aulacoseiraceae</i> R.M.Crawford</p> <p>Род <i>Aulacoseira</i> Thwaites</p>																														
<i>A. granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	-	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,87	-	-	38,19	-	P-B	i	ind	k	β		
<i>A. nivalis</i> (W.Smith) J.English & Potapova	-	-	-	-	-	8,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<p>Класс <i>Mediophyceae</i> Medlin & Kaczmarska</p> <p>Порядок <i>Stephanodiscales</i> Nikolaev & Harwood</p> <p>Семейство <i>Stephanodisacaceae</i> I.V.Makarova</p> <p>Род <i>Discostella</i> V.Houk & R.Klee</p>																														
<i>D. pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	-	P	i	ind	-	o-β		
<i>D. stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	0,73	P-B	i	ind	k	x		
<i>P. ocellata</i> (Pantocsek) K.T.Kiss & Acs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,92	-	-	P-B	i	ind	k	x-β		
<p>Класс <i>Bacillariophyceae</i> Haeckel</p> <p>Порядок <i>Achnanthes</i> P.C.Silva</p> <p>Семейство <i>Achnanthesiaceae</i> D.G.Mann</p> <p>Род <i>Achnanthes</i> Kützting</p>																														
<i>A. anastasiae</i> (Kaczmarska) Chaudév & Gololobova	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	15,33	-	-	-	-	-		
<i>A. minutissimum</i> (Kützting) Czarneccki	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,66	-	-	-	-	-	-	0,69	0,73	P-B	i	ind	k	x-β		
<i>K. suchlandtii</i> (Hustedt) Bukhtiyarova	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	B	hb	-	-	o		
<p>Род <i>Planolithidium</i> Round & L.Bukhtiyarova ex Round</p>																														
<i>P. frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	B	oh	alf	k	x-o		
<i>P. lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützting) Lange-Bertalot	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	0,73	P-B	i	ind	k	x-o		
<i>P. reichardtii</i> Lange-Bertalot & Werum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	-	-	-	-	-		
<p>Род <i>Psammothidium</i> L.Bukhtiyarova & Round</p>																														
<i>P. bioretii</i> (H.Germain) Bukhtiyarova & Round	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	-	-	-	-	-	x-o	

<i>P. subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48,91	-	-	-	-	-	x	
Семейство <i>Cocconeidae</i> Kützing																													
Под <i>Cocconeis</i> Ehrenberg																													
<i>C. placenticula</i> Ehrenberg	3,47	-	11,11	0,93	-	-	0,79	0,99	-	0,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P-B	i	alf	k	o-β	
Порядок <i>Bacillariales</i> Hendey																													
Семейство <i>Bacillariaceae</i> Ehrenberg																													
Под <i>Nitzschia</i> Hassall																													
<i>N. acidochlinita</i> Lange-Bertalot	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,83	-	0,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	-	-	-	-	-	o-β	
<i>N. amphibia</i> Grunow	-	-	1,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P-B	i	alf	k	β	
<i>N. fruticosa</i> Hustedt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	o-β	
<i>N. palea</i> (Kützing) W. Smith	0,69	-	-	-	-	-	3,82	-	0,99	-	-	-	2,44	1,47	-	-	6,92	2,59	2,61	-	0,92	-	-	P-B	i	ind	k	α-o	
Порядок <i>Cymbellales</i> D.G.Mann																													
Семейство <i>Anomoeoneidaceae</i> D.G.Mann																													
Под <i>Adafia</i> Gerd Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin																													
<i>A. sichlandtii</i> (Hustedt) Monnier & Ector	4,17	10,17	-	5,61	4,27	1,53	-	1,98	2,97	-	0,79	0,74	4,07	4,41	8,61	12,50	6,92	-	-	-	-	-	0,73	-	-	-	-	-	
Под <i>Anomoeoneis</i> E. Pfitzer																													
<i>A. sphaerophora</i> Pfitzer	0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	hl	alf	k	α-o	
Семейство <i>Cymbellaceae</i> Kützing																													
Под <i>Cymbella</i> C. Agardh																													
<i>C. cisuliformis</i> Krammer	0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. neocistula</i> Krammer	0,69	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	i	alf	-	β-α	
<i>C. tumida</i> (Brebisson) Van Heurek	0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	i	alf	k	x	
Под <i>Cymbopleura</i> (Krammer) Krammer																													
<i>C. naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Krammer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	B	i	ind	-	β-o
Под <i>Geissleria</i> Lange-Bertalot & Metzeltin																													
<i>G. similis</i> (Krasske) Lange-Bertalot & Metzeltin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	B	i	-	b	-
Под <i>Placoneis</i> Mereschkowsky																													
<i>P. constans</i> (Hustedt) E. J. Cox	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	-	-	-	-	-
Семейство <i>Gomphonemataceae</i> Kützing																													
Под <i>Gomphonema</i> Ehrenberg																													
<i>G. acuminatum</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	-	B	i	ind	k	o-β
<i>G. angur</i> Ehrenberg	0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	i	ind	k	o-β
<i>G. gracile</i> Ehrenberg	-	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	i	alf	k	x-β
<i>G. hebridense</i> W. Gregory	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	-	B	-	acf	a-a	-
<i>G. italicum</i> Kützing	0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. laicollum</i> E. Reichardt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	0,73	-	-	-	-	-
<i>G. micropus</i> Kützing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	B	i	ind	k	o
<i>G. olivaceum</i> (Hornemann) Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	i	alf	k	o-β
<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing	1,39	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	-	B	i	ind	k	x
<i>G. truncatum</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,77	-	-	-	-	-	0,69	-	B	i	ind	k	o-β
Под <i>Encyonema</i> Kützing																													
<i>E. elginense</i> (Krammer) D.G.Mann	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	B	hb	acf	Ha	-
<i>E. minutum</i> (Hilse) D.G.Mann	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	0,73	B	i	ind	k	o-β	
<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) D.G.Mann	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	-	B	i	ind	-	o	
<i>E. perpusillum</i> (A. Cleve) D.G.Mann	-	-	0,79	-	-	-	0,76	-	-	-	-	3,68	-	1,47	-	-	0,77	-	0,87	-	-	-	-	-	P-B	hb	ind	-	o
Под <i>Reimeria</i> J.P.Kociolek & Stoermer																													
<i>R. sinuata</i> (W. Gregory) Kociolek & Stoermer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	P-B	i	ind	k	o

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
Семейство <i>Rhoicospheniaceae</i> J.Y. Chen & H.Z. Zhu																															
Подг. <i>Gomphosphenia</i> Lange-Bertalot																															
<i>Gomphosphenia</i> sp.																															
Подрядок <i>Eumotiales</i> P.C.Silva																															
Семейство <i>Eumotiaceae</i> Kützing																															
Подг. <i>Eumotia</i> Ehrenberg																															
<i>E. bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt	7,64	4,24	-	-	0,85	3,05	3,94	-	12,87	0,83	0,79	0,74	1,63	-	0,66	-	2,31	0,86	-	-	-	0,69	-	-	B	i	acf	k	o		
<i>E. boreotenuis</i> Nörpel-Schermp & Lange-Bertalot	-	-	-	-	4,67	0,85	2,29	-	2,97	0,83	-	-	11,38	-	0,66	-	4,62	0,86	2,61	0,86	-	0,69	-	-	-	-	-	-	-		
<i>E. dorofeyukiae</i> Lange-Bertalot & Kulikovskiy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	-	-	-	-	-	-		
<i>E. faba</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P-B	i	alf	k	o		
<i>E. fennica</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	13,9	-	-	-	-	-	-	14,17	-	-	0,83	13,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>E. glacialifalsa</i> Lange-Bertalot	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>E. implicata</i> Nörpel, Lange-Bertalot & Alles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>E. incisa</i> W. Smith ex W. Gregory	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P-B	i	acf	k	x-o		
<i>E. juetinae</i> Lange-Bertalot	2,08	5,93	-	-	0,93	1,71	3,82	5,51	0,99	8,91	8,33	0,79	-	-	1,32	-	-	-	-	-	3,45	0,92	0,69	-	-	-	-	-	-		
<i>E. kruegeri</i> Lange-Bertalot	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,44	1,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>E. lapponica</i> Grunow ex A.Cleve	-	-	-	-	-	-	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	hb	acf	b	-		
<i>E. meisteri</i> Hustedt	6,25	2,54	9,52	12,15	29,06	1,53	0,79	14,85	24,75	5,83	8,66	2,94	27,64	11,03	23,18	17,31	7,69	8,62	-	0,86	0,92	0,69	-	-	P-B	i	acf	-	x-o		
<i>E. microcephala</i> Krasske	2,78	0,85	-	-	1,87	0,85	1,53	-	-	-	0,83	0,79	0,74	0,81	0,74	4,64	10,58	0,77	11,21	-	-	-	-	-	-	P-B	i	acf	-	o	
<i>E. minor</i> (Kützing) Grunow	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,25	1,46	B	hb	acf	-	x-o	
<i>E. myrmica</i> Lange-Bertalot	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,39	-	-	-	-	-		
<i>E. naegeli</i> Migula	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,86	-	-	-	-	P-B	hb	acf	a-a	x-o	
<i>E. neocompacta</i> S. Mayama	0,69	0,85	-	-	2,80	-	-	-	0,79	0,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>E. neocompacta</i> var. <i>vixcompacta</i> Lange-Bertalot	2,78	-	5,56	-	6,84	-	6,30	0,99	0,99	16,67	13,39	3,68	17,89	-	1,99	6,73	7,69	4,31	0,87	8,62	2,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>E. paludosa</i> Grunow	5,56	5,93	0,79	0,93	0,85	1,53	0,79	1,98	38,61	11,67	7,09	0,74	1,63	-	1,99	-	-	0,86	-	-	0,92	-	-	-	-	B	-	acf	-	-	
<i>E. rhomboidea</i> Hustedt	1,39	-	0,79	12,15	4,27	12,98	0,79	6,93	0,99	-	5,88	2,44	12,50	7,95	3,85	12,93	8,70	43,10	66,06	4,86	0,73	-	-	-	-	B	-	acf	-	o	
<i>E. serrata</i> Ehrenberg	0,69	-	0,79	49,53	0,85	0,76	-	2,97	-	-	-	-	0,81	-	3,97	-	1,54	0,86	-	-	1,72	0,92	1,39	-	-	P-B	hb	acf	a-a	x	
<i>E. tetradon</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	0,73	B	hb	acf	a-a	β-o	
Подрядок <i>Fragariales</i> P.C.Silva																															
Семейство <i>Fragariaceae</i> Kützing																															
Подг. <i>Fragilaria</i> Lyngbye																															
<i>F. capucina</i> Desmazières	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P-B	i	ind	k	β-o	
<i>F. radians</i> (Kützing) D.M. Williams & Round	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,08	-	P-B	-	-	-	
Подг. <i>Fragilariforma</i> D.M. Williams & Round																															
<i>F. constricta</i> (Ehrenberg) D.M. Williams & Round	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P-B	hb	acf	a-a	-
<i>F. mesolepta</i> (Rabenhorst) Kharitonov	0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P-B	i	alf	k	-
<i>F. polygonata</i> (A.Cleve) Kingston, Sherwood & Bengtsson	-	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,00	-	-	-	-	0,77	-	-	-	-	-	-	-	-	B	i	acf	b	-
<i>F. virescens</i> (Ralfs) D.M. Williams & Round	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,62	-	3,48	-	0,92	0,69	-	-	-	P-B	i	ind	k	x-o
Семейство <i>Staurosiraceae</i> Medlin																															
Подг. <i>Staurosira</i> Ehrenberg																															
<i>S. constricta</i> Ehrenberg	0,69	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P-B	i	alf	k	o
Подг. <i>Staurosirella</i> D.M. Williams & Round																															
Подг. <i>Pseudostaurosira</i> D.M. Williams & Round																															
<i>P. breviseriata</i> (Grunow) D.M. Williams & Round	1,39	-	3,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P-B	i	alf	k	o
<i>P. polonica</i> (M. Wiatk & Lange-Bertalot) E.A. Morales & M.B. Edlund	-	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>P. subconstricta</i> (Grunow) Kulikovskiy & Genkal	0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ep	i	alf	k	o-α

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
Порядок <i>Liemporales</i> Round																															
Семейство <i>Uthariaceae</i> E.J.Cox																															
Под <i>Utharia</i> (Kützing) Compère																															
<i>U. ulna</i> (Nitzsch) Compère		0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	10,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P-B	i	ind	k	b	
Порядок <i>Naviculales</i> Bessey																															
Семейство <i>Amphipleuraceae</i> Grunow																															
Под <i>Frustulia</i> Rabenhorst																															
<i>F. krammeri</i> Lange-Bertalot & Metzeltin		-	-	4,76	-	-	7,63	-	-	0,99	-	-	-	2,21	-	25,96	10,00	12,93	0,87	-	-	-	-	-	-	B	-	acf	-	x	
<i>F. saxonica</i> Rabenhorst		15,28	65,25	30,16	6,54	17,09	26,72	42,52	50,50	0,99	20,00	39,37	12,50	13,82	11,76	33,11	14,42	10,77	17,24	3,48	36,21	6,42	0,69	-	B	hb	acf	a-a	x		
Семейство <i>Brachysiraaceae</i> D.G.Mann																															
Под <i>Nippela</i> Vyverman & Compère																															
<i>N. fennica</i> (Hustedt) Lange-Bertalot		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,08	2,92	-	-	-	-	
<i>N. wellneri</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Семейство <i>Cavinulaceae</i> D.G.Mann																															
Под <i>Cavinula</i> D.G.Mann & Stickle																															
<i>C. pseudoscutiformis</i> (Hustedt) D.G.Mann & Stickle		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,38	P-B	i	ind	a-a	x-o
Семейство <i>Naviculaceae</i> Kützing																															
Под <i>Caloneis</i> Cleve																															
<i>C. silicula</i> (Ehrenberg) Cleve		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	hl	alf	-	β	
Под <i>Hippodonia</i> Lange-Bertalot, Witkowski & Metzeltin																															
<i>H. capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski		-	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	hl	alf	-	β	
Под <i>Navicula</i> Bory																															
<i>N. aquadurata</i> Lange-Bertalot		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	oh	alf	Ha	o	
<i>N. capitataradiata</i> H.Germain ex Gasse		0,69	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P-B	mh	alf	k	β	
<i>N. cryptotenelloides</i> Lange-Bertalot		0,69	-	-	-	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	oh	alf	Ha	β-α	
<i>N. notha</i> J.H.Wallace		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	-	acf	-	-	
<i>N. radiosa</i> Kützing		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	i	ind	k	o	
<i>N. tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P-B	i	ind	k	β-o	
<i>N. upsaliensis</i> (Grunow) M.Peralgallo		0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	-	-	-	β	
Семейство <i>Neidiaceae</i> Meresschkowsky																															
Под <i>Neidium</i> Pflitzer																															
<i>N. alpinum</i> Hustedt		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Семейство <i>Pinnulariaceae</i> D.G.Mann																															
Под <i>Pinnularia</i> Ehrenberg																															
<i>P. anglica</i> Krammer		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	-	acf	-	-	
<i>P. appendiculata</i> (C.Agarth) Schaarschmidt		-	-	16,67	0,93	0,85	9,16	-	-	-	-	-	9,76	30,88	-	0,96	3,85	7,76	-	-	-	-	-	-	-	B	i	ind	k	x	
<i>P. bacilliformis</i> Krammer		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	-	acf	-	-	
<i>P. borealis</i> Ehrenberg		-	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	0,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	i	ind	b	x-o	
<i>P. obscura</i> Krasske		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	ater	i	ind	o	
<i>P. pisciculus</i> Ehrenberg		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. pseudomacleania</i> Kulikovskiy, Lange-Bertalot, Witkowski & Dorofeyuk		-	-	-	-	-	0,85	-	-	-	-	-	-	0,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. rhombarea</i> Krammer		1,39	-	-	-	-	1,53	3,15	-	-	0,83	1,57	-	1,47	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. rupestris</i> Hantzsch		18,75	0,85	-	-	2,56	-	-	0,99	0,99	0,83	-	0,74	-	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	i	acf	-	-	x
<i>P. subanglica</i> Krammer		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. subcapitata</i> W.Gregory		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	i	ind	k	o-x	
<i>P. subcapitata</i> var. <i>elongata</i> Krammer		5,56	0,85	-	-	23,93	6,11	4,72	4,95	0,99	6,67	0,79	1,47	0,81	-	3,31	0,96	0,77	1,72	-	-	-	-	-	-	B	-	acf	-	-	
<i>P. subcapitata</i> var. <i>paucistriata</i> (Grunow) Cleve		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	i	-	b	o-x	

<i>P. subglobosa</i> Kramer	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	B	-	-	-	o		
Семейство Sellaphoraceae Mereschkovsky																														
Под Familiaemimularia Lange-Bertalot & Krammer																														
<i>C. muscicola</i> (J.B.Petersen) Kulikovskiy, Lange-Bertalot & A.Witowski	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	B	-	-	-	-		
<i>C. schauppiana</i> Lange-Bertalot & Metzeflin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,86	-	-	-	0,69	-	-	-	-	-	-		
Под Sellaphora Mereschkovsky																														
<i>S. atomoides</i> (Grunow) Wetzel & Van de Vijver	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	-	P-B	-	-	-	k		
<i>S. pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	0,73	B	hl	ind	k	o-α		
<i>S. pseudonivalis</i> (Hustedt) Chudaeв & Golobova	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	B	i	alf	-	o-β		
<i>S. saugerresii</i> (Desmazieres) C.E. Wetzel & D.G. Mann	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,46	-	-	-	-		
<i>S. vekhovii</i> (H.Lange-Bertalot & Genkal) C.E. Wetzel & D.G. Mann	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	-	-	-	-	-	-		
Семейство Stauroideaceae D.G.Mann																														
Под Stauroideis Ehrenberg																														
<i>S. kriegeri</i> R.M.Patrick	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,78	0,73	B	i	ind	-	o	
<i>S. subgracilis</i> Lange-Bertalot & Krammer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	-	-	-	-	-		
Семейство Naviculales incertae sedis																														
Под Kobayasiella Lange-Bertalot																														
<i>K. parasubtilissima</i> (H.Kobayasi & T.Nagumo) Lange-Bertalot	0,69	-	-	-	-	-	12,60	-	-	2,36	-	-	-	-	0,66	0,96	-	-	-	-	1,72	3,67	-	-	-	-	-	-	-	
Под Rhabdonematales Round & R.M.Crawford																														
Семейство Tabellariaceae Kützing																														
Под Asterionella Hassall																														
<i>A. formosa</i> Hassall	-	-	3,97	0,93	3,42	4,58	-	10,89	-	-	-	13,24	0,81	15,44	3,31	0,96	16,15	4,31	61,74	-	0,92	-	0,73	P	i	alf	k	o		
Под Diatoma Bory																														
<i>D. moniliformis</i> (Kützing) D.M. Williams	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P-B	-	-	Ha	β-α	
Под Oyneis Round																														
<i>O. binalis</i> (Ehrenberg) Round	4,17	0,85	-	-	0,85	-	0,79	-	0,99	19,17	9,45	0,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,83	-	-	acf
<i>O. binalis</i> var. <i>elliptica</i> (R.J.Flower) J.C.Kingston	0,69	0,85	-	-	-	-	-	-	0,99	-	-	-	-	-	-	-	1,54	-	0,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	acf
Под Tabellaria Ehrenberg ex Kützing																														
<i>T. fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	-	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,83	10,42	-	P-B	i	ind	k	x
<i>T. flocculosa</i> (Roth) Kützing	-	-	-	-	-	1,53	-	-	-	-	-	0,74	-	1,47	-	3,85	1,54	6,90	-	0,86	1,83	5,56	0,73	P-B	i	acf	k	o-x	-	
<i>T. stellata</i> Kulikovskiy	-	-	-	-	-	0,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,77	3,45	9,57	-	-	-	-	-	P-B	hb	acf	-	-	
Под Rhopalodiales D.G.Mann																														
Семейство Rhopalodiaceae Topachevskiy & Oksiyuk																														
Под Epithemia Kützing																														
<i>E. adnata</i> (Kützing) Brébisson	-	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	i	alb	k	o	
Под Thalassiophytales D.G.Mann																														
Семейство Catenulaceae Mereschkovsky																														
Под Amphora Ehrenberg ex Kützing																														
<i>I. delicatissima</i> (F.W.Lewis) Ruck & Nakov	0,69	0,85	0,79	-	-	-	-	-	-	0,83	0,79	-	-	-	0,66	0,96	0,77	-	-	-	-	0,92	-	-	-	-	-	acf	-	x
Под Amphora Ehrenberg ex Kützing																														
Семейство Catenulaceae Mereschkovsky																														
Под Amphora Ehrenberg ex Kützing																														
<i>A. copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M. Archibald	0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	i	alf	k	o-β	
<i>A. ovalis</i> (Kützing) Kützing	0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	i	alf	k	o-β	
Всего видов																														
Условные обозначения и сокращения: P – планктонный, P-B – планктонно-бентосный, B – бентосный, Ep – эпифит; mh – мезоглоб, oh – олигоглоб, 1 – индифферент, hl – талофит, hb – гаулоф; alf – алкавифит, acf – анцифит, ind – индифферент; a – аркто-альпийский, b – борельский вид, k – космополит; x – ксеносапробионт, x-o – ксеносапробионт, x-β – олиго-ксеносапробионт, o-x – олиго-ксеносапробионт, o-β – олиго-ксеносапробионт, o-β – олиго-ксеносапробионт, α – альфа-ксеносапробионт; α-β – альфа-ксеносапробионт; α-β – бета-ксеносапробионт; β-α – бета-альфа-ксеносапробионт; β-α – бета-альфа-ксеносапробионт; α-α – альфа-олиго-ксеносапробионт; α-α – альфа-олиго-ксеносапробионт; α-β – альфа-бета-ксеносапробионт; α-β – альфа-бета-ксеносапробионт; (-) нет данных.																														

По степени встречаемости идентифицированные нами виды были распределены на пять групп: единожды встреченные (в одном озере) 1–4,9%; редко встречающиеся (в 2–4-х озерах) 5–19,9%; умеренно распространенные (в 5–10-ти озерах) 20–49,9%; часто встречающиеся (в 12–20-ти озерах) 50–89,9%; повсеместные обитатели (в 21-м и в 22-х озерах) 90–100%. Группа единожды встреченных видов суммарно отмечена в 12 водоемах и включает в себя 65 таксонов (51,59%), группа редко встречающихся видов – 34 таксонами (26,98%), 24 из которых отмечены в двух озерах (8,70%), 7 – в трех (13,04%), 3 – в четырех (17,39%). Умеренно распространенные виды представлены в нашей работе 14 таксонами (11,11%). Из них 3 вида отмечены нами в пяти озерах (*Eunotia neocompacta*, *Pinnularia pseudomacilentata*, *Oxynois binalis* var. *elliptica* – 21,74%), 2 – в шести (*Cocconeis placentula*, *Encyonema perpusillum* – 26,09%), по 1 – в семи (*Kobayasiella parasubtilissima* – 30,43%) и восьми (*Frustulia krammeri* – 34,78%), 6 – в девяти (*Nitzschia palea*, *Pinnularia appendiculata*, *P. rhombarea*, *P. rupestris*, *Oxynois binalis*, *Iconella delicatissima* – 39,13%) и 1 в десяти озерах (*Tabellaria flocculosa* – 43,48%).

Группа часто встречающихся видов представлена одиннадцатью таксонами (8,73%). Наименьшие показатели встречаемости этой группы наблюдаются у двух видов: *Eunotia boreotenuis* и *E. serra*, отмеченных в 12 (52,17%) и 13 озерах (56,52%), соответственно. Нахождение трех видов *Eunotia bilunaris*, *E. juettnerae*, *E. microcephala* установлено в 14 озерах (60,87%). По два вида в пробах наблюдались в 15 (65,22%) и 16 (69,57%) озерах *Adlafia suchlandtii*, *Asterionella formosa* и *Eunotia paludosa*, *Pinnularia subcapitata* var. *elongata*, соответственно. В 17 озерах (73,91%) отмечена только *Eunotia neocompacta* var. *vixcompacta*. Максимального показателя встречаемости (86,96%) у представителей этой группы достигает только *Eunotia rhomboidea*, отмеченная в 20 озерах.

Группа повсеместных обитателей представлена лишь двумя видами (1,59% от общего количества), среди которых *Eunotia meisteri* и *Frustulia saxonica*. *Eunotia meisteri* выявлена нами в 21 озере, что соответствует 91,30% встречаемости. В 13 из которых по показателям относительной численности занимает лидирующие позиции: в восьми как доминант (Глубокое – 12,15%, Лебединое – 29,06%, Бережа – 14,85%, Большое – 24,75%, Белое – 27,64%, Ближнее – 11,03%, Долгое – 23,18%, Плоское – 17,31%) и в шести (Смовж – 6,25%, Лопухи – 9,52%, Жучино – 5,83%, Курганистое – 8,66%, Черное (Е) – 7,69%, Яжгиня – 8,62%) как субдоминант. В трех озерах

этот вид отмечен как сопутствующий (Сухое – 2,54%, Черное (БМ) – 1,53%, Таболки – 2,94%), а в четырех – единичный (Окнистое, Чистик, Азарово, Скно – <1%). *Frustulia saxonica* – единственный вид, отмеченный нами почти во всех обследованных водоемах (в 22-х из 23-х) достиг максимальной встречаемости в 95,65%. В 19 водоемах по показателю относительной численности створок в препаратах бентоса он выполняет ведущую роль и занимает субдоминантные позиции в двух озерах: Азарово – 6,42% и Глубокое – 6,54%, а также является доминантом в семнадцати водоемах (Смовж 15,28%, Лопухи – 30,16%, Лебединое – 17,09%, Черное (БМ) – 26,72%, Окнистое – 42,52%, Бережа – 50,50%, Жучино – 20,00%, Курганистое – 39,37%, Таболки – 12,50%, Белое – 13,82%, Ближнее – 11,76%, Долгое – 33,11%, Плоское – 14,42%, Черное (Е) – 10,77%, Яжгиня – 17,24%, Чистик – 36,21%), достигая максимального показателя 65,25% в озере Сухом. Только в двух озерах (Большое и Скно) отмечен как единичный (<1%), а в одном (Ельня – 3,48%) как сопутствующий. Единственное озеро из обследованных, в бентосе которого *Frustulia saxonica* не была обнаружена – Волозево.

Подсчитанный нами по видам индикаторам индекс сапробности Пантле-Бука в модификации Сладечека, отражающий степень органического загрязнения озер, оказался в пределах значений от 0,24 до 0,89. Наименьшими показателями индекса обладают озера Курганистое – 0,24, Азарово – 0,25 и Сухое – 0,28; наибольшими – Лопухи – 0,80, Смовж – 0,87 и Скно – 0,89. По степени качества воды, из девяти возможных, озера оказались представлены первыми двумя рангами: 1 (Курганистое, Азарово, Сухое, Большое, Лебединое, Плоское, Глубокое, Долгое, Чистик,) и 2 (Окнистое, Белое, Жучино, Черное (БМ), Бережа, Ельня, Яжгиня, Волозево, Таболки, Черное (Е), Ближнее, Лопухи, Смовж, Скно). В таком же соотношении и последовательности озера распределились по разрядам (1 – Предельно чистая и 2а – Очень чистая), классам качества вод (I – Очень чистая и II – Чистая) и зонам самоочищения (ксеносапробная и олигосапробная) (табл. 3). Все отмеченные выше позиции совпадают с характеристикой качества воды в исследуемых озерах с одной из зон кризисности экосистемы – Природно чистые воды.

Списки видов с указанием их относительного обилия были подготовлены для статистической обработки в программе JUICE методом TWINSPAN. Списочный состав видов каждого озера был принят в работе за отдельное описание. Автоматическая сортировка описаний по показателям диагностических, постоянных и доминирующих видов выявила 5 кластеров (рис. 3).

Таблица 3. Значения индекса сапробности озер (S) и их соотношение к рангам, разрядам, классам качества воды, зонам самоочищения и зонам кризисности по Модели функционирования водных экосистем [36]

Table 3. Values of the lake saprobity index (S) and their relationship to ranks, categories, water quality classes, self-purification zones and crisis zones according to the Model of the Functioning of Aquatic Ecosystems [36]

№ пп	Название озера	Индекс сапробности по Пантле и Буку	Ранг качества воды	Разряд качества воды	Класс качества воды	Зона самоочищения	Зона кризисности экосистемы
1	Смовж	0,87	2	2а	II	олиго-	Природно чистые воды
2	Сухое	0,28	1	1	I	ксено-	
3	Лопухи	0,80	2	2а	II	олиго-	
4	Глубокое	0,42	1	1	I	ксено-	
5	Лебединое	0,38	1	1	I	ксено-	
6	Черное (БМ)	0,57	2	2а	II	олиго-	
7	Окнистое	0,53	2	2а	II	олиго-	
8	Бережа	0,57	2	2а	II	олиго-	
9	Большое	0,36	1	1	I	ксено-	
10	Жучино	0,55	2	2а	II	олиго-	
11	Курганистое	0,24	1	1	I	ксено-	
12	Таболки	0,63	2	2а	II	олиго-	
13	Белое	0,53	2	2а	II	олиго-	
14	Ближнее	0,75	2	2а	II	олиго-	
15	Долгое	0,45	1	1	I	ксено-	
16	Плоское	0,38	1	1	I	ксено-	
17	Черное (Е)	0,64	2	2а	II	олиго-	
18	Яжгиня	0,61	2	2а	II	олиго-	
19	Ельня	0,57	2	2а	II	олиго-	
20	Чистик	0,49	1	1	I	ксено-	
21	Азароново	0,25	1	1	I	ксено-	
22	Скно	0,89	2	2а	II	олиго-	
23	Волозево	0,62	2	2а	II	олиго-	

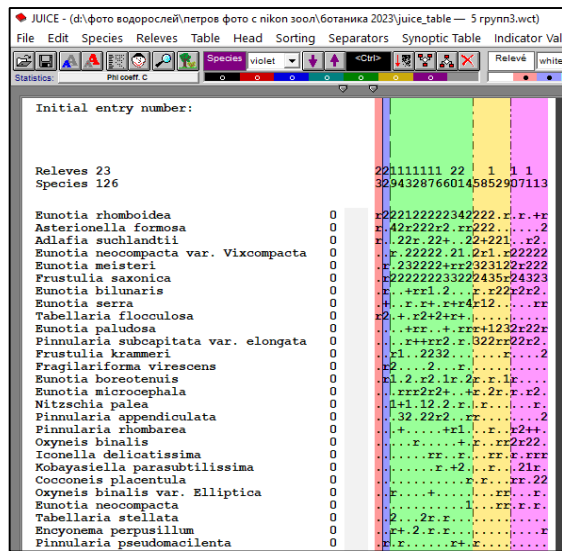


Рис. 3. Сортировка и разбиение на группы по представленности и степени обилия видов в программе JUICE

Fig. 3. Sorting and dividing into groups by representation and degree of abundance of species in the JUICE program

Озерным группам были присвоены условные названия по ряду признаков, характерных для большинства озер, входящих в эти группы: по наличию или отсутствию приводящих и отводящих каналов, а также по отдаленности относительно самой высокой (старой) части болота (рис. 4). Первый и второй кластеры – Крайние озера (Волозево и Скно соответственно): граничат с территорией заказника и в их питании участвуют воды, отводимые каналами от болотных озер; третий – Сточные озера: почти все расположены в центральной части болота и характеризуются сбором воды без прямого участия соседних озер и наличием стока в другие озера при помощи канала (Азароново, Белое, Ближнее, Глубокое, Ельня, Плоское, Таболки, Черное (БМ), Черное (Е), Чистик, Яжгиня); четвертый – Проточные озера, в регуляции водосбора и водоотвода большинства из которых участвуют каналы (Бережа, Большое, Долгое, Лебединое, Сухое); пятый – Бессточные озера, у большинства озер этой группы нет водоотвода в виде искусственных каналов (Жучино, Курганистое, Лопухи, Окнистое, Смовж).

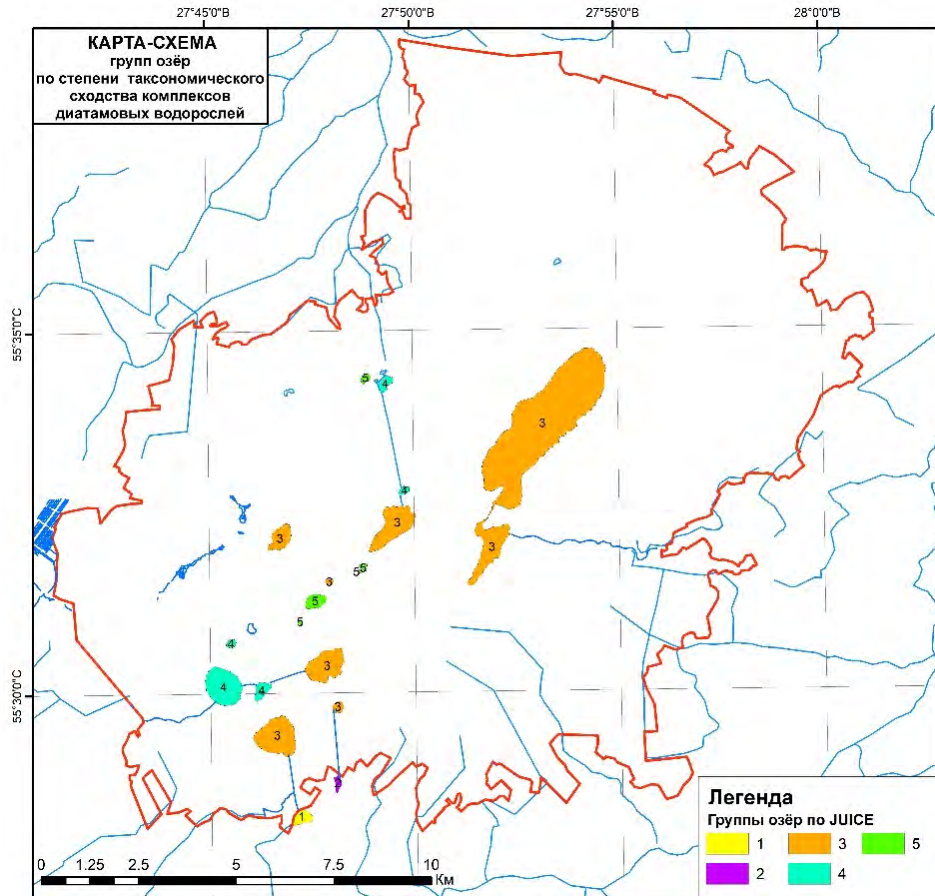


Рис. 4. Распределение озёр болота Ельня на группы по степени таксономического сходства комплексов диатомовых водорослей

Fig. 4. Distribution of lakes in the Yelnya swamp into groups according to the degree of taxonomic similarity of diatom complexes

Списочный состав диатомовых водорослей первого и второго кластеров, выделяемых программой JUICE методом TWINSpan, полностью аналогичны спискам видов первого (Волозево) и второго (Скно) окраинного озера. Поэтому программа выделяет большое количество характерных видов для этих двух групп (до 35), группы Сточных, Проточных и Бессточных озёр включают в себя до десяти характерных видов. По видам доминантам, отмеченным программой, можно охарактеризовать условия в озерах выделяемых групп: 1 – *Psammothidium subatomoides*, нейтральный или слабо кислый олиготрофный или мезотрофный водоём, 2 – *Aulacoseira granulata*, пресный водоём обладающий широкой амплитудой характеристик по трофности и pH (от олиготрофных до эвтрофных, от алкалинных до кислых), 3 – *Asterionella formosa*, *Eunotia rhomboidea*, *E. serra*, *Fragilariforma polygonata*, олиготрофные и дистрофные кислые водоёмы, 4,5 – *Frustulia saxonica* водоёмы с содержанием гуминовых кислот и низким уровнем минерализации.

Для установления таксономического сходства кластеров был подсчитан индекс Жаккара, выя-

вивший наибольшее таксономическое сходство между группами Сточных и Проточных озёр (48%), Сточных и Бессточных озёр (37%), Проточных и Бессточных озёр (37%). Наименьшими индексами сходства обладают кластеры Первого окраинного озера (Волозево) и Бессточных озёр (5%), Первого окраинного и Сточных озёр (7%), Первого окраинного и Проточных озёр (8%). Сходство остальных сравниваемых кластеров находится в пределах от 12 до 22% (табл. 4).

В ряду от первого к пятому кластеру наблюдается тенденция к уменьшению средних значений

Таблица 4. Матрица таксономического сходства кластеров по Жаккару (%)

Table 4. Matrix of taxonomic similarity of clusters according to Jaccard (%)

	1	2	3	4	5
1		19	7	8	5
2	19		22	16	12
3	7	22		48	37
4	8	16	48		37
5	5	12	37	37	

pH: 7,04* → 6,35* → 4,44 → 3,74 → 3,51, а также к росту количества видов (за исключением 4-й группы): 38*, 42*, 51, 29, 59 (табл. 5). По средним показателям электропроводности, $\mu\text{S}/\text{см}$ (34,60*, 49,40*, 20,19, 28,39, 23,80), прозрачности, м (0,80*, 0,60*, 1,00, 0,82, 1,06) и глубине в месте отбора пробы, м (2,00*, 1,80*, 1,91, 0,84, 1,02) таких закономерностей не наблюдается. Звездочкой отмечены показатели групп, представленных одним озером.

Подсчитанные показатели индекса Симпсона: Simpson 1-D – «вероятность межвидовых встреч» (0,7*, 0,8*, 0,8, 0,7, 0,8) характеризуют изучаемые выборки по показателю видовой разнообразия как достаточно богатые.

Индекс Бергера – Паркера (Berger-Parker) в исследуемых группах плавно снижается (0,5* → 0,4* → 0,4 → 0,3) и коррелирует (0,62) с показателями pH. Низкое значение индекса (0,3) в группе Бессточных озер говорит об отсутствии видов с высокой степенью доминирования. Что объясняется невозможностью видов полноценно

конкурировать друг с другом в экстремальных условиях с низким значением pH. Относительно высокий показатель индекса Бергера – Паркера (0,5) в первой группе Украинного озера говорит о наличии видов с более высоким уровнем доминирования и достаточно благоприятной для них обстановке в нейтральной среде (pH = 7,04*).

Индекс Шеннона (Shannon H) в полученных кластерах (2,4*, 2,8*, 2,1, 1,9, 2,4) коррелирует с показателями pH (0,59) и электропроводности (0,76). Сточные и Проточные озера обладают наименьшими показателями видовой разнообразия (2,1 и 1,9 соответственно). В свою очередь, кластеры первого украинного озера и Бессточных озер характеризуются средними значениями индекса. Максимальный для нашей работы показатель индекса Шеннона (2,8*) описывает группу второго Украинного озера (Скно) как группу с наибольшим видовым разнообразием, находящуюся в наиболее благоприятных условиях из представленных (pH = 6,35*, $\mu\text{S}/\text{см}$ = 49,40*).

Таблица 5. Средние значения параметров групп водорослей

Table 5. Average values of parameters of algae groups

№ группы	1	2	3	4	5
Кол-во вошедших в группу озер	1	1	11	5	5
Условное название группы	Украинное озеро 1	Украинное озеро 2	Сточные озера	Проточные озера	Бессточные озера
кол-во видов в группе	38	42	51	29	59
pH	7,04*	6,35*	4,44	3,74	3,51
электропроводность, $\mu\text{S}/\text{см}$	34,6*	49,4*	20,19	28,39	23,8
прозрачность, м	0,8*	0,6*	1,0	0,82	1,06
глубина, м	2*	1,8*	1,91	0,84	1,02
индекс Симпсона	0,7*	0,8*	0,8	0,7	0,8
Индекс Бергера – Паркера	0,5*	0,4*	0,4	0,4	0,3
Индекс Шеннона	2,4*	2,8*	2,1	1,9	2,4

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Видовое богатство диатомовых водорослей бентоса 23-х исследованных дистрофных озер представлено 126 видами, включая разновидности. Наиболее богатым является класс *Bacillariophyceae*, включающий в себя 10 порядков, 23 семейства, 42 рода, 121 таксон рангом ниже рода. По приуроченности к местообитаниям преобладает бентосная группа видов (40,49%), по отношению к галобности (содержанию хлоридов) – олигогалобов-индифферентов (57,14%). По отношению к активной реакции среды (pH) группа видов индифферентов (24,60%). Анализ биогеографического распределения выявил преобладание видов-космополитов (34,93%). Группа единоразы встреченных видов суммарно отмечена в 12 водоемах и включает в себя 65 таксонов

(51,59%), группа редко встречающихся видов – 34 таксона (26,98%), умеренно распространенных видов – 14 таксонов (11,11%). Группа повсеместных обитателей представлена лишь двумя видами *Eunotia meisteri* (отмечена в 21-м озере – 91,30%) и *Frustulia saxonica* (в 22-х озерах – 95,65% встречаемости).

Подсчитанный индекс сапробности отмеченных в работе озер верховых болот «Ельня», «Азароново», «Болото Мох», «Корытский мох» находится в пределах значений от 0,24 до 0,89 и характеризует качество вод как природно чистые воды.

Автоматическая сортировка списков видов диатомовых водорослей исследуемых озер в программе JUICE методом TWINSpan выявила 5 кластеров. Самый большой третий кластер обра-

зован списками видов из одиннадцати озер и включает в себя озера всех болот, представленных в данной работе. Подсчитанный индекс Жаккара описывает кластеры как мало схожие. Наибольшее сходство в 48% между списками видов было выявлено для третьего и четвертого кластеров (Сточные и Проточные озера), наименьшее – 5% для первого и пятого кластеров (Окраинное озеро 1 и Бессточные озера).

В ряду от первого к пятому кластеру наблюдается тенденция к уменьшению средних значений рН, а также к возрастанию количества видов (за исключением 4 группы). Индекс Симпсона характеризует изучаемые выборки по показателю видового разнообразия как достаточно богатые. Индекс Бергера-Паркера коррелирует с показателями рН (0,62). Его минимальные показатели для пятой группы (Бессточные озера) с самым низ-

ким значением рН (3,51) свидетельствуют об отсутствии видов с высокой степенью доминирования, что можно объяснить неспособностью видов полноценно конкурировать друг с другом в экстремальных для них условиях. В то же время относительно высокий показатель индекса Бергера – Паркера (0,5) в первой группе (Окраинное озеро 1) указывает на наличие видов с более высоким уровнем доминирования и достаточно благоприятной для них обстановке в нейтральной среде (рН = 7,04*). Индекс Шеннона в полученных кластерах коррелирует с показателями рН (0,59) и электропроводности (0,76) и характеризуется своим максимальным значением вторую группу (Окраинное озеро 2) как группу с наибольшим видовым разнообразием, находящуюся в наиболее благоприятных из представленных условий (рН = 6,35*, $\mu\text{S}/\text{cm} = 49,40^*$).

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает признательность А. А. Свирид, Д. Г. Груммо, Т. А. Макаревич, И. А. Рудаковскому, Н. Ю. Сухоило, Н. М. Роговскому, А. В. Тимашиковой за оказанную консультативную помощь при подготовке и написании данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев, А. В. Рельеф Белоруссии / А. В. Матвеев, Б. Н. Гурский, Р. И. Левицкая. – Минск: Университетское, 1988. – 320 с.
2. Биологическое разнообразие Белорусского Поозерья /Л. М. Мержвинский [и др.]; под ред. Л. М. Мержвинского. – Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2011. – 413 с.
3. Якушко, О. Ф. Геоморфология Беларуси / О. Ф. Якушко, Л. В. Марьина, Ю. Н. Емельянов; под ред. О. Ф. Якушко. – Минск: Университетское, 2000. – 172 с.
4. Пидопличко, А. П. О времени образования и особенностях развития озер и торфяников в голоцене на территории Белорусской ССР / А. П. Пидопличко, М. А. Конойко // Доклады Академии наук БССР – 1959. – Т. 3. – С. 456–458.
5. A new formal subdivision of the Holocene Series / Epoch in Estonia / T. Hang, [et al.] // Estonian Journal of Earth Sciences: Teaduste Akadeemia Kirjastus – 2020. – Vol. 69, № 4. – P. 269–280.
6. Озёра Белоруссии / О. Ф. Якушко [и др.]; под ред. О. Ф. Якушко. – Минск: Ураджай, 1988. – 216 с.
7. Флора и растительность ландшафтного заказника «Ельня» / Д. Г. Груммо [и др.]. – Минск: Минсктипроект, 2010. – 200 с.
8. Пидопличко, А. П. Озёрные отложения Белорусской ССР (генезис, стратиграфия и некоторые качественные особенности) / А. П. Пидопличко; под ред. И. И. Лиштвана. – Минск: Наука и техника, 1975. – 120 с.
9. Паламар, Г.М. Альгофлора різних типів боліт Західного Полісся / Г.М. Паламар // Бот. журн. АН УРСР. – 1954. – Вып. 11, № 4. – С. 51–58.
10. Куликовский, М. С. История изучения флор диатомовых водорослей в сфагновых болотах России и некоторых сопредельных государствах // М. С. Куликовский / Новости систематики низших растений. – 2008. – Т. 42. – С. 36–54.
11. Gilibert, J. E. Flora Lithuanica inchoata, seu Enumeratio plantarum, quas circa Grodnam collegit et determinavit Joannes Emmanuel Gilibert : in 5 vol. / J.E. Gilibert. – Grodnae – Vilnae: Typis S. R. M., 1781–1782. –Vol. 1. – 128 p.
12. Михеева, Т. М. Озерный фитопланктон и его продукционные возможности в водоемах разного типа: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 105 / Т. М. Михеева; Бел. гос. ун-т им. В.И. Ленина. – Минск, 1969. – 26 с.
13. Комплексное лимнологическое обследование озерных водоемов Белоруссии: отчет о НИР (промежут.) / рук. О. Ф. Якушко; НИЛ озераведения БГУ. – Минск, 1971–1972. – Т. 2. // Архив НИЛ озераведения БГУ. – № 5967. – Л. 1–461.
14. Свирид, А. А. Диатомовая флора дистрофного озера Пострежское (Березинский биосферный заповедник) / А. А. Свирид // Ботан. журн. – 1995. – Т. 80, № 8. – С. 43–49.
15. Свирид, А. А. Диатомовые водоросли озер Палик и Пострежское (Березинский заповедник) / А. А. Свирид // Вестник БГПУ. – 2006. – №1, сер.3. – С. 41–47.
16. Митропольская, И. В. Альгофлора верхового болота Мох (Гидрологический заказник Ельня, Беларусь) / И. В. Митропольская [и др.] // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: материалы III Всерос. науч. конф., Пушкино, 27.01–01.02.2008. – Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, Пушкино. – 2008. – С. 555–557.
17. Макаревич, Т. А. Таксономическая структура водорослевых сообществ болотных экосистем Национального парка «Нарочанский» / Т. А. Макаревич, Н. Г. Лесько // Растительность болот: современные проблемы

классификации, картографирования, использования и охраны: материалы межд. науч.-практ. семинара, Минск, 30.09–01.10.2009. – Минск, 2009. – С. 197–199.

18. Степурко, Д. О. Новые для Беларуси виды водорослей из верхового болота Белоголовье (национальный парк «Нарочанский») / Д. О. Степурко, А. Ю. Юркевич, Т. А. Макаревич // Антропогенная трансформация ландшафтов: тезисы докл. науч.-практ. конф., Минск, 16 ноября 2012 г. – Минск, 2012. – С. 117–119.

19. Макаревич, Т. А. Альгофлора болотных экосистем Национального парка «Нарочанский» (Беларусь) / Т. А. Макаревич // Актуальные проблемы современной альгологии: тезисы докл. IV междунар. конф. – Киев, 2012. – С. 182–183.

20. Водные ресурсы Национального парка «Нарочанский»: справочник / А. Г. Аронов [и др.]; под общ. ред. В. С. Люштыка, Т. В. Жуковой. – Минск: Рифтур Принт, 2012. – 123 с.

21. Петров, В. Н. Новые виды водорослей для альгофлоры Беларуси / В. Н. Петров // Молодежь в науке – 2016: сб. мат. Междунар. конф. молодых ученых, Минск, 22–25 нояб. 2016 г.: в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси. Совет молодых ученых; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2017. – Ч. 2. Биологические, гуманитарные, медицинские, физико-математические, физико-технические, химические науки. – С. 47–50.

22. Петров, В. Н. Род *Tabellaria* Ehrenberg ex Kützing в водоемах ландшафтного заказника республиканского значения «Ельня» (Республика Беларусь) / В. Н. Петров // Материалы XV Междунар. конф., пос. Борок, Россия, 24–27 августа 2017 г. – Ярославль. – С. 51–52.

23. Piatrou, U. A new species of the genus *Eunotia* Ehrenb. for algal flora the Republic of Belarus / U. Piatrou // Abstracts of the 25th International Diatom Symposium, Berlin 25–30 June 2018 / Botanic Garden and Botanical Museum Berlin, Freie Universität. – Berlin, 2018. – P. 138.

24. Петров, В. Н. Диатомовые водоросли фитобентоса реки Ельнянка (ландшафтный заказник республиканского значения «Ельня»). / В. Н. Петров // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны: материалы III межд. науч. семинара, Минск-Гродно 26–28 сент. 2018 г. / Национальная академия наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2018. – С. 96–100.

25. Петров, В. Н. Диатомовые водоросли фитобентоса реки Волга (ландшафтный заказник республиканского значения «Ельня») / В. Н. Петров // Понт Эвксинский – 2019: материалы XI Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых по проблемам водных экосистем, посвящ. памяти д.б.н., проф. С. Б. Гулина, г. Севастополь, 23–27 сентября 2019 г. – Севастополь, 2019. – С. 53–54.

26. Петров, В. Н. Диатомовые водоросли бентоса озера Таболки (заказник «Ельня», Республика Беларусь) / В. Н. Петров // Вопросы современной альгологии. – 2019. – № 2 (20). – С. 131–134.

27. Самович, Т. В. Перспективы использования отдельных представителей альгофлоры верховых болот Беларуси в биотехнологии / Т. В. Самович, В. Н. Петров, Н. В. Козел // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны: материалы IV межд. науч. семинара, Минск-Витебск, 22–24 сентября 2021 г. – Минск, 2021. – С. 82–86.

28. Петров, В. Н. Состав и экологическая характеристика комплексов диатомовых водорослей бентоса рек заказника республиканского значения «Ельня» (Беларусь) / В. Н. Петров // Природные ресурсы. – 2022. – №2. – С. 57–68.

29. Петров В. Н. Экологическая характеристика, распространение и прогнозная экстраполяция встречаемости вида красной водоросли *Paludicola turfosa* (Bory) M.L. Vis & Necchi на территории Республики Беларусь / В. Н. Петров // Ботаника (исследования): сб. науч. тр./ Ин-т эксперим. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2022. – Вып. 51. – С. 39–44.

30. Петров, В. Н. Роль диатомовых водорослей в фитопланктоне дистрофных озер / В. Н. Петров, А. Ю. Карпаева // Диатомовые водоросли: морфология, биология, систематика, экология, флористика, палеогеография, биоэволюция: материалы XVIII Межд. науч. конф. диатомологов, посвящ. памяти выдающ. рос. диатомологов Н. И. Стрельниковой и Л. Я. Каган; г. Апатиты, Мурманская область, Россия, 28 августа – 3 сентября 2023 / Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук». – Научное электронное издание. – Апатиты, 2023. – С. 170–172.

31. Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные / З. И. Глезер [и др.]. – Л.: Наука, 1974. – Т. 1. – 403 с.

32. Определитель диатомовых водорослей России / М. С. Куликовский [и др.]. – Ярославль: Филигрань, 2016. – 804 с.

33. Чудаев, Д. А. Диатомовые водоросли озера Глубокого (Московская область) / Д. А. Чудаев, М. А. Гололобова. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. – 447 с.

34. Lange-Bertalot, H. *Eunotia* and some related genera / H. Lange-Bertalot, [et al.]. – Ruggell, 2011. – 747 p.

35. Krammer, K. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa / K. Krammer, H. Lange-Bertalot. – Stuttgart; New York, 1991. – 576 s.

36. Баринава, С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С. С. Баринава, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – Тель-Авив: PilicsStudio, 2006. – 498 с.

37. Диатомовые водоросли планктона реки Свислочь и ее водохранилищ / С. И. Генкал [и др.]. – М.: Научный мир, 2013. – 236 с.

38. Куликовский, М. С. Новый вид рода *Tabellaria* Ehr. (*Bacillariophyta*) с трехрадиальной симметрией / М. С. Куликовский // Альгология. – 2009. – Т. 19, № 3. – С. 304–312.

39. Баринава, С. С. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы / С. С. Баринава, Е. П. Белоус, П. М. Царенко. – Хайфа, Киев: Издательство Университета Хайфы, 2019. – 367 с.

40. AlgaeBase [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.algaebase.org>. – Дата доступа: 25.11.2023.

Поступила в редакцию 24.11.2023 г.

УДК 581.93:581.526.3 (476)

К. Л. САВИЦКАЯ

СТРУКТУРА ФЛОРЫ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ ПУХОВИЧСКОЙ РАВНИНЫ

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

Аннотация. Таксономическое разнообразие водной флоры Пуховичской равнины представлено 95 видами (12 гибридами) высших растений из 53 родов, 28 семейств, 19 порядков, 3 классов, 3 отделов и оценено как умеренно высокое с сокращающимся количеством видов водного ядра. 10 ведущих семейств (*Cyperaceae*, *Potamogetonaceae*, *Poaceae*, *Typhaceae*, *Araceae*, *Apiaceae*, *Hydrocharitaceae*, *Plantaginaceae*, *Ranunculaceae*, *Lentibulariaceae*) включают 72,6% видовой состава водной флоры. В долготном географическом спектре преобладают широкоареальные виды: голарктические (35,8%), евразийские (31,6%), плурирегиональные (16,8%); в широтном – виды нескольких биогеографических зон: борео-меридиональные (31,6%), борео-субмеридиональные (20,0%), плуризонные (20,0%). Структура трофоморф (эвтрофные виды – 46,3%, мезотрофные – 50,5%, олиготрофные – 3,2%) водной флоры обусловлена постепенным эвтрофированием водных объектов. Установлено, что численное соотношение видов гидрофитов, гелофитов и гигрогелофитов в водной флоре зависит от уровня и вида антропогенного преобразования водоемов и водотоков, для Пуховичской равнины имеет вид 2:1:2. Виды флоры водных объектов распределены между 4 типами жизненных форм (гемикриптофиты – 37,0%, криптофиты – 51,2%, терофиты – 10,6%, хамефиты – 1,2%). Доля охраняемых видов растений в водной флоре – 8,8%, адвентивных – 9,5%.

Ключевые слова: водные растения, таксономическая структура, географические элементы, экологический анализ, трофоморфы, жизненные формы, охраняемые растения.

K. L. SAVITSKAYA

FLORA STRUCTURE OF THE PUKHOVICHY PLAIN WATERBODIES AND WATERFLOWS

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

Annotation. The aquatic flora of the Pukhovichy Plain includes 95 species (12 hybrids) of higher plants from 53 genera, 28 families, 19 orders, 3 classes, 3 divisions. The species diversity of the flora is assessed as moderately high. The number of aquatic core species is declining. The 10 leading families (*Cyperaceae*, *Potamogetonaceae*, *Poaceae*, *Typhaceae*, *Araceae*, *Apiaceae*, *Hydrocharitaceae*, *Plantaginaceae*, *Ranunculaceae*, *Lentibulariaceae*) include 72,6% of species of the aquatic flora. The longitudinal geographic spectrum is dominated by wide-area species (holarctic (35,8%), eurasian (31,6%), pluriregional (16,8%)); the latitudinal spectrum is dominated by species of several biogeographic zones (boreo-meridional (31,6%), boreo-submeridional (20,0%), plurizonal (20,0%)). The structure of trophomorphs (eutrophic species – 46,3%, mesotrophic – 50,5%, oligotrophic – 3,2%) of the aquatic flora has been resulted from the gradual eutrophication of water bodies. It has been established that the numerical ratio of species of hydrophytes, helophytes and hygrophelophytes of aquatic flora depends on the level and type of anthropogenic transformation of water bodies. This ratio for the Pukhovichy Plain is 2:1:2. The plant species of water bodies are distributed among 4 types of life forms (hemicyptophytes – 37,0%, cryptophytes – 51,2%, therophytes – 10,6%, chamephytes – 1,2%). The proportion of protected plant species in the aquatic flora is 8,8%, alien ones – 9,5%.

Keywords: aquatic plants, taxonomic structure, geographical elements, ecological analysis, trophomorphs, life forms, protected plants.

ВВЕДЕНИЕ

Более 20 лет назад была опубликована первая и пока единственная работа, содержащая данные о таксономической, биоморфологической, флорогенетической, соэкологической структуре водной флоры Беларуси – монография Г. С. Гигевич, Б. П. Власова, Г. В. Вынаева [1], для создания ко-

торой использовались материалы по видовому составу растений крупных озер (более 600), рек и временных водоемов, полученные, в основном, при выполнении различных государственных программ. В 2023 г. также стали известны особенности структуры флоры малых трансформирован-

ных водотоков бассейна Припяти [2]. Сбор материала в обоих случаях проводился с применением стандартного детально-маршрутного метода. При этом данные о растениях большинства водоемов и водотоков Пуховичской равнины, как и других подобных регионов в подзоне грабово-дубово-темнохвойных лесов, малоизученных во флористическом отношении [3], в этих работах не учтены. Представленные в статье сведения о структуре водной флоры Пуховичской равнины являются результатом первого для республики исследования всей совокупности разнотипных водных объектов (рек, мелиоративных каналов, речных прудов, озер, копаней, водохранилищ) достаточно обширной территории, выполненного по методу сеточного картирования [4]. Преимущество выбора крупной геоморфологической единицы в качестве района исследования перед отдельным речным бассейном заключается в возможности охвата большего разнообразия водных местообитаний (по гидрохимическим характеристикам, гидрологическому режиму, величине и особенностям антропогенной нагрузки и т. д.). В то же время при таком подходе не нарушается принцип структурно-функциональной целостности изучаемого

природного региона, а значит, и водной флоры в его составе, как часто происходит при выборе территорий в административных границах. Анализ видового состава и структуры водной флоры Пуховичской равнины является важным шагом к установлению современных тенденций и направления динамики водной флоры Беларуси, позволяет выделить прогрессирующие и наиболее уязвимые группы видов водных растений, зафиксировать взаимосвязь между соотношением некоторых из выделенных групп и антропогенной нагрузкой на водные объекты, а также является частью оценки биологического разнообразия равнины. Перечисленные данные могут использоваться при разработке частных и общих стратегий природопользования, а также при оценке природоохранного значения отдельных водных объектов или гидрографических сетей.

Целью работы являлось установление структуры водной флоры Пуховичской равнины. В задачи входило выявление видового разнообразия растений водных объектов региона и выполнение таксономического, географического, экологического, биоморфологического, созологического анализов водной флоры.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Большая часть новых местонахождений видов водных растений Пуховичской равнины выявлена в 2018–2023 гг., но также учитывали данные, полученные при изучении водной растительности Минской области в 2010–2017 гг. Территория Пуховичской равнины, включающая Пуховичский, Узденский, часть Червенского, Слуцкого, Стародорожского, Дзержинского, Копыльского, Минского районов Минской области и Осиповичского района Могилевской области, была условно разделена на прямоугольные ячейки размером 7,8×8,1 км. В каждой ячейке выбирали несколько разнотипных водных объектов для подробного изучения видового состава растений (рис. 1). Присутствие того или иного вида и его фитоценотическая значимость отмечали в специальных полевых бланках [4].

Растения классифицированы согласно системе Angiosperm Phylogeny Group, 2016 (APG IV) [5]. Анализ структуры водной флоры равнины выпол-

нен традиционным способом [6]. При установлении ареалов видов руководствовались работами Н. Meusel et al. [7–10]. Группы видов по отношению к обеспеченности субстрата азотом (трофморфы) выделены на основании экологических шкал Г. Элленберга [11] и названы согласно [12]; по отношению к фактору увлажнения – в соответствии с работами [13, 14] с поправками [10], различающиеся по галотолерантности – согласно [15]. При отнесении видов к типу и подтипу жизненных форм растений руководствовались системой Х. Раункиера [16, 17]. Значение терминов «водные растения», «водная флора», «флора водоема (водотока)», «водное ядро флоры» соответствует предложенным В. Г. Папченковым, А. В. Щербановым, А. Г. Лапировым [18]. Гибридные таксоны учитывали только при систематическом анализе флоры водоемов и водотоков (водных объектов) Пуховичской равнины, виды харовых водорослей – только в созологическом анализе флоры.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Флора водоемов и водотоков Пуховичской равнины содержит 170 видов (и 13 гибридов) высших растений, относящихся к 85 родам, 40 семействам, 22 порядкам, 3 классам, 3 отделам, а также 7 видов харовых водорослей из 3 родов, 2 семейств, 1 отдела. Между отделами виды распределены следу-

ющим образом: *Spermatophyta* (класс *Magnoliopsida*) – 166 (13), *Polypodiophyta* (класс *Polypodiopsida*) – 2, *Equisetophyta* (класс *Equisetopsida*) – 2. В классе *Magnoliopsida* доминируют по количеству видов порядки *Poales* – 46 (3), *Alismatales* – 28 (8) и *Lamiales* – 17. Водная флора изучаемой

территории включает 95 видов (и 12 гибридов) высших растений, принадлежащих к 53 родам, 28 семействам, 19 порядкам, 3 классам, 3 отделам. В состав водного ядра флоры входит 38 видов (и 9 гибридов) высших растений из 18 родов, 12 семейств, 9 порядков, 2 классов, 2 отделов. На виды водного ядра в структуре флоры водных объектов равнины приходится 22,4%, что значительно ниже по сравнению с флорой водоемов и водотоков всей Беларуси – 37,2% [1]. Примечательно, что этот процент также является промежуточным между зафиксированным для флор водных объектов некоторых урбанизированных (городских) (20%) и природных (25%) территорий России [19]. Водное ядро в водной флоре Пуховичской равнины представлено 40% видов, что ниже, чем в водной флоре Беларуси (47,9%) или в любом крупном регионе России (49–51%, Кавказ – 42%) [20]. Учитывая существенное различие в площадях сравниваемых территорий, флористическое разнообразие водных объектов Пуховичской равнины можно оценить как умеренно высокое с сокращающимся количеством видов водного ядра.

Семейственный спектр флоры водоемов и водотоков Пуховичской равнины приведен в табл. 1.

Во флоре водных объектов по числу видов лидируют семейства *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Potamogetonaceae*. Самые крупные роды: *Potamogeton* (12 видов), *Juncus* (7), *Carex* (7), *Epilobium* (7), *Persicaria*, *Ranunculus* (6), *Eleocharis* (5), *Typha*, *Bidens*, *Galium*, *Lemna*, *Veronica* (4). Ведущие 10 семейств объединяют 57,7% видов. 20 из 40 семейств содержат 1 или 2 вида; 67 из 85 родов являются одно- или двухвидовыми. Среднее число видов в семействе – 4,3; среднее число родов в семействе – 2,1; среднее количество видов в роде – 2,0. Таким образом, спектр ведущих по количеству видов родов и семейств ожидаемо соответствует географическому положению территории в пределах умеренного пояса Голарктики [1]. Особенностью изучаемой флоры является более высокая позиция семейств *Poaceae* и *Cyperaceae* в семейственном спектре, и более низкая – *Potamogetonaceae*, по сравнению с флорой водоемов и водотоков Беларуси, что объясняется низкой озерностью и преобладанием малых рек, а также небольших по площади водоемов в гидрографической сети региона, более благоприятных для развития прибрежно-водных растений.

Первая тройка семейств водной флоры равнины по их составу и рангам ничем не отличается

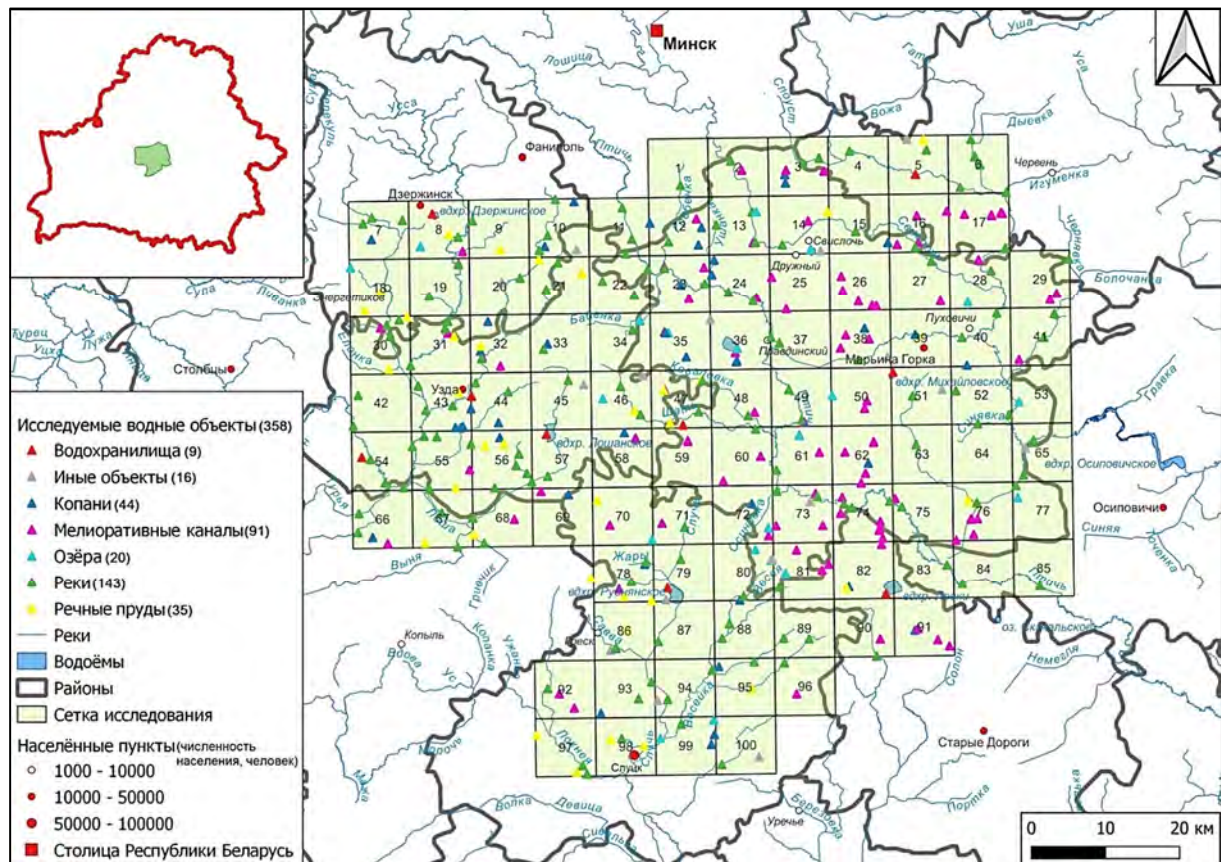


Рис. 1. Карта-схема размещения исследуемых водоемов и водотоков на территории Пуховичской равнины

Fig. 1. Location of the studied water bodies on the territory of the Pukhovichy Plain

Таблица 1. Головная часть семейственного спектра флоры водных объектов Пуховичской равнины
Table 1. The head part of the family spectrum of flora of water bodies of the Pukhovichy Plain

Флора водных объектов Water bodies flora			Водная флора Aquatic flora			Водное ядро флоры Aquatic flora core					
Семейство Family	Количество Number			Семейство Family	Количество Number			Семейство Family	Количество Number		
	родов / genera	видов / species	% видов % of species		родов / genera	видов / species	% видов % of species		родов / genera	видов / species	% видов % of species
<i>Poaceae</i>	9	16	9,41	<i>Cyperaceae</i>	4	14	14,74	<i>Potamogetonaceae</i>	2	13	34,22
<i>Cyperaceae</i>	5	16	9,41	<i>Potamogetonaceae</i>	2	13	13,68	<i>Araceae</i>	2	5	13,16
<i>Potamogetonaceae</i>	2	13	7,65	<i>Poaceae</i>	6	10	10,53	<i>Hydrocharitaceae</i>	4	4	10,53
<i>Asteraceae</i>	6	9	5,29	<i>Typhaceae</i>	2	7	7,37	<i>Lentibulariaceae</i>	1	3	7,9
<i>Polygonaceae</i>	2	9	5,29	<i>Araceae</i>	3	6	6,31	<i>Ceratophyllaceae</i>	1	2	5,26
<i>Ranunculaceae</i>	3	8	4,71	<i>Apiaceae</i>	4	4	4,21	<i>Haloragaceae</i>	1	2	5,26
<i>Juncaceae</i>	1	7	4,12	<i>Hydrocharitaceae</i>	4	4	4,21	<i>Nymphaeaceae</i>	2	2	5,26
<i>Typhaceae</i>	2	7	4,12	<i>Plantaginaceae</i>	2	4	4,21	<i>Plantaginaceae</i>	1	2	5,26
<i>Onagraceae</i>	1	7	4,12	<i>Ranunculaceae</i>	2	4	4,21	<i>Ranunculaceae</i>	1	2	5,26
<i>Apiaceae</i>	6	6	3,53	<i>Lentibulariaceae</i>	1	3	3,16	<i>Polygonaceae</i>	1	1	2,63
<i>Plantaginaceae</i>	2	6	3,53	<i>Polygonaceae</i>	2	3	3,16	<i>Primulaceae</i>	1	1	2,63
<i>Araceae</i>	3	6	3,53	<i>Alismataceae</i>	2	2	2,11	<i>Salviniaceae</i>	1	1	2,63

от флоры водных объектов республики и по составу семейств на две трети сходна с началом семейственно-видовых спектров водной флоры России и мира [20]. Кроме того, 10 ведущих семейств водной флоры Пуховичской равнины совпадают с таковыми как России, так и всего мира на 70%. Высокое сходство является подтверждением аazonальных черт водной флоры в целом. При анализе различий становится ясным, что семейство *Apiaceae*, отсутствующее в спектрах России и мира, вошло в десятку не благодаря повышенному разнообразию видов, а из-за обеднения видами семейств *Nymphaeaceae*, *Sparganiaceae* (в классификации, принятой в данной работе, оно входит в состав *Typhaceae*), *Alismataceae*, являющихся ведущими для водной флоры России и представленными намного большим числом видов в водной флоре Беларуси, но мало-видовыми для исследуемого региона. Достаточно высокой видовой насыщенностью характеризуются первые 10 семейств спектра – 72,6%. Основные пропорции водной флоры – 3,4; 1,9; 1,8 вполне сравнимы с установленными для расположенных восточнее сопредельных территорий [20], но число видов в роде для Пуховичской равнины несколько ниже. Количество семейств, представленных одним видом – 11 (39,3%), число родов, содержащих только один вид – 36 (67,9%). К ведущим родам принадлежат: *Potamogeton* (12 видов), *Carex* (7), *Eleocharis* (5), *Lemna*, *Typha* (4), *Utricularia*, *Ranunculus*, *Sparganium* (3). Их высокое положение в спектре обычно для водных флор [20].

В водном ядре флоры по числу видов лидируют семейства *Potamogetonaceae*, *Araceae*, *Hydrocharitaceae* (см. табл. 1). Самые крупные роды: *Potamogeton* (12), *Lemna* (4), *Utricularia* (3), *Callitriche*, *Ceratophyllum*, *Myriophyllum*, *Ranunculus* (2). Одновидовых семейств 3 (25%), количество родов, представленных одним видом – 11 (61,1%).

На долю адвентивного компонента флоры водных объектов Пуховичской равнины приходится 8,7% ее видового состава (высших растений и гибридных таксонов): 14 видов и 2 гибрида из 10 родов, 9 семейств, 7 порядков, 1 класса (*Magnoliopsida*), 1 отдела (*Spermatophyta*). Наибольшим видовым разнообразием отличаются порядки *Poales* (4 вида), *Alismatales* и *Myrtales* (3). По 3 адвентивных вида включают семейства *Poaceae* и *Onagraceae*, по 2 вида – *Asteraceae* и *Araceae*, остальные семейства одновидовые. Крупнейшие роды: *Epilobium* (3 вида), *Bidens*, *Lemna*, *Zizania* (2).

В составе водной флоры равнины 9 чужеродных видов (2 гибрида) (9,5% или 10,3% с учетом гибридов), относящихся к 8 родам, 7 семействам, 5 порядкам. Ведущие семейства – *Poaceae* (3 вида) и *Araceae* (2), наиболее крупные роды – *Lemna* и *Zizania* (2 вида).

В водном ядре флоры насчитывается лишь 4 вида (1 гибрид) (10,5%, или 10,6% с учетом гибридов) адвентивных представителей, принадлежащих к 4 родам, 4 семействам, 3 порядкам. Более 1 вида включает только семейство *Araceae* и род *Lemna* (2).

Таким образом, за счет адвентивной фракции еще более насыщаются видами в основном лиди-

рующие семейства и отдельные ведущие роды водной флоры Пуховичской равнины, но не повышается таксономическое разнообразие на уровне семейств и выше (исключение – семейство *Acoraceae* порядка *Acorales*, представленное одним натурализовавшимся археофитом – *Acorus calamus* L.).

Географическая структура флоры водных объектов Пуховичской равнины приведена в табл. 2.

Флора водных объектов и водная флора Пуховичской равнины мало различаются по объему основных ареалогических групп: на доминирующие зональные типы геоэлементов (борео-меридиональный, борео-субмеридиональный, плюризональный) приходится 72,4% и 71,6% их видового состава, на главные региональные геоэлементы (голарктический, евразийский) – 72,4% и 67,4% видов.

В структуре водного ядра флоры наиболее многочисленны представители голарктического и плюрирегионального геоэлементов, тогда как в широтном диапазоне наибольший удельный вес имеют борео-меридиональные и плюризональные виды.

Большинство адвентивных видов водных объектов Пуховичской равнины принадлежат к преобладающим ареалогическим группам аборигенных видов (см. табл. 2), а по происхождению являются североамериканскими (7 видов), азиат-

скими (5), средиземноморскими (1), ирано-туранскими (1), культурогенными (1 гибрид).

Большая значимость видов с широкими ареалами – одна из известных общих черт водных флор [10].

В экологической структуре флоры водоемов и водотоков Пуховичской равнины представлены 3 группы классов (настоящие водные растения – 38 видов (22,4%), прибрежно-водные растения – 57 видов (33,5%), заходящие в воду береговые растения – 75 видов (44,1%)), 5 классов (гидрофиты, гелофиты, гигрогелофиты, гигрофиты и гигромезофиты), 9 экологических групп растений (рис. 2).

Среди экогрупп водного ядра флоры наиболее значимы гидрофиты погруженные укореняющиеся (см. рис. 2), 85,7% которых являются доминирующими видами в водных фитоценозах. В группе классов прибрежно-водных растений наиболее многочисленна экогруппа гигрогелофитов, в которой имеются и доминанты, и ассектаторы. Около 50% видов гигрогелофитов – представители семейств *Cyperaceae* и *Poaceae*. Заходящие в воду береговые растения на 92% представлены экогруппой гигрофитов, участвующих в образовании растительности в качестве ассектаторов, и, реже, субдоминантов.

Соотношение числа видов гидрофитов, гелофитов и гигрогелофитов в водной флоре равнины

Таблица 2. Географическая структура флоры водных объектов Пуховичской равнины (после наклонной черты приводятся данные по адвентивному компоненту флоры)

Table 2. Geographical structure of flora of water bodies of the Pukhovichy Plain (data on the adventive component of the flora is given after the slash)

Зональные типы геоэлементов Geoelements zonal types	Флора водных объектов Water bodies flora		Водная флора Aquatic flora		Водное ядро флоры Aquatic flora core	
	Видов / Species		Видов / Species		Видов / Species	
	число number	%	число number	%	число number	%
Борео-меридиональный	55/5	32,35/35,71	30/2	31,58/22,22	12/1	31,58/25,0
Борео-субмеридиональный	36/4	21,18/28,57	19/3	20/33,34	7	18,42
Плюризональный	32/2	18,82/14,30	19/2	20/22,22	11/2	28,95/50,0
Аркто-меридиональный	15	8,82	10	10,53	1	2,63
Борео-температный	12/1	7,06/7,14	5	5,26	1	2,63
Температно-меридиональный	8/1	4,71/7,14	7/1	7,37/11,11	3	7,9
Аркто-субмеридиональный	7	4,12	3	3,16	1	2,63
Аркто-температный	3	1,76	1	1,05	1	2,63
Борео-тропический	1/1	0,59/7,14	1/1	1,05/11,11	1/1	2,63/25,0
Температно-субмеридиональный	1	0,59	0	0	0	0
Региональные типы геоэлементов Regional types of geoelements	Флора водных объектов Water bodies flora		Водная флора Aquatic flora		Водное ядро флоры Aquatic flora core	
	Видов / Species		Видов / Species		Видов / Species	
	число number	%	число number	%	число number	%
Голарктический	72/7	42,35/50,0	34/3	35,79/33,33	13/1	34,21/25,0
Евразийский	51/4	30/28,57	30/3	31,58/33,33	9	23,68
Плюрирегиональный	22/3	12,94/21,43	16/3	16,84/33,33	11/3	28,95/75,0
Европейско-сибирский	16	9,42	9	9,47	3	7,9
Европейский	9	5,29	6	6,32	2	5,26

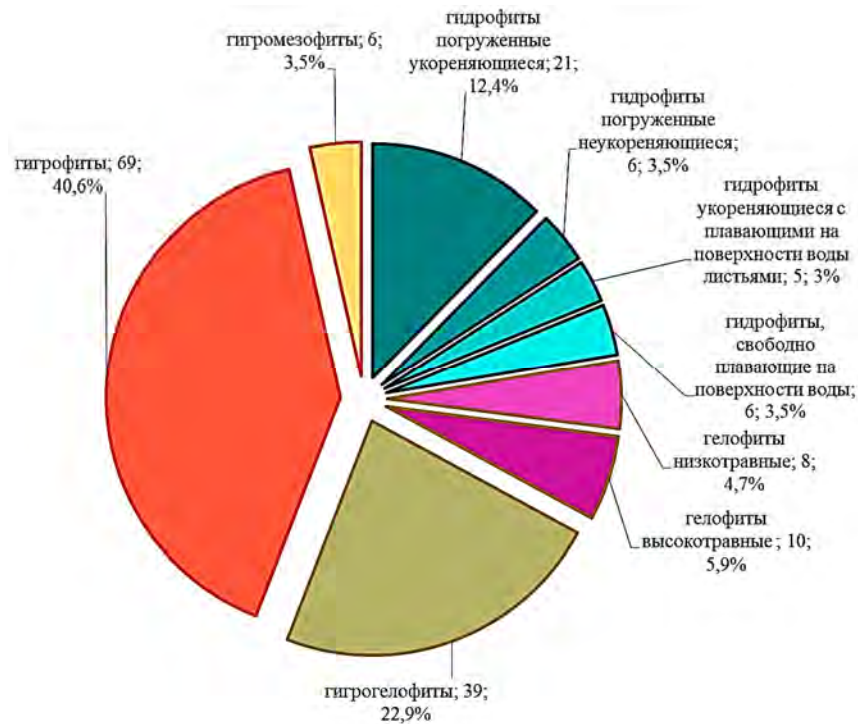


Рис. 2. Экологическая структура флоры водоемов и водотоков Пуховичской равнины

Fig. 2. Ecological structure of the flora of water bodies of the Pukhovichy Plain

– 2:1:2, тогда как для природных регионов и даже для отдельных водных объектов (естественных или искусственных) очень часто регистрируется соотношение этих классов в пропорции 4:1:2 [13, 20], т.е. разнообразие гидрофитов в рассматриваемой флоре нетипично низкое. Также замечено, что в пределах городов при исчезновении многих типов водных местообитаний, загрязнении водоемов и их антропогенной трансформации, фракция настоящих водных растений в 4 раза становится беднее видами в сравнении с прибрежно-водной составляющей флоры [19]. В случае Пуховичской равнины, где отмечено достаточно много различных водных местообитаний, антропогенное эвтрофирование и преобразование водных объектов выходят на первый план среди факторов, приводящих к деградации водного ядра флоры. В качестве доказательства можно привести следующий пример. Установленные численные соотношения видов гидрофитов, гелофитов, гигрогелофитов водной флоры водохранилищ Лошанское – 2:1:2, Руднянское – 3:1:1, Михайловское – 2:1:1, находящихся на территории Пуховичской равнины, нетипичны для рукотворных водоемов и соответствуют преобладающим дестабилизирующим процессам в каждой из экосистем: эвтрофированию вод в Лошанском и Михайловском водохранилищах, антропогенному изменению береговой зоны (покрытие бетонными плитами, трансформация гидрорежима) в Руднянском и Михайловском водохранилищах.

Более 50% видов водного ядра флоры Пуховичской равнины устойчивы к засолению вод (рис. 3). В различной мере галотолерантные виды (например, *Stuckenia pectinata* (L.) Börner, *Potamogeton friesii* Rupr., *Myriophyllum spicatum* L. и другие) гораздо меньше уязвимы к антропогенно вызванному повышению концентраций солей в водных объектах.

Структура трофоморф во флоре водных объектов Пуховичской равнины отражает постепенный переход водоемов и водотоков этой территории к эвтрофному статусу. Эвтрофные и мезотрофные виды растений в ней представлены примерно в равных долях (46,5% и 45,9%), меньше всего олиготрофных видов (7,6%). В водном ядре флоры также доминируют эвтрофные виды (52,6%), тогда как на мезотрофные и олиготрофные приходится 44,8% и 2,6% видового разнообразия. Несколько больший вклад мезотрофных растений (50,5%) характерен для водной флоры равнины, содержащей ряд мезоолиготрофных гигрогелофитов болотных сплавин (3,2%) (рис. 4).

В адвентивной фракции флоры водных объектов равнины присутствуют все упомянутые выше экологические группы классов растений приблизительно в равном количественном соотношении: 4 вида относятся к настоящим водным (гидрофитам погруженным укореняющимся (1) и неукореняющимся (1), свободно плавающим на поверхности воды (2)), 5 видов – к прибрежно-водным (гелофитам высокотравным (3), гидро-

гелофитам (2)), 5 видов – к заходящим в воду береговым растениям (гигрофитам). Следует отметить, что 42,9% адвентивных видов принадлежат к самым бедным аборигенными представителями экогруппам. Внедрение во флору водоемов и водотоков, активное распространение и в большинстве случаев успешная натурализация преимущественно эвтрофных (64,3%), и, реже, мезотрофных (35,7%) видов служит очередным доказательством эвтрофирования вод исследуемой территории.

Во флоре водных объектов Пуховичской равнины по продолжительности жизни преобладают многолетние травянистые растения (151 вид – 88,8%), лишь примерно десятая часть видов (19 – 11,2%) – одно- и двулетники. На 78,6% образована многолетниками и адвентивная фракция изучаемой флоры. Фанерофиты (деревья и кустарники) не фиксировались на полевом этапе исследования (изучались преимущественно открытые берега и акватории водных объектов) и не включались в видовые перечни. Согласно ли-

тературным источникам, вклад гидрофильных видов фанерофитов во флору водных объектов Беларуси и некоторых сопредельных территорий не превышает 10% [1, 2, 10].

Видовой состав флоры водных объектов Пуховичской равнины подразделяется по типам жизненных форм Х. Раункиера следующим образом – гемикриптофиты (63 вида, 37,0%), криптофиты (87, 51,2%), терофиты (18, 10,6%), хамефиты (2, 1,2%), по подтипам – так, как показано на рис. 5. Преобладание криптофитов, свойственное изучаемой флоре, является общей чертой водных флор [10, 22], а процентный вклад гемикриптофитов, терофитов и хамефитов в структуру рассматриваемой флоры соответствует представленности растений перечисленных жизненных форм в умеренном климатическом поясе [23].

При этом вклад криптофитов в образование фитоценозов водных объектов, оцененный по относительному количеству доминантов и субдоминантов, в 3,4 раза выше по сравнению с гемикриптофитами (рис. 6).



Рис. 3. Соотношение различных по галотолерантности видов гидрофитов в водном ядре флоры

Fig. 3. The ratio of hydrophyte species of different halotolerant types in the aquatic core of the flora

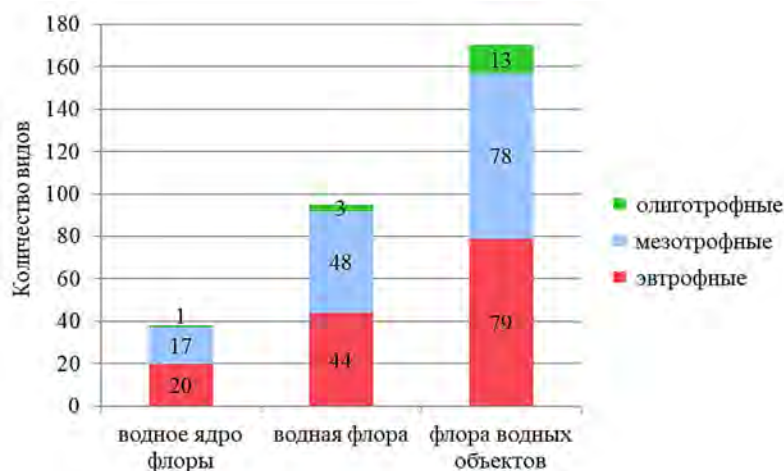


Рис. 4. Представленность различных трофоморф во флоре водных объектов Пуховичской равнины

Fig. 4. Various trophomorphs in the flora of water bodies of the Pukhovichy Plain

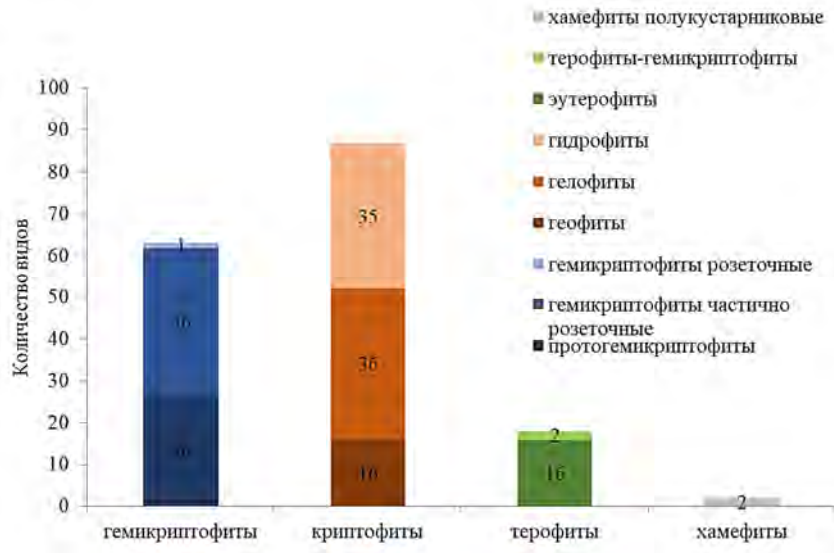


Рис. 5. Распределение видов флоры водных объектов Пуховичской равнины по типам и подтипам жизненных форм

Fig. 5. Distribution of the species of flora of water bodies on the Pukhovichy Plain by types and subtypes of life forms

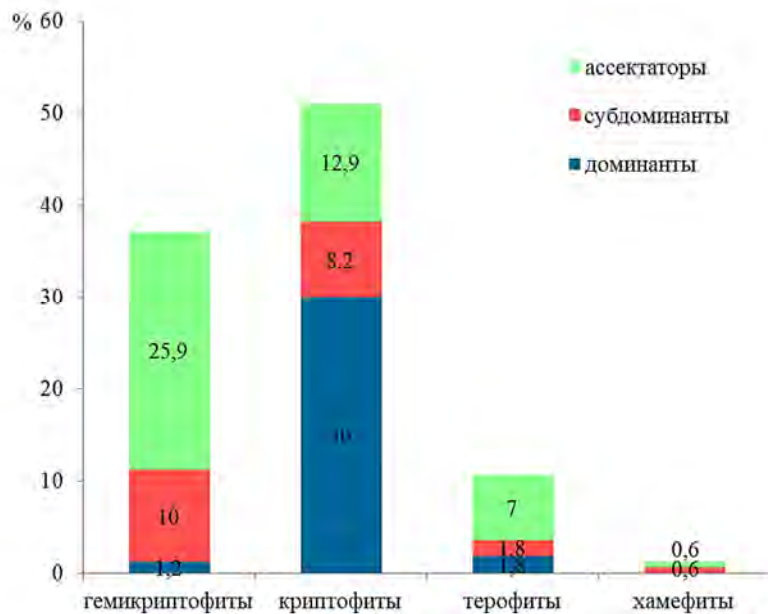


Рис. 6. Распределение видов флоры водных объектов Пуховичской равнины, имеющих различную фитоценогическую значимость, по типам жизненных форм

Fig. 6. Distribution of the species of flora of water bodies on the Pukhovichy Plain, having different phytocenotic significance, by types and subtypes of life forms

Таким образом, преобладающей жизненной формой водных и заходящих в воду растений Пуховичской равнины являются криптофиты, к которым относится 51,2% видового состава флоры водных объектов, а также 71,3% доминантов и субдоминантов водной растительности региона.

Адвентивные представители флоры водных объектов лишь несколько увеличивают вес богатых аборигенными видами типов жизненных

форм – криптофитов (на 8 видов подтипов гелофитов (3), геофитов (1), гидрофитов (4)), гемикриптофитов (на 3 вида протогемикриптофитов), терофитов (на 3 вида эутерофитов).

Созологически значимых видов в структуре флоры водоемов и водотоков Пуховичской равнины всего 12: 5 видов (*Najas major* All., *Berula erecta* (Huds.) Coville, *Drosera intermedia* Hayne, *Nitellopsis obtusa* (Desvaux A. N.) Groves J., *Chara*

fragilis Desv.) III категории национальной природоохранной значимости (VU – vulnerable); 1 вид IV категории значимости (NT – near threatened) (*Salvinia natans* (L.) All.) основного списка Красной книги Беларуси [21], а также 3 вида категории недостаточно изученных (DD – data deficient) (*Potamogeton acutifolius* Link, *P. trichoides* Cham. et Schtdl., *Utricularia australis* R. Br.) и 3 – категории требующих внимания (LC – least concern) видов (*Bistorta major* Gray, *Utricularia minor* L., *Ga-*

lium trifidum L.) перечня профилактической охраны, что составляет 6,8% от всех выявленных видов. В структуре водной флоры равнины на долю охраняемых видов приходится 8,8%, в водном ядре флоры – 17,8%. Такой высокий процент охраняемых видов в составе гидрофитов объясняется двумя причинами: малочисленностью видов самого водного ядра и миграцией на территорию равнины многих приведенных редких гидрофитов из более южных регионов в связи с изменением климата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1. Современное разнообразие флоры водоемов и водотоков Пуховичской равнины умеренно высокое и представлено 170 видами (и 13 гибридами) высших растений, относящихся к 85 родам, 40 семействам, 22 порядкам, 3 классам, 3 отделам, а также 7 видами харовых водорослей из 3 родов, 2 семейств, 1 отдела. Водная флора региона включает 95 видов (и 12 гибридов) высших растений, принадлежащих к 53 родам, 28 семействам, 19 порядкам, 3 классам, 3 отделам, а также харовые водоросли. В водном ядре флоры насчитывается 38 видов (и 9 гибридов) высших растений из 18 родов, 12 семейств, 9 порядков, 2 классов, 2 отделов. Уровень адвентизации водной флоры Пуховичской равнины достаточно низкий и равен 9,5%.

2. Особенности природных условий Пуховичской равнины и ее гидрографической сети (многочисленность небольших по площади водоемов и малых рек), а также географическое положение региона в пределах умеренного пояса Голарктики, обуславливают состав и ранги лидирующих семейств в семейственно-видовом спектре флоры водных объектов: первую и вторую позицию занимают семейства *Poaceae* и *Cyperaceae*, включающие прибрежно-водные растения, и лишь третья – семейство настоящих водных растений – *Potamogetonaceae*. Азональность водных растений является причиной 70% сходства состава 10 ведущих семейств водной флоры равнины (*Cyperaceae*, *Potamogetonaceae*, *Poaceae*, *Typhaceae*, *Araceae*, *Apiaceae*, *Hydrocharitaceae*, *Plantaginaceae*, *Ranunculaceae*, *Lentibulariaceae*) и мира.

3. В долготном географическом спектре водной флоры региона преобладают широкоареальные виды (голарктические (35,8%), евразийские (31,6%), палеоарктические (16,8%)), в широтном – виды, распространенные в нескольких биогеографических зонах (борео-меридиональные (31,6%), борео-субмеридиональные (20,0%), палеоарктические (20,0%)).

4. Структура трофоморф во флоре водных объектов (эвтрофные виды – 46,5%, мезотрофные – 45,9%, олиготрофные – 7,6%), в водной флоре (46,3%, 50,5%, 3,2%) и в водном ядре флоры (52,6%, 44,8%, 2,6%) Пуховичской равнины отражает постепенный переход водоемов и водотоков этой территории к эвтрофному статусу. Поступление биогенных элементов с водосборов вызывает повышение доли эвтрофных видов как в первом естественном буферном поясе из береговых заходящих в воду и прибрежно-водных растений, так и во втором аккумулярующем биогены барьере, состоящем из гидрофитов.

5. Численное соотношение видов различных экологических классов (гидрофитов, гелофитов и гигрогелофитов) водной флоры зависит от уровня и вида антропогенного преобразования водоемов и водотоков. Для водной флоры Пуховичской равнины оно имеет вид – 2:1:2 и отражает нетипично низкое разнообразие видов гидрофитов, или деградацию водного ядра флоры под влиянием антропогенного эвтрофирования водных объектов и преобразования береговых зон водоемов.

6. Во флоре водных объектов Пуховичской равнины встречаются виды четырех типов и девяти подтипов жизненных форм (фанерофиты исключены из анализа): гемикриптофиты (63 вида, 37,0%), криптофиты (87, 51,2%), терофиты (18, 10,6%), хамефиты (2, 1,2%). Криптофиты – преобладающая жизненная форма растений водоемов и водотоков, объединяющая свыше 70% доминантов и субдоминантов водной и прибрежно-водной растительности региона.

7. Созологически значимых видов растений в структуре флоры водоемов и водотоков Пуховичской равнины 6,8%, в водной флоре – 8,8%, в водном ядре флоры – 17,8%. Среди них 6 видов основного списка Красной книги Беларуси (III и IV категорий национальной природоохранной значимости) и 6 – перечня профилактической охраны (категорий недостаточно изученных и требующих внимания видов).

8. Общими для водной флоры Пуховичской равнины и иных водных флор, в т. ч. сопредельных с Беларусью территорий, являются такие характеристики, как: большой вклад семейства *Rotatogetonaceae*, связанный со способностью его представителей к миграции на большие расстояния посредством орнитохорного переноса диаспор [20]; превалирование криптофитов в спектре жизненных форм; преобладание широкоареальных гюларктических, евразийских и космополитных видов, распространенных от бореальной до меридиональной биогеографической зоны.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (грант БРФФИ-М № Б23М-010 «Оценка антропоустойчивости и прогноз динамики водной флоры в условиях различных антропогенных нагрузок», № ГР 20231212 от 02.05.2023 г.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гигевич, Г. С. Высшие водные растения Беларуси. Эколого-биологическая характеристика, использование и охрана / Г. С. Гигевич, Б. П. Власов, Г. В. Вынаев. – Минск: БГУ, 2001. – 231 с.
2. Мойсейчик, Е. В. Флористическое разнообразие макрофитной растительности трансформированных малых водотоков бассейна р. Припять / Е. В. Мойсейчик // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 51. – С. 29–38.
3. Савицкая, К. Л. Состояние изученности флоры и растительности водных объектов Минской области / К. Л. Савицкая // Природные ресурсы. – 2018. – № 1. – С. 40–64.
4. Серегин, А. П. Флора Владимирской области: анализ данных сеточного картирования / А. П. Серегин. – Москва: Т-во науч. изд. КМК, 2014. – 441 с.
5. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV / J. W. Byng [et al.] // Botanical Journal of the Linnean Society. – 2016. – Vol. 181. – P. 1–20.
6. Соловьева, В. В. Гидробиотаника: учебник и практикум для академического бакалавриата / В. В. Соловьева, А. Г. Лапиров. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Изд-во Юрайт, 2019. – 461 с.
7. Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora: in 3 bänd. / ed. H. Meusel, E. Jäger, E. Weinert. – Jena: Gustav Fischer, 1965. – Band 1. – 583 s.
8. Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora: in 3 bänd. / ed. H. Meusel [et al.]. – Jena: Gustav Fischer, 1978. – Band 2. – 421 s.
9. Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora: in 3 bänd. / ed. H. Meusel, E. Jäger. – Jena: Gustav Fischer, 1992. – Band 3. – 688 s.
10. Капитонова, О. А. Флора макрофитов Вятско-Камского Предуралья: монография / О. А. Капитонова. – Ярославль: Филигрань, 2021. – 568 с.
11. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa / H. Ellenberg [et al.] // Scripta Geobotanica. – Gottingen : Verlag Erich Goltze KG, 1991. – V. 18. – 248 s.
12. Игнашов, П. А. Применение экологических шкал Элленберга при изучении флоры и растительности малых болот Карелии / П. А. Игнашов, О. Л. Кузнецов // Труды Карельского научного центра РАН. – 2022. – № 8. – С. 114–122.
13. Папченков, В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья / В. Г. Папченков. – Ярославль : ЦМП МУБиНТ, 2001. – 214 с.
14. Папченков, В. Г. О классификации растений водоемов и водотоков / В. Г. Папченков // Гидробиотаника: методология, методы: мат-лы школы по гидробиотанике, Борок, 08–12 апр. 2003 г. / науч. ред.: В. Г. Папченков [и др.] ; Ин-т биол. внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН. – Рыбинск, 2003. – С. 23–26.
15. Ефремов, А. Н. Конспект высших водных растений Омской области / А. Н. Ефремов, К. С. Евженко // Тр. Ин-та биол. внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН. – 2021. – Вып. 93, № 96. – С. 41–59.
16. Raunkiaer, C. Types biologiques pour la geographie botanique. Oversigt Over Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskabs Forhandling / C. Raunkiaer // Academie Royale Des Sciences Et Des Lettres: De Danemark Extrait Du Bulletin De L'annee. – 1905. – № 5. – S. 346–437.
17. Raunkiaer, C. The life forms of plants and statistical plant geography / C. Raunkiaer. – Oxford: Clarendon Press, 1934. – 632 p.
18. Папченков, В. Г. Основные гидробиотанические понятия и сопутствующие им термины: Проект / В. Г. Папченков, А. В. Щербаков, А. Г. Лапиров. – Рязань: Сервис, 2003. – 21 с.
19. Капитонова, О. А. Гидрофильная флора урбанизированных территорий Вятско-Камского Предуралья (на примере городов Удмуртской республики) / О. А. Капитонова // Тр. Ин-та биол. внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН. – 2021. – Вып. 93, № 96. – С. 7–25.
20. Распопов, И. М. Сравнительный анализ водной флоры России и мира / И. М. Распопов, В. Г. Папченков, В. В. Соловьева // Изв. Самарского науч. центра РАН. – 2011. – Т. 13, №1. – С. 16–27.
21. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / предс. редкол.: И. М. Качановский. – 4-е изд. – Минск: Беларус. энцыкл. ім. П. Броўкі, 2015. – 448 с.
22. Тетерюк, Б. Ю. Биоморфологическая структура флоры древних озер европейского Северо-Востока России / Б. Ю. Тетерюк // Бот. журн. – 2012. – Т. 97, № 2. – С. 231–245.
23. Москалюк, Т. А. Жизненные формы как отражение условий среды и отношений в фитоценозе: лекция [Электронный ресурс] / Т. А. Москалюк // Ботанический сад-институт Дальневосточного отделения Российской академии наук. – Режим доступа: <https://botsad.ru/menu/activity/articles/moskalyuk-t/biogeocenologiya/leksiya-6/>. – Дата доступа: 18.10.23.

Поступила в редакцию 08.01.2024 г.

УДК 581.95:582.671.2 (476)

К. Л. САВИЦКАЯ¹, М. А. ДЖУС²

РОГОЛИСТНИК ПОЛУПОГРУЖЕННЫЙ (*CERATOPHYLLUM SUBMERSUM* L., CERATOPHYLLACEAE) В БЕЛАРУСИ: ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ

¹Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: karina_savv@mail.ru

²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: dzhus.maxim@gmail.com

Аннотация. В статье приведены новые данные о малоизученном в Беларуси виде водных растений – роголистнике полупогруженном, или светло-зеленом (*Ceratophyllum submersum* L.). Первые литературные указания вида для исследуемой территории относятся к 18 веку, однако достоверные гербарные сборы датируются лишь началом 2000-х гг. В настоящее время распространение вида характеризуется положительной динамикой, он достоверно отмечен на территории 12 административных районов Витебской, Гродненской, Минской и Брестской областей. Приведены сведения об истории изучения вида во флоре Беларуси, его фитоценотической приуроченности, эколого-биологических особенностях и диагностических отличиях от морфологически сходного вида – роголистника погруженного, или темно-зеленого (*C. demersum* L.). Описано 16 подтвержденных гербарными сборами локалитетов вида в республике, 13 из которых установлены авторами. Сделан вывод об аборигенном статусе вида на территории Беларуси.

Ключевые слова: роголистник полупогруженный, *Ceratophyllum submersum*, Ceratophyllaceae, сосудистые растения, водные растения, распространение, флора Беларуси.

К. L. SAVITSKAYA¹, M. A. DZHUS²

SOFT HORNWORT (*CERATOPHYLLUM SUBMERSUM* L., *CERATOPHYLLACEAE*) IN BELARUS: THE STUDYING HISTORY, DISTRIBUTION, PHYTOCENOLOGY

¹V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: karina_savv@mail.ru

²Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: dzhus.maxim@gmail.com

Annotation. The article provides new data on a poorly studied species of aquatic plant in Belarus – Soft Hornwort (*Ceratophyllum submersum* L.). According to the literature, this species has been indicated for the study area since the end of the 18th century, but trustworthy herbarium confirmation date back only to the early 2000s. Current distribution of the species is characterized by positive dynamics, and nowadays it reliably registered on the territory of the 12 administrative district of Vitebsk, Grodno, Minsk and Brest regions. Information about the history of studying in Belarus, phytocenology, distribution, ecological and biological features, diagnostic differences from morphologically similar species – the Rigid Hornwort (*C. demersum* L.) are shortly discussed in the article. Data about 16 studied voucher herbarium specimens are provided. 13 herbarium specimens are collected by the authors of the article. The native status of the species on the territory of Belarus has been assumed.

Keywords: Soft Hornwort, *Ceratophyllum submersum*, Ceratophyllaceae, vascular plants, aquatic plants, distribution, flora of Belarus.

ВВЕДЕНИЕ

Во флоре Беларуси известен целый ряд видов сосудистых, и, в частности, водных растений, современное распространение и статус которых в составе флоры остаются недостаточно изученными. К таким видам относятся и представители семейства Роголистниковые (*Ceratophyllaceae* Gray). Два вида рода *Ceratophyllum* L. – *C. demersum* L. (роголистник погруженный, или темно-зеленый) и *C. submersum* L. (р. полупогруженный, или светло-зеленый) указываются для Беларуси в

самых ранних ботанических публикациях, посвященных флоре данной территории [1, 2]. Однако если *C. demersum* является массовым видом, произрастающим по всей территории республики [3], то сведения о встречаемости *C. submersum* крайне противоречивы. Во «Флоре БССР» относительно распространения данного вида написано: «Изредка в озерах северной части республики» [4], при этом в диссертационной работе В. П. Мартыненко, который специально занимал-

ся изучением флоры и растительности озер северо-восточной части Белорусского Поозерья [5], а также в работе Л. М. Мерзвинского «Флора Белорусского Поозерья» этот вид вовсе не упоминается [6]. В различных публикациях указывается не менее 10 локалитетов этого вида почти по всей территории республики [7–14], однако гербарный материал, на основании которого можно было бы судить о достоверности данных указаний либо отсутствует, либо ошибочно определен. В последние годы для различных регионов Европы, вероятно в связи с потеплением климата, отмечается «продвижение» *C. submersum* из более южных регионов континента в северном направлении [15–17]. В Беларуси также, начиная примерно с 2000-х гг., отмечается увеличение количества местонахождений роголистника полупогруженного, зачастую приуроченных к хорошо прогреваемым эвтрофным водоемам антропогенного происхождения (копаням, очистным сооружениям, мелководным прудам, водохранилищам и т. п.). В связи с этим представляют интерес вопросы, связанные с современным распространением *C. submersum* на

территории Беларуси, его статусом, фитоценотической приуроченностью, экологическими и биологическими особенностями вида.

Целью работы стало установление современного распространения и статуса *C. submersum* во флоре Беларуси, а также первичная оценка его фитоценотической приуроченности.

Были поставлены следующие задачи:

1. Изучить историю исследования *C. submersum* в Беларуси и обобщить имеющиеся литературные данные о распространении, эколого-биологических особенностях и диагностических признаках вида.

2. На основании изучения гербарного материала построить карту современного распространения вида на территории республики.

3. Дать оценку встречаемости вида в различных типах водных объектов.

4. Определить фитоценотическую значимость вида и спектр типов сообществ с его участием в Беларуси.

5. Оценить статус вида во флоре республики и возможные пути его дальнейшего расселения.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Флористические исследования проводили с июня по август 2010–2020 гг. рекогносцировочно-маршрутным и детально-маршрутным методами. Использование первого метода предполагало построение редкой сети маршрутов к многочисленным водным объектам с целью общего ознакомления с их растительным покровом и отбора наиболее репрезентативных из них, второго – движение по маршрутам в береговых зонах по всему периметру выбранных водоемов и водотоков (их участков), а также по частой, разветвленной сети путей в их акваториях с помощью надувной весельной лодки Kolibri K210 [18, 19]. При гербаризации растений следовали стандартным ботаническим методикам [20, 21], при определении типа грунта и иных дополнительных характеристик местообитаний – методическим рекомендациям А. А. Боброва, Е. В. Чемерис [19]. Координаты мест сбора растений и геоботанических описаний фиксировались с помощью GPS навигатора Garmin Montana 680 (погрешность определения координат – до 15 м). Определение имеющихся в гербарии растений (всего исследовано более 250 гербарных листов) проводили с помощью диагностических ключей и рисунков, посвященных идентификации видов рода *Ceratophyllum*, представленных в литературе и сети Интернет [22–25]. Диагностику неизвестных растений при геоботаническом описании растительности осуществляли с помощью [26, 27].

Описания фитоценозов водных растений выполняли с 15 июня по 15 августа 2010–2020 гг. согласно общепринятым гидрботаническим подходам [19]: в их естественных границах (при небольшой площади) или в наиболее характерных местах с соблюдением принципа выраженности и однородности сообществ, а также достаточности размера пробной площади, который варьировал от 8 до 20 м² при описаниях фитоценозов с участием *C. submersum* (для иных сообществ совпадал с рекомендуемым размером для водных фитоценозов – от 0,1 до 30 м² в зависимости от длины побегов или высоты доминантов, а также от мозаичности растительного покрова). При описании сообществ учитывали следующие параметры: проективное покрытие (общее и каждого вида) на площадь описания, обилие, ярусность, средняя высота, фенофаза, жизненность растений (далее в статье приводятся и анализируются только те из них, которые необходимы для решения поставленных задач). Обилие видов растений оценивали по шкале Ж. Браун-Бланке, постоянство (константность) – по 5-балльной шкале [28]. В анализ вошло 94 из 1145 геоботанических описаний, полученных при изучении водной и прибрежно-водной растительности Минской области. Согласно действующему в отношении водной растительности правилу, принадлежность сообществ с участием *C. submersum* к ассоциациям системы Ж. Браун-Бланке устанавливали с применением критерия доминиро-

вания (обилие-покрытие 3–5 по шкале Ж. Браун-Бланке) и физиономических критериев [28], а также посредством сравнения полученных геоботанических описаний с данными современных синтаксономических обзоров по водной и прибрежно-водной растительности [28–30].

Изученные гербарные образцы хранятся в Гербарии Белорусского государственного университета (MSKU), Гродненского государственного университета имени Янки Купалы (GRSU), Брестского

государственного университета имени А. С. Пушкина (BRTU), Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси имени В. Ф. Купревича (MSK). Дублиеты наиболее массовых сборов переданы в MSK, Гербарий Московского государственного университета (MW), Ботанического института имени В. Л. Комарова РАН (LE). В мировые базы данных (GBIF, iNaturalist и др.) сведения о новых местонахождениях *C. submersum* в Беларуси авторы статьи не вносили.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В состав рода роголистник включают от 2 до 12 (15–20) чрезвычайно полиморфных видов водных растений, широко распространенных в пресных водоемах по всему земному шару [22–24, 31]. С учетом современных данных молекулярной систематики в составе рода выделяют 6 видов, которые распределяются по трем секциям [32]. Основным диагностическим признаком видов является строение плода (его длина и ширина, наличие или отсутствие крыла, количество, длина и расположение шипов, длина плодоножки, строение кроющих брактеей и др.). Однако у некоторых видов плоды образуются очень редко, в связи с чем правильность определения вегетирующих растений нуждается в подтверждении [22–24].

На территории Беларуси произрастает 2 вида рода: *C. demersum* и *C. submersum*. *Ceratophyllum demersum* – обычный, широко распространенный по всей территории Беларуси вид [3]. К нему в качестве разновидности (*C. demersum* var. *platyacanthum* (Cham.) Wimm.) относится и указание *Ceratophyllum pentacanthum* Haynald (например, для аг. Улла Бешенковичского района Витебской области) [10]. Второй вид рода – *C. submersum*, впервые приводится для территории Великого княжества Литовского Станиславом Бонифацием Юндзиллом в 1791 г. без указания конкретных местонахождений («Rośnie w wodach»)¹ [1]. В других, наиболее ранних ботанических исследованиях (в том числе работах Жана Эммануэля Жилибера) *C. submersum* не упоминается [2]. В 1830 г. Эдуард Эйхвальд приводит *C. submersum* для территории Литвы, которая в границах тех лет охватывала и территорию Беларуси. Эйхвальд особо подчеркивает, что в этом регионе вид не цветет и не образует плодов [34]. Карл Фишер в 1844 г. приводит *C. submersum* для бывшего Слуцкого уезда [7]. Эдуард Линдеманн в 1850 г. указывает *C. submersum* для территории Минской и Гродненской губерний [8], а в 1882 г. Константин Чоловский – для Мо-

гилевской губернии (не приводя конкретных местонахождений) [9]. Гербарий, на основании которого можно было бы судить о достоверности этих литературных указаний, до сих пор не обнаружен и, возможно, отсутствует или не сохранился. В последующих публикациях, вплоть до середины 20 века, *C. submersum* для территории Беларуси приводился, в основном, со ссылкой на предыдущих исследователей [35–39]. Сборы И. К. Пачоского, определенные им как *C. submersum* из Жлобинского («ст. Солтановка», 28/05/[18] 92, KW!) и Житковичского («Туров», 26/07/[18]93, LE!) районов Гомельской области в действительности соответствуют *C. demersum*. В 1927 г. И. Г. Васильков указывает *C. submersum* для Горецкого района (не приводя конкретных местонахождений) [40]. По результатам исследований 1927–1928 гг. Р. Н. Гацко указывает вид для оз. Усвея (обильно), Плесно и Паульское (Паулье) Ушачского района Витебской области [10]. В 1953 г. В. А. Михайловская в монографии «Флора Полесской низменности» указывает местонахождения *C. submersum* в окрестностях д. Домачево Брестского района, д. Олтуш и Луковское Малоритского района Брестской области [11]. Несколько позже, в 1956 г., в серии публикаций, посвященных исследованию водоемов Полесья, проведенных начиная с 1949 г., *C. submersum* приводится для левобережных притоков р. Припять – рек Доколька, Оресса, Морочь, Случь, озера Малое, окрестностей г. Петрикова и Турова [12–13, 41]. В монографии Н. В. Козловской вид отмечен в списке флоры Беларуси, но сведения о конкретных местонахождениях в ней отсутствуют [42]. В издании «Определитель высших растений Беларуси» *C. submersum* приводится как очень редкое растение для южных районов республики (также без точных локалитетов) [26]. И. Э. Бученков и А. В. Деревинский указывают в 2008 г. вид для Мядельского района Минской области [43], Д. В. Дубовик и А. Н. Скуратович – для Браславского района Витебской области [44].

¹ В более поздней работе 1811 г. *C. submersum* этим автором уже не указывается [33].

В выполненных недавно диссертационных работах, посвященных изучению флоры Брестского и Припятского Полесья, С. С. Савчук ошибочно указывает вид для окрестностей д. Комаровка Брестского района (24/06/1998, Т. С. Пивницкая, BRTU) и оз. Олтушское Малоритского района (9/07/1949, Н. О. Цеттерман, MSKU) [14], а А. Н. Мялик – для окрестностей г. Пинск (MSK), д. Подболотье Пинского района (MSKU), д. Хлупин (MSK) и г. Туров (LE) Житковичского района [45]. Для восточной части Беларуси, по данным Д. В. Дубовика, вид достоверно не известен [46]. Изучение доступных гербарных материалов, хранящихся в гербариях MSKU, BRTU, GRSU, MSK, LE, KW и имеющих отношение к данным публикациям, показало, что их определение (за исключением указания для Браславского района) ошибочно и относится к *C. demersum*. Вид не приводится для территории республики во «Флоре Восточной Европы» [24]. В Атласе распространения сосудистых растений в Европе *C. submersum* для Беларуси не указан, но граница его распространения расположена вблизи западных, южных и восточных районов республики [47]. Указанный в GBIF на карте распространения вида локалитет в окрестностях д. Шемели Браславского района (<https://www.gbif.org/occurrence/2366576806>) [25] в действительности относится к сопредельной территории Латвии (оз. Шиловка, Каплавская волость)². В вышедшей в 2023 г. обработке рода для территории Беларуси *C. submersum* приводится для Березовского (окрестности д. Спорово), Барановичского (окрестности д. Гать) и Брестского (окрестности д. Томашовка) районов Брестской области [3]. Все локалитеты вида в Минской области в данной работе указываются по нашим, ранее опубликованным (Воложинский, Копыльский, Логойский районы) [48–49], или неопубликованным (Дзержинский район) данным, которые будут процитированы ниже.

От обычного на всей территории Беларуси *C. demersum*, роголистник полупогруженный хорошо отличается трижды или четырежды (а не однажды или дважды) дихотомически ветвящимися, обычно более светло-зелеными, тонкими, гибкими и слипающимися вне воды (а не темно-зелеными, жесткими, легко распадающимися при высушивании и сохраняющими форму вне воды) листьями, плодами (орешками) без длинных верхушечного и боковых шипов, которые довольно часто формируются во второй половине лета и осенью (плоды у *C. demersum* образуются редко и обычно имеют хорошо выраженный вер-

хушечный и два боковых шипа (иногда они могут быть плохо развиты или отсутствовать) (рис. 1). В качестве дополнительных диагностических признаков между видами указываются также расположение лакун, размеры и количество паренхимных клеток на участке листа между первым и вторым дихотомическим разветвлением, однако они нуждаются в дальнейшем изучении [24].

Основной ареал *C. submersum* охватывает страны Европы, Западную и Центральную Азию и Северную Африку [23–24, 47]. В последние десятилетия общий ареал вида существенно расширился. В настоящее время вид известен из Южной (Эквадор, Бразилия) и Центральной (Коста-Рико) Америки, Центральной и Южной Африки (Гвинея, Гана, Чад, Руанда, Танзания, Конго, Замбия, Зимбабве), Восточной, Южной (Китай) и Юго-Восточной (Малайзия, Папуа Новая Гвинея) Азии, Австралии и Новой Зеландии [25]. В Европе встречается в основном в умеренной зоне [47]. В отдельных европейских странах (например, в Финляндии) считается неаборигенным видом, в некоторых странах (Голландия, Ирландия, Великобритания) в последние десятилетия показано прогрессивное увеличение количества известных местонахождений, что, возможно, связано с изменением климата [25, 50]. Восточная граница ареала вида в Европе нуждается в дополнительном исследовании [15, 24].

В сопредельных с Беларусью регионах *C. submersum* распространен неравномерно. В Польше он изредка встречается по всей территории страны, но в восточной и, особенно, северо-восточной части является редким [51]. В Прибалтийских странах вид встречается очень редко, преимущественно вблизи побережья Балтийского моря, произрастая в регионе на северной границе ареала [52]. Вид довольно обычен в Полесской части Украины, однако большинство указаний основано на литературных данных [53]. В Европейской части России в областях, граничащих с территорией Беларуси, до последнего времени вид был очень редок. В Псковской области был впервые обнаружен в 2016 г. (оз. Себежское), в Смоленской области известен из Ельнинского района (окрестности д. Демина) [15, 17]. По данным литературы указывается также для Брянской области [54]. В последние десятилетия в Средней России наблюдается активное распространение вида в северном и северо-восточном направлениях [15, 25].

На территории Беларуси *C. submersum* произрастает вблизи северной границы европейской части ареала [25, 47]. Как видно из современного

² Устное сообщение PhD Peteris Evarts-Bunders (Daugavpils University, Institute of Life Sciences and Technology)

распространения вида (рис. 2), на территории республики он встречается в пределах Витебской (Браславский и Витебский районы), Гродненской (Гродненский район), Минской (Дзержинский, Воложинский, Молодечненский, Логойский, Копыльский и Узденский районы) и Брестской (Брестский, Ляховичский и Барановичский районы) областей, но преимущественно в центральном регионе (это, вероятно, обусловлено специальным исследованием водных объектов этой части страны в последние годы). При картировании распространения вида литературные указания, не подтвержденные гербарным материалом, в расчет не принимались. В будущем весьма вероятно обнаружение вида в пределах Могилевской и, особенно, Гомельской областей, т.к. он известен с сопредельных регионов России и Украи-

ны, где его распространение характеризуется выраженной положительной динамикой [15, 53–54].

Изученные гербарные образцы:

Витебская обл., Браславский р-н, окр. д. Пашевичи, оз. Дрисвяты. На мелководье озера. 7/08/2003. Дубовик Д. В., Скуратович А. Н. № 71683, 71684. MSK.

Витебский р-н, д. Октябрьская, у пересечения ул. Молодежная/Центральная. На мелководье пруда в парке. Джус М. А. 5/08/2020. № 1018. MSKU;

там же, вблизи ул. Октябрьская. На мелководье очистных прудов-отстойников. Джус М. А. 5/08/2020. № 997. MSKU.

Минская обл., Воложинский р-н, 0,7 км к Ю от д. Замостяны, Саковщинское водохранилище. 5/07/2011. Джус М. А. № 497. MSKU (дублиеты в LE, MW³).



А – Степень развитости шипов плода / Presence of fruit spines



В – Ветвление листа / Leaf branching

C. submersum

C. demersum

Рис. 1. Морфологические диагностические признаки *C. submersum* и *C. demersum*:

А – степень развитости шипов плода, В – ветвление листа

Fig. 1. Morphological diagnostic characters of *C. submersum* (left) and *C. demersum* (right):

А – presence of fruit spines, В – leaf branching

³ Сведения о данном локалитете содержатся в GBIF (<https://www.gbif.org/occurrence/1697498826>)

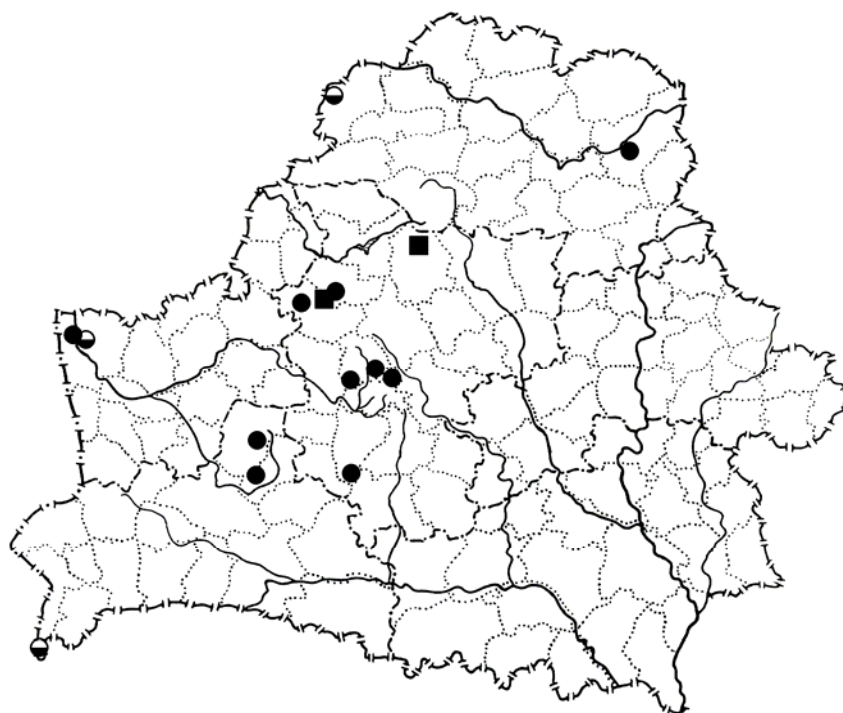


Рис. 2. Распространение *C. submersum* на территории Беларуси
(● – по собственным гербарным данным, ■ – по собственным гербарным данным с выполненными геоботаническими описаниями; ● – по гербарным сборам других авторов)

Fig. 2. Distribution of *C. submersum* on the territory of Belarus
(● – according own herbarium data, ■ – according own herbarium data with phytocoenological relevés); ● – according herbarium data of other collectors)

Воложинский р-н, В окрестности д. Дворище. Пруд, созданный на канализированном притоке реки Западная Березина (вблизи шлюза). 11/07/2018. Савицкая К. Л. MSKU.

Дзержинский р-н, 1 км к З от д. Логовище, мелиоративный канал, впадающий в канаву Синицкая. 4/07/2020. Савицкая К. Л. MSKU.

Дзержинский р-н, ЮЗ окрестности д. Кленовка, пруд на р. Рапусса. 13/07/2020. Савицкая К. Л. MSKU, MSK.

Копыльский р-н, 3 км к ЮЗ от д. Смоличи, СЗ часть водохранилища Краснослободское. Прибрежная часть акватории. 2/07/2017. Савицкая К. Л. MSKU.

Логойский р-н, 1,6 км к З от д. Заборье, северо-западная часть пруда на реке Каргавщина. 1/08/2012. Савицкая К. Л. MSKU, MSK.

Молодечненский р-н, аг. Холхлово. Пруд, созданный на притоке р. Западная Березина. 11/07/2018. Савицкая К. Л. MSKU.

Узденский р-н, 3 окрестности д. Городище, р. Тепленька (вблизи моста). 7/07/2019. Савицкая К. Л. MSKU.

Брестская обл., Брестский р-н, 3,5 км к СЗ от о.п. Влодава. Старица р. Западный Буг. 7/06/2007. Вахний Н. А., Вахний А. А. BRTU (дублет в MSKU).

Барановичский р-н, ЮЗ окраина г. Барановичи. На мелководье пруда-отстойника. 27/08/2014. Джус М. А. № 1844. MSKU.

Ляховичский р-н, Островский с/с, 1,6 км к СВВ от д. Остров. Левобережье р. Мышанка (затока реки). 17/08/2020. Джус М. А. № 1341. MSKU.

Гродненская обл., Гродненский р-н, г. Гродно, вблизи пересечения ул. Грандичской и ул. Мясницкой. Пруд-копань. 16/07/2015. Селевич Т. А. GRSU (дублет в MSKU).

Гродненский р-н, 1 км к СЗЗ от д. Бережаны. На мелководье пруда очистных сооружений «Гродно-азот». 16/08/2013. Джус М. А. № 1309. MSKU.

В целом, из более 20 гербарных листов, собранных и определенных другими исследователями как *C. submersum*, лишь 4 (из 3-х процитированных выше локалитетов) в действительности относились к данному виду.

Тот факт, что с 2003 г. (когда достоверное произрастание *C. submersum* было впервые подтверждено для Беларуси) по 2023 г. количество известных местонахождений достигло 16 (из них 13 установлены авторами статьи), на наш взгляд, позволяет утверждать о выраженной в последние годы положительной динамике распространения вида на территории республики.

Ceratophyllum submersum – настоящее водное растение (полностью погруженный, неукореняющийся гидрофит), произрастает преимущественно в мезотрофных и эвтрофных (ступень 6,8 – богатые азотом местообитания⁴) пресноводных (ступень 0,8 – с низким содержанием минеральных солей) водоемах и слабопроточных водотоках (каналах, старицах и затоках рек), предпочитая водные объекты с близкой к нейтральной реакцией воды (ступень 7,3), хорошо прогреваемые (ступень 7,1 – теплолюбивое) и не испытывающие значительного затенения в период вегетации (ступень 5,6 – полутеневые условия) [55–57].

Фитоценозы, образованные роголистником полупогруженным, в эколого-флористической системе Ж. Браун-Бланке принадлежат к ассоциации (асс.) *Potamogetono-Ceratophylletum submersi* Pop 1962, относящейся к союзу *Stratiotion* Den Hartog et Segal 1964, порядку *Lemnetalia minoris* O. de Bolòs et Masclans 1955, классу *Lemnetea* O. de Bolòs et Masclans 1955 [29–30]. Эти сообщества отличаются доминированием *Ceratophyllum submersum* (иногда также и *Lemna minor*), диагностируются присутствием *C. submersum*, *Lemna minor*, *L. trisulca* [58]. В качестве характерных видов для ассоциации приводятся *Lemna trisulca*, *L. minor*, *Potamogeton nodosus*, *P. lucens* [59].

Фитоценозы ассоциации обычно встречаются в искусственных водоемах (каналах, прудах и др.) с высокой прозрачностью и изменяющимся уровнем воды, песчано-илистыми субстратами, занимая застойные, мелководные (глубина от 0,3 до 1 м), хорошо прогреваемые прибрежные участки водных экосистем [58–60]. Они произрастают в нейтральной и слабощелочной водной среде (при pH 6,5–8,5), на умеренно кислых грунтах [59, 61]. Рассматриваемые сообщества нередко регистрируются в олигогалинных водоемах (степень минерализации – до 5 г/дм³) [29, 61]. Есть мнение, что фитоценозы асс. *Potamogetono-Ceratophylletum submersi* индицируют ранние стадии эвтрофирования водных экосистем [59]. При этом они могут быть приурочены к мезо-, эвтрофным и даже гипертрофным водоемам [58, 61]. Поэтому некоторые авторы констатируют отсутствие негативного влияния человеческой деятельности на данные сообщества, и прогнозируют увеличение числа пригодных для них местообитаний как следствие повсеместной эвтрофикации водоемов. Считается также, что распространению этих стенотермных фитоценозов будет благоприятствовать глобальное потепление климата [62].

Сообщества ассоциации *Potamogetono-Ceratophylletum submersi* распространены в различных частях Европы (Германии, Польше, Франции, Испании, Португалии, Словакии, Венгрии, Дании, Нидерландах, Украине, Румынии), встречаются в Западной Сибири [29, 63–65, 67–68]. Данные фитоценозы являются редкими для большинства обследованных территорий, в некоторых регионах им присвоен статус охраняемых [62, 64, 66–67].

В Беларуси выполнено всего несколько описаний сообществ с участием роголистника полупогруженного (табл.). Вид вошел в 4 из 1145 геоботанических описаний, полученных К. Л. Савицкой при специальном изучении водной и прибрежно-водной растительности Минской области с 2010 по 2020 гг. В остальных локалитетах *C. submersum* обнаруживался на нежелательных для описания растительного покрова участках водных объектов – с зарастанием единичными растениями или, в исключительных случаях, со сплошным многоярусным зарастанием. Это служит доказательством как редкости данных фитоценозов, так и актуальности опубликования геоботанических материалов, которое позволит другим исследователям быстрее получить нужный объем выборки для более подробного изучения этого типа сообществ.

Обнаруженный в Минской области фитоценоз *Potamogetono-Ceratophylletum submersi* по экологическим свойствам и видовому составу вполне соответствует приведенной выше обобщенной характеристике ассоциации. Включает два хорошо выраженных яруса – наводный и подводный, имеет мозаичное, разреженное сложение. Роголистник полупогруженный в нем является доминантом-эдификатором. В качестве второстепенного компонента (субдоминанта и ассектатора) *Ceratophyllum submersum* отмечен в сообществах других погруженных свободноплавающих (асс. *Ceratophylletum demersi* Corillion 1957 союза *Stratiotion*, порядка *Lemnetalia minoris*, класса *Lemnetea*) и укореняющихся гидрофитов (асс. *Elodeetum canadensis* Nedelcu 1967 союза *Potamogetonion* Libbert 1931, порядка *Potamogetonalia* Koch 1926, класса *Potamogetonetea* Klika in Klika et Novák 1941).

В видовом составе сообществ с *C. submersum* ассоциации *Elodeetum canadensis* отсутствует константный вид (класса III), *Lemna minor* L., а также два часто встречающихся вида (класса II) – *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. и *Hydrocharis morsus-ranae* L. Будучи в остальном типичными для синтаксона (в них отсутствуют одиножды встреченные виды, не зафиксированные ни в од-

⁴ Здесь и далее приведены ступени экологических факторов по шкалам Г. Элленберга [55–57].

ном из оставшихся 61-м описании, представлен блок многочисленных диагностических видов класса *Potamogetonetea*), данные сообщества входят в состав отдельной, меньшей по объему фракции фитоценозов, характеризующейся приуроченностью к прибрежным зонам акваторий относительно крупных, слабопроточных и имею-

щих глубоководные участки (2 м и более) водоемов без явных признаков эвтрофирования вод. В одном из рассматриваемых фитоценозов зафиксировано высокое обилие *Ranunculus circinatus* Sibth. (3 балла), период доминирования которого обычно краткосрочен и завершается уже к следующему вегетационному сезону [69].

Таблица. Геоботанические описания сообществ с участием *Ceratophyllum submersum* L. в Беларуси

Table. Geobotanical relevés of the phytocenosis with *Ceratophyllum submersum* L. in Belarus

Площадь описания, м ²	20		9			12		8		
Тип грунта	и-г		и-п			п		и-п		
Водный объект	пруд на притоке реки Западная Березина		пруд на реке Каргавщина							
Глубина, м	0,4		1			1,3		0,45		
Общее проективное покрытие на площадь учёта, %	85		90			98		92		
Дата описания	11.07.18		10.07.18			04.08.17		01.08.12		
Число видов	8		15			9		6		
Номер описания в табл.	1		2			3		4		
Ассоциация	1		2			3		3		
Проективное покрытие (а), обилие (б), постоянство (в)	а	б	а	б	в	а	б	а	б	в
Диагностические виды (д. в.) асс. <i>Potamogetono-Ceratophylletum submersi</i>										
<i>Ceratophyllum submersum</i>	55	4	5	2	I	2	1	17	2	I
Д. в. асс. <i>Ceratophylletum demersi</i>										
<i>Ceratophyllum demersum</i>	3	1	87	5	V	19	2	-	-	II
Д. в. асс. <i>Elodeetum canadensis</i>										
<i>Elodea canadensis</i>	-	-	+	+	II	71	4	84	5	V
Д. в. класса <i>Potamogetonetea</i>										
<i>Ranunculus circinatus</i>	-	-	2	1	I	37	3	-	-	I
<i>Ranunculus trichophyllus</i>	-	-	+	r	I	-	-	-	-	-
<i>Myriophyllum spicatum</i>	-	-	+	r	I	+	+	-	-	I
<i>Potamogeton compressus</i>	-	-	+	+	I	2	1	2	1	I
<i>Potamogeton crispus</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	1	I
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	-	-	+	+	I	+	+	5	2	I
Д. в. класса <i>Lemnetea</i>										
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lemna minor</i>	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lemna trisulca</i>	5	1	+	r	III	1	1	-	-	I
<i>Lemna turionifera</i>	19	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spirodela polyrhiza</i>	10	2	+	r	IV	-	-	-	-	-
<i>Utricularia vulgaris</i>	-	-	+	+	I	1	1	-	-	I
Прочие виды										
<i>Eleocharis acicularis f. inundata</i>	-	-	1	1	I	-	-	-	-	-
<i>Phragmites australis</i>	+	r	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rorippa amphibia</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	r	I
<i>Sparganium emersum</i>	-	-	+	+	I	-	-	-	-	-
<i>Chara globularis</i>	-	-	+	+	I	-	-	-	-	-
Водные мхи	-	-	+	+	I	-	-	-	-	-
Примечания: Сокращения: и-г – илестый с примесью торфа, и-п – илесто-песчаный, п – песчаный. Знак «+» обозначает проективное покрытие менее 1%. Автор описаний – К. Л. Савицкая.										
Адреса пунктов описаний: № 1 (N 54°10'26.76" E 26°39'31.14") – Беларусь, Минская обл., Воложинский р-н, В окрестность д. Дворище. Пруд, созданный на канализированном притоке реки Западная Березина (вблизи шлюза). № 2 (N 54°30'7.77" E 27°50'7.95"), № 3 (N 54°30'7.14" E 27°50'5.67"), № 4 (N 54°30'5.08" E 27°50'7.00") – Беларусь, Минская обл., Логойский р-н, 1,6 км к западу от д. Заборье, северо-западная часть пруда на реке Каргавщина.										
Ассоциации: № 1 – <i>Potamogetono-Ceratophylletum submersi</i> Pop 1962; № 2 – <i>Ceratophylletum demersi</i> Corillion 1957; № 3 – <i>Elodeetum canadensis</i> Nedelcu 1967.										
Постоянство видов устанавливалось для двух ассоциаций: № 2 – учтено 30 описаний, № 3 – 63 описания сообществ.										

Кроме того, следует отметить фитоценогическую ассоциированность *C. submersum* с близким видом того же рода – роголистником погруженным (в 75% описаний), существование которой также подтверждается случаем вхождения сообществ с *C. submersum* в асс. *Ceratophylletum demersi*. В фитоценозе зарегистрированы все константные виды ассоциации (см. табл.), а также диагностические виды соответствующего класса в очень малом обилии. В отличие от остальных описанных сообществ этого синтаксона, рассматриваемый фитоценоз содержит вид 3-ей категории охраны Красной книги Беларуси – *Chara globularis* Thuill. (syn. *Ch. fragilis* Desv.) и повышенное число представителей класса *Potamogetonetea* (см. табл.), что также объясняется спецификой условий водного объекта.

В некоторых регионах в пределах евроазиатской части ареала *C. submersum*, как редкий вид, находится под охраной. Сокращение его численности связано с уничтожением и трансформированием мест его обитания при регулировании рек, рыборазведении, интенсивном антропогенном использовании водоемов. Вид охраняется в Чехии [70], Израиле [71]. Ранее был включен в Красную книгу Литвы, Латвии, Эстонии и других балтийских стран [72], Московской области, рекомендовался к охране в Саратовской и Калининградской областях России [73].

Статус вида в Беларуси является спорным. С одной стороны, его достоверное обнаружение лишь в последние десятилетия, приуроченность к искусственным водным объектам (в 12 из 16 подтвержденных гербарием локалитетах) и очень редкое участие в образовании фитоценозов водных растений позволяют отнести этот вид к категории чужеродных. Однако, по нашему мнению, более вероятно, что наряду с другими водными и околоводными видами растений, такими, например, как *Lemna gibba* L., *L. turionifera* Landolt, *Berula erecta* (Huds.) Coville, *Wolffia arrhiza* (L.) Wimm., *Salvinia natans* (L.) All. в Беларуси, как и в некоторых сопредельных регионах, *C.*

submersum характеризуется спонтанным (без участия человека) расширением своего ареала в северо-восточном направлении из тех регионов, где является дикорастущим, в связи с чем он может считаться аборигенным видом [74], относительно недавно вошедшим в состав флоры республики. Такое спонтанное распространение может быть обусловлено дальним заносом диаспор (в том числе плодов, которые в большом количестве образуются у этого вида) перелетными птицами [31]. Этому способствует все более широкое распространение антропогенных по происхождению, хорошо прогреваемых, мелководных водных объектов (водохранилищ, прудов, очистных сооружений, рыборазводных водоемов и т.п.). Известно, что такие, часто длительно незамерзающие водоемы являются местами массовых скоплениях водоплавающих птиц. В последние годы отмечается также увеличение значимости данных водоемов в качестве антропогенных зимовальных станций для различных видов перелетных птиц [75]. Произрастание в длительно незамерзающих водоемах позволяет *C. submersum* удерживаться в новых местах заноса, многократно увеличивать свою численность и активно распространяться из мест своего первичного заноса как водными и околоводными животными, так и гидрохорно. На наш взгляд, это предположение подтверждает относительно близкое расположение выявленных локалитетов и их своеобразное пространственное объединение в группы – в Гродненском (2 локалитета), Витебском (2 локалитета), и, особенно, в Воложинском и Молодечненском (3 локалитета), а также Пуховичском, Узденском и Дзержинском районе (3 локалитета) Минской области. Такие особенности локализации популяций могут являться следствием распространения растений из какого-то одного пункта для каждой группы – первичного источника диаспор. В то же время, в других регионах Минской области, где также специально проводилось описание растительности водных объектов, *C. submersum* обнаружен не был.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Первые литературные указания роголистника полупогруженного для исследуемой территории относятся к концу 18-го века, однако достоверные гербарные сборы с территории Беларуси датируются лишь началом 2000-х гг. Долгое время его ошибочно определяли вместо широко распространенного в республике роголистника погруженного (*C. demersum*).

2. В настоящее время *C. submersum* отмечен во всех административных областях Беларуси (зафиксировано 16 достоверных местопроизрастаний) за исключением Могилевской и Гомельской, где его обнаружение в будущем также весьма вероятно, т. к. распространение вида характеризуется выраженной положительной динамикой. Наибольшее количество известных местонахождений в центральном регионе республики, вероятно, связано со специальным и более тщатель-

ным исследованием здесь различных типов водных объектов.

3. Наряду с естественными водными объектами (речные старицы и затоки), *C. submersum* в Беларуси чаще встречается в искусственных водоемах: водохранилищах, прудах (в том числе в очистных прудах-отстойниках и прудах-охладителях), прудах-копанях и мелиоративных каналах.

4. Роголистник полупогруженный выступает в качестве доминантного и диагностического вида ассоциации *Potamogetono-Ceratophylletum submersi* Pop 1962, однако встречается также в других водных сообществах погруженных свободно-

плавающих (ассоциация *Ceratophylletum demersi* Corillion 1957) и укореняющихся гидрофитов (ассоциация *Elodeetum canadensis* Nedelcu 1967), являясь ассектатором или субдоминантом.

5. В Беларуси *C. submersum*, по всей видимости, следует относить к группе аборигенных видов, вошедших в состав флоры в последние десятилетия, спонтанное распространение которых в северо-восточном направлении происходит с сопредельных территорий. В качестве основных агентов дальнего и ближнего разноса диаспор роголистника полупогруженного, вероятно, выступают кочующие, пролетно-кочующие и пролетные птицы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы глубоко признательны доценту кафедры ботаники факультета биологии и экологии Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, к.б.н. Т. А. Селевич, а также Н. А. Вахний и А. А. Грищук (Вахний) – бывшим сотрудникам Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина за возможность цитирования их неопубликованных данных о местах произрастания *C. submersum* в Беларуси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jundził, S. B. Opisanie roślin w prowincyi W. K. Litewskiego naturalnie rosnących, według układu Linneusza / S. B. Jundził. – Wilno: W drukarni J. K. Mei y Rzepliteey, u XX Piarów, 1791. – 461 s.
2. Giliber, J. E. Exercitia phytologica, quibus omnes plantae Europaeae, Quas vivas invenit in variis herbarionibus, seu in Lithuania, Gallia, Alpbibus, analysi nova proponuntur, ex typo naturae describuntur, novisque observationibus aut figuris rarius illustrantur: additis stationibus, tempore florendi, usibus medicis aut oeconomicis, propria auctoris experientia natis / J. E. Giliber. – Lugduni Gallorum: Ex Typis J. B. Delamolliere, 1792. – Vol. 2. Caeterae plantae Lithuanicae cum Lugdunensibus comparatae. – 420 p.
3. Савчук, С. С. Род Роголистник – *Ceratophyllum* L. / С. С. Савчук // В кн.: Флора Беларуси в 6 т. – 2023. – Т. 4. – Минск: Беларуская навка. – С. 63–67.
4. Пидопличко, А. П. Род Роголистник – *Ceratophyllum* L. / А. П. Пидопличко // В кн.: Флора БССР в 5 т. – 1949. – Т. 2. – Минск: Изд-во АН БССР. – С. 284–286.
5. Мартыненко, В. П. Флора и растительность озер северо-восточной части Белорусского Поозерья: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.01 / В. П. Мартыненко; Бел. гос. ун-т им. В. И. Ленина. – Минск, 1971. – 221 с.
6. Мерзвинский, Л. М. Флора Белорусского Поозерья (классификационный список высших сосудистых растений) / Л. М. Мерзвинский. – Витебск: Изд-во Витебск. гос. ун-та им. П. М. Машерова, 2000. – 60 с.
7. Fischer, A. F. Über die Vegetationsverhältnisse im südlichen und mittleren Lithauen, besonders des Sluzker-Kreises. Enumerationem plantarum Lithuaniae australis et mediae, imprimis districtus Sluzk dedisse traditur / Fischer A. F. // Mittheilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern. – 1844. – № 28–30. – 132 s.
8. Lindemann, E. Prodromus florum Tschernigovianae, Mohilevianae, Minskianae nec non Grodnovianae / E. Lindemann // Bull. de la Soc. Impériale des Naturalistes de Moscou. – 1850. – Т. 23, Part 2. – 483 p.
9. Чоловский, К. Физико-Географический очерк Могилевской губернии. Растения / К. Чоловский // Опыт описания Могилевской губернии в историческом, физико-географическом, этнографическом, промышленном, сельско-хозяйственном, лесьном, учебном, медицинском и статистическом отношении, съ двумя картами губерний и 17 рьзанными на деревь гравюраами видовь и типовь: В 3 кн. – Могилевь на Дньпрь: Типографія Губернскаго Правленія, 1882–1884/ А. С. Дембовецкий. – Кн. 1. – 1882. – С. 266–452.
10. Гацко, Р. Н. Водная расліннасць Полацкай акругі / Р. Н. Гацко // Наш край. – 1929. – № 12 (51). – С. 45–54.
11. Михайловская, В. А. Флора Полесской низменности / В. А. Михайловская. – Минск: Изд-во АН БССР, 1953. – 186 с.
12. Горовец, В. К. Водная растительность некоторых озер Полесской низменности / В. К. Горовец // Труды комплексной экспедиции по изучению водоемов Полесья. – Минск: Изд-во Бел. гос. ун-та им. В. И. Ленина, 1956. – С. 255–288.
13. Квиткевич, Е. К. Высшая водная растительность водоемов поймы среднего течения реки Припяти / Е. К. Квиткевич // Труды комплексной экспедиции по изучению водоемов Полесья. – Минск: Изд-во Бел. гос. ун-та им. В. И. Ленина, 1956. – С. 103–111.
14. Савчук, С. С. Состояние и тенденции развития флоры Брестского Полесья как природной модели антропогенной динамики биоразнообразия: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.02.01 / С. С. Савчук; Ин-т эксперимент. ботаники им. В. Ф. Купровича НАН Беларуси. – Минск, 2013. – 23 с.
15. Шмытов, А. А. *Ceratophyllum submersum* L. в Нечерноземной России / А. А. Шмытов, А. В. Щербаков, С. В. Купцов // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 2003. – Т. 108, вып. 3. – С. 87–88.
16. Distributions of vascular plants in the Czech Republic. Part 3 / Z. Kaplan [et al.] // Preslia. – 2016. – Vol. 88. – P. 459–544.
17. Ефимов, П. Г. Конспект флоры Псковской области (сосудистые растения) / П. Г. Ефимов, Г. Ю. Конечная. – М.: Тов-во науч. издан. КМК, 2018. – 471 с.

18. Дарбаева, Т. Е. Методическое пособие по изучению флоры и растительности: Уч.-метод. пособие / Т. Е. Дарбаева, Б. С. Альжанова, С. Н. Бохорова. – Уралск: РИЦ ЗКГУ им. М. Утемисова, 2017. – 209 с.
19. Бобров, А. А. Описание растительных сообществ в водоемах и водотоках и подходы к их классификации методом Браун-Бланке / А. А. Бобров, Е. В. Чемерис // Гидробиотаника: методология, методы: мат-лы школы по гидробиотанике, Борок, 08–12 апр. 2003 г. / науч. ред.: В. Г. Папченков [и др.]; Ин-т биол. внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН. – Рыбинск, 2003. – С. 105–117.
20. Полевая геоботаника: в 5 т. / под общ. ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагина. – М. –Л.: Наука, 1964. – Т. 3. – 531 с.
21. Программа и методика биогеоценологических исследований / под ред. ред. Н. В. Дылис. – М.: Наука, 1974. – 404 с.
22. Wilmot-Dear, M. *Ceratophyllum* revised: A study in fruit and leaf variation / M. Wilmot-Dear // Kew Bulletin. – 1985. – Vol. 40. – P. 243–271.
23. Les, D. H. Systematics and evolution of *Ceratophyllum* L. (Ceratophyllaceae) / D. H. Les // A monograph. D. Phil. Dissertation. – 1986. – Columbus: The Ohio State University. – 836 p.
24. Цвелев, Н. Н. Род Роголистник – *Ceratophyllum* L. // Флора Восточной Европы. В 11 т. / под ред. Н. Н. Цвелева. – СПб: Мир и семья, 2001. – Т. 10. – С. 31–33.
25. *Ceratophyllum submersum* L. GBIF [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gbif.org/species/2882404>. – Дата доступа: 29.12.2023.
26. Определитель высших растений Беларуси / Т. А. Сауткина [и др.]; под ред. В. И. Парфенова. – Минск: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
27. Определитель пресноводных водорослей СССР: в 14 вып. / под ред. М. М. Голлербаха; Академия наук СССР, Ботанический ин-т имени В. Л. Комарова. – Л.: Наука, 1951–1983. – Вып. 14. – 1983. – 190 с.
28. Киприянова, Л. М. Разнообразие сообществ водной растительности озер Обь-Иртышского междуречья (Западная Сибирь) / Л. М. Киприянова // Растительность России. – 2022. – № 43. – С. 60–87.
29. Киприянова, Л. М. Синтаксономия и экология водной и прибрежно-водной растительности юго-востока Западной Сибири / Л. М. Киприянова // Ботаника в современном мире: тр. XIV съезда Русского ботанического общества и конференции «Ботаника в современном мире», г. Махачкала, 18–23 июня 2018 г. – Т. 2: Геоботаника. Ботаническое ресурсосведение. Интродукция растений. Культурные растения. – 2018. – Махачкала. – С. 65–68.
30. Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities / L. Mucina [et al.] // Applied Vegetation Science. – 2016. – Vol. 19, Suppl. 1. – P. 3–264.
31. Les, D. H. Ceratophyllaceae / D. H. Les // The families and genera of vascular plants. Vol. 2. Flowering plants: dicotyledons, magnoliid, hamamelid and caryophyllid families / K. Kubitzki, J. G. Rohwer, V. Bittrich. – 1993. – Berlin: Springer. – P. 246–250.
32. Molecular phylogenetic analysis of *Ceratophyllum* L. taxa: a new perspective / B. Szalontai [et al.] // Botanical Journal of the Linnean Society. – 2018. – Vol. 188, issue 2. – P. 161–172.
33. Jundziłł, S. B. Opisanie roślin litewskich według układu Linneusza przez X. B. S. Jundziłła profesora botaniki / S. B. Jundziłł. – w Wilnie u Józefa Zawadzkiego Typografa Akademickiego, 1811. – 350 s.
34. Eichwald, E. Naturhistorische Skizze von Lithauen, Volhynien und Podolien in geognostisch, mineralogischer, botanischer und zoologischer Hinsicht / E. Eichwald. – Wilno, 1830. – Т. 1–3. – 160 s.
35. Пашкевич, В. В. Очерк флоры цветковых растений Минской губернии / В. В. Пашкевич // Тр. Санкт-Петербург. об-ва естествоисп. – 1883. – Т. 13, вып. 2. – С. 111–229.
36. Lehmann, E. Flora von Polnisch-Livland mit besonderer Berücksichtigung der Florengebiete Nordwestrusslands, des Ostbalticums, des Gouvernements Pskow und St. Petersburg sowie der Verbreitung der Pflanzen durch Eisenbahnen / E. Lehmann // Archiv für die Naturkunde Liv.- Esth- und Kurlands, Hrsg. von der Dorpater Naturforscher-gesellschaft. – 1895. – Serie 2, bd. 11, h. 2. – S. 292.
37. Пачоский, И. Флора Польсыя и прилежащихъ мѣстностей / И. Пачоский // Тр. имп. С.-Петербург. об-ва естествоисп. Отд. Ботаники. – 1899. – Т. 29, вып. 2. – 115 с.
38. Полянская, В. С. Склад флоры Беларусі і геаграфічнае пашырэнне паасобных раслінных відаў / В. С. Полянская. – Минск: Изд-во БАН, 1931. – 172 с.
39. Кузнецова, О. И. Род Роголистник – *Ceratophyllum* L. // Флора СССР. В 30 т. / под ред. Б. К. Шишкина. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1937. – Т. 7. – С. 15–20.
40. Васількоў, І. Г. Матар’ялы да флоры Горацкага раёну. Апісаньне Горацкага раёну (прырода, гаспадарка, гісторыя і быт) / І. Г. Васількоў // Праца навуковага таварыства па вывучэнню Беларусі пры БДАСГ з адзелам Горацкага Раённага Таварыства Краязнаўства. Сер. 1–5. – 1927. – Аддзел 3, кніга 3, том 3. – С. 35–74.
41. Акимова, О. Д. Фитопланктон пойменных водоемов и притоков Припяти / О. Д. Акимова // Труды комплексной экспедиции по изучению водоемов Полесья. – Минск: Изд-во Бел. гос. ун-та им. В. И. Ленина, 1956. – С. 112–132.
42. Козловская, Н. В. Флора Белоруссии, закономерности ее формирования, научные основы использования и охраны / Н. В. Козловская. – Минск: Наука и техника, 1978. – 128 с.
43. Бученков, И. Э. Охраняемые виды флоры Беларуси окрестностей города Мядель / И. Э. Бученков, А. В. Деревинский // Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения: мат-лы междунар. науч. конф., посвящ. 135-летию со дня рождения И. И. Спрыгина, г. Пермь, 13–16 мая 2008 г. Часть 1. / ПГПУ им. В. Г. Белинского. – Пенза, 2008. – С. 169–170.
44. Дубовик, Д. В. Новые и редкие виды растений для флоры Белорусского Поозерья / Д. В. Дубовик, А. Н. Скуратович // Охраняемые природные территории и объекты Белорусского Поозерья: современное состояние, перспективы развития: мат-лы III Междунар. науч. конф., Витебск, 16–17 декабря 2009 г. / Вит. гос. ун-т; редкол.: А. М. Дорофеев (отв. ред.). – Витебск: УО «ВГУ им. П. М. Машерова». 2009. – С. 41–43.
45. Мяслик, А. Н. Современная структура и тенденции антропогенной трансформации флоры Припятского Полесья: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.02.01 / А. Н. Мяслик; Ин-т эксперимент. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси. – Минск, 2022. – 31 с.

46. Дубовик, Д. В. Современное состояние и тенденции изменения флоры сосудистых растений восточной части Беларуси (таксономический состав, хорологические особенности, вопросы охраны): автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Д. В. Дубовик; Ин-т эксперимент. ботаники им. В. Ф. Купчевича НАН Беларуси. – Минск, 2009. – 23 с.
47. Jalas, J. Atlas Florae Europaeae. Distribution of Vascular Plants in Europe / J. Jalas, J. Suominen. – 1989. – Vol. 8. Nymphaeaceae to Ranunculaceae. – The Committee for Mapping the Flora of Europe, Societas Biologica Fennica Vanamo, Helsinki. – P. 21–23.
48. Савицкая, К. Л. Новые местонахождения водных и околоводных растений в центральной части подзоны бореальных ландшафтов Беларуси / К. Л. Савицкая, М. А. Джус, И. М. Степанович // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. – 2013. – № 2. – С. 52–57.
49. Савицкая, К. Л. Новые местонахождения редких и охраняемых видов растений водных экосистем Минской области и Национального парка «Беловежская пуща» / К. Л. Савицкая, М. А. Джус // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2018. – Т. 63, № 4. – С. 437–446.
50. Haterd, R. J. W. New records of *Ceratophyllum submersum* L. in the River 'Meuse' and in the 'IJssel Valley'; an expansion caused by climate change? / R. J. W. Haterd, P.-B. Broeckx, J. A. Inberg // Gorteria. – 2016. – Vol. 38. – P. 29–33.
51. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce / ed. A. Zając, M. Zając. – Kraków: Nakładem Pracowni Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2001. – 153 p.
52. Шаркинен, И. Род Роголистник – *Ceratophyllum* L. / И. Шаркинен, В. Кууск, К. Биркмане // Флора Балтийских республик. Сводка сосудистых растений в 3 т. – 1993. – Т. 1. – Тарту: Eesti Loodusfoto AS. – С. 266–267.
53. Дубина, Д. В. *Ceratophyllum submersum* L. – Кушир підводний / Д. В. Дубина, Я. П. Дідух, Р. І. Бурда // Екофлора України. – 2004. – Т. 2. – Київ: Фітосоціоцентр. – С. 23–24.
54. Прибрежно-водная растительность приграничных территорий Брянской (Россия), Гомельской (Беларусь), Черниговской (Украина) областей / Л. Н. Анищенко [и др.]. – Чернигов: Десна Полиграф, 2014. – 176 с.
55. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa / H. Ellenberg [et al.] // Scripta Geobotanica. – 1991. – Vol. 18. – S. 5–166.
56. Ellenberg-type indicator values for European vascular plant species / L. Tichý [et al.] // Journal of Vegetation Science. – 2023. – Vol. 34, e13168. – P. 1–13.
57. Tichý, L. Ellenberg-type indicator values for European vascular plant species [Electronic resource] / L. Tichý [et al.] // Zenodo repository. Indicator.values-tables-2022-11-07-Zenodo.v2.xlsx. – Mode of access: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7427088>. – Date of access: 06.02.2024.
58. Chytrý, M. Vegetace České republiky. 3. Vegetation of the Czech Republic 3. Aquatic and wetland vegetation / M. Chytrý. – Praha: Academia, 2011. – P. 96–99.
59. Felzines, J.-C. Contribution au prodrome des végétations de France: les *Lemnetea minoris* Tüxen ex O. Bolòs et Masclans 1955 / J.-C. Felzines // J. Bot. Soc. Bot. France. – 2012. – Vol. 59. – P. 189–240.
60. Hrivnák, R. Aquatic plant communities in the catchment area of the Ipel' river in Slovakia and Hungary. Part I. Classes Lemnetea and Charetea fragilis / R. Hrivnák // Thaiszia. J. Bot. – Vol. 12. – 2002. – P. 25–50.
61. Hrivnák, R. Effect of ecological factors on the zonation of wetland vegetation / R. Hrivnák // Acta Soc. Bot. Pol. – Vol. 74. – № 1. – 2005. – P. 73–81.
62. Gołdyn, R. Water plant associations in the valley of the Cybina River / R. Gołdyn, H. Gołdyn, W. Kaniewski // Roczn. AR Pozn. Bot.-Stec. – 2005. – CCCLXXIII. – № 9. – P. 69–87.
63. Lawesson, J. E. A tentative annotated checklist of Danish syntax / J. E. Lawesson // Folia Geobotanica. – Vol. 39. – 2004. – P. 73–95.
64. Drăgulescu, C. Contributions to the knowledge of Sibiu county's aquatic vegetation / C. Drăgulescu // Acta oecologica. – 2007. – Vol. 14, № 1–2. – P. 25–40.
65. Lista sintaxonómica de comunidades de plantas vasculares de España y Portugal hasta el nivel de asociación = Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level / S. Rivas-Martínez [et al.] // Itinera Geobotanica. – 2001. – Vol. 14. – P. 5–341.
66. Red Lists and conservation prioritization of plant communities – a methodological framework. Appendix S2 / C. Berg [et al.] // Applied Vegetation Science. – 2014. – Vol. 17. – P. 504–515.
67. Попова, Е. Н. Флора и растительность Килийской дельты Дуная / Е. Н. Попова // Вісник ОНУ. – 2003. – Т. 8, вип. 11. – С. 106–137.
68. Hartog, C. A. New Classification of the Water-plant Communities / C. A. Hartog, S. Segal // Acta Botanica Neerlandica. – 1964. – Vol. 13. – P. 367–393.
69. Лебедева, О. А. Распределение местообитаний *Batrachium circinatum* (Sibth.) Spach (*Ranunculaceae*) по водоемам Ярославской области / О. А. Лебедева, Э. В. Гарин, Е. А. Беляков // Ярославский педагогический вестник. – 2013. – Т. 3, № 4. – С. 146–148.
70. Grulich, V. Red List of vascular plants of the Czech Republic: 3rd edition / V. Grulich // Preslia. – 2012. – Vol. 84. – P. 631–645.
71. *Ceratophyllum submersum*. Israeli nature Risk Assessment Project [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://redlist.parks.org.il/en/plants/detail/Ceratophyllum%20submersum/>. – Дата доступа: 29.12.2023.
72. Red Data Book of the Baltic Region. Part 1. List of threatened vascular plants and vertebrate / ed. T. Ingelög, R. Andersson, M. Tjernberg. – Uppsala-Riga, 1993. – 35 p.
73. Красная книга Московской области (изд. 3-е, доп. и переработ.) / отв. ред.: Т. И. Варлыгина [и др.]; Мин-во экологии и природопользования Московской области; Комиссия по редким и находящимся под угрозой исчезновения видам животных, растений и грибов Московской области. – М. О.: ПФ «Верховье», 2018. – С. 783, 791.
74. Основные термины и понятия, используемые при изучении чужеродной и синантропной флоры / О. Г. Баранова [и др.] // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2018. – Т. 12, № 4. – С. 4–22.
75. Соловьёв, А. Н. Зимовки перелётных видов птиц в средних широтах востока Русской равнины / А. Н. Соловьёв // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 2012. – Т. 117, вып. 3. – С. 3–16.

Поступила в редакцию 22.01.2024 г.

УДК 712.253(476): 581.2: 630.181

В. Г. ЯРМОШ¹, В. Б. ЗВЯГИНЦЕВ²

СОСТОЯНИЕ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ИСТОРИЧЕСКИХ ПАРКАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

¹Полесский государственный университет, Пинск, Беларусь, e-mail: bloh.v@polessu.by²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь, e-mail: mycolog@tut.by

Аннотация. В статье представлены результаты обследования старовозрастных деревьев на территории Белорусского Полесья в 21-ом историческом парке XVIII–XIX вв. Дендрофлора парков отличается значительным разнообразием – установлено, что 2492 обследованных растения относятся к 28 родам и 57 видам. В дворцово-парковых комплексах того времени наряду с местными древесными растениями широко использовались интродуценты, представленные 36 видами и 5 декоративными формами. Значительная часть сохранившихся до нашего времени представителей дендрофлоры (88%) относится к отделу покрытосеменных, которые, по-видимому, доминировали в древесных композициях. Общая средневзвешенная категория состояния деревьев по всем объектам составила 2,27, что указывает на их преимущественно ослабленное состояние. Среди покрытосеменных к сильно ослабленным и усыхающим относится большая часть деревьев *Quercus robur* L., *Betula pendula* Roth., *Aesculus hippocastanum* L., *Robinia pseudoacacia* L. К категории «сильно ослабленные» и «усыхающие» отнесено значительное количество голосеменных старовозрастных деревьев *Tsuga canadensis* (L.) Carriere, *Abies alba* Mill., *Pinus sylvestris* L., *Abies concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr., *Larix kaempferi* (Lamb.) Carriere, *Larix decidua* var. *polonica* Racib., *Taxodium distichum* (L.) Rich., *Picea pungens* Engelm. Свежий и старый сухостой представлены деревьями *P. sylvestris*, *Picea abies* (L.) Karst., *Abies balsamea* (L.) Mill. Выявлено, что санитарное состояние старовозрастной дендрофлоры зависит от охранного статуса парка и мер ухода за историческими объектами.

Ключевые слова: Белорусское Полесье, исторические парки, старовозрастные деревья, интродуценты, аборигенные виды.

V. G. YARMASH¹, V. B. ZVIAGINTSEV²

OLD WOOD PLANTINGS CONDITION IN THE BELARUSIAN POLESIE HISTORICAL PARKS

¹Polessky State University, Pinsk, Belarus, e-mail: bloh.v@polessu.by²Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, e-mail: mycolog@tut.by

Annotation. The article presents the results of a survey of old-growth trees on the territory of Belarusian Polesie in the 21st historical park of the 18th-19th centuries. The dendroflora of the parks is distinguished by significant diversity – it was found that 2492 examined plants belong to 28 genera and 57 species. In the palace and park complexes of that time, along with local woody plants, introduced plants were widely used, represented by 36 species and 5 decorative forms. A significant part of the representatives of dendroflora that have survived to this day (88%) belong to the angiosperm department, which apparently dominated the woody compositions. The overall weighted average category of tree condition for all objects was 2.27, which indicates their predominantly weakened condition. Among angiosperms, most of the trees *Quercus robur* L., *Betula pendula* Roth., *Aesculus hippocastanum* L., *Robinia pseudoacacia* L. are severely weakened and drying out. A significant number of old-growth gymnosperms *Tsuga canadensis* (L.) Carriere, *Abies alba* Mill., *Pinus sylvestris* L., *Abies concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr., *Larix kaempferi* (Lamb.) Carriere, *Larix decidua* var. *polonica* Racib., *Taxodium distichum* (L.) Rich., *Picea pungens* Engelm. Fresh and old dead wood is represented by trees *P. sylvestris*, *Picea abies* (L.) Karst., *Abies balsamea* (L.) Mill. It was revealed that the sanitary condition of old-growth dendroflora depends on the protective status of the park and measures taken to care for historical objects.

Keywords: Belarusian Polissya, historical parks, old-growth trees, introduced plants, native species.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Белорусского Полесья можно встретить много исторических парков, которые являются уникальными объектами ландшафтной архитектуры. Некоторые из этих объектов имеют

природоохранный статус, но большинство не охвачены статусом охраны.

С течением времени сохранившиеся исторические парки претерпели существенные плани-

рочные и композиционные изменения. Они подвергаются разрушениям и многократным перестройкам. Также происходят и естественные изменения, связанные со старением и деградацией зеленых насаждений [1, 2].

Дендрофлора исторических парков представлена богатым видовым составом старовозрастных растений, где среди обычных для белорусской флоры видов встречаются редкие интродуценты. Видовой состав растений в некоторых исторических парках Полесья указывался в работах В. Г. Антипова и А. Т. Федорука [3, 4], однако сведения о санитарном состоянии растений представлены фрагментарно или отсутствуют.

По исследованиям А. Т. Федорука, проведенным в 1976–1989 гг. на объектах садово-паркового искусства Беларуси, наиболее устойчивыми оказываются насаждения с использованием *Quercus robur*, *Tilia cordata* Mill., *Fraxinus excelsior* L., *Carpinus betulus* L., *Acer platanoides* L., а также ряда интродуцированных растений – *Larix decidua* Mill. и *L. decidua* var. *polonica*, *Acer pseudoplatanus* L., *Tilia platyphyllos* Scop., *Fagus sylvatica* L. и многих других деревьев, размножающихся вегетативным путем. Хвойные (особенно *P. sylvestris*, *Abies*) чувствительны к загрязнению атмосферы, вытаптыванию и уплотнению почвы. Сложные по составу насаждения оказались устойчивее однопорядных [5]. На территории Беларуси относительно хорошо сохранились 107 парков, заметно видоизменены – 68, представлены в виде фрагментов – 132. Представленная статистика по степени сохранности парков показана А. Т. Федоруком относительно обследованных парков, а не всего сохранившегося фонда усадебных комплексов, заложенных на террито-

рии Беларуси [5]. Основными причинами снижения устойчивости старовозрастных деревьев являются нарушение гидрологического режима, загущенность посадок, рекреационная нагрузка, нерациональная хозяйственная деятельность [6].

Старинные сады и парки в каждой стране являются одновременно историческими источниками, памятниками природы, культуры и местами отдыха. Садово-парковое искусство составляет неотъемлемую часть материальной и духовной культуры. Поэтому актуальность изучения санитарного состояния старовозрастных деревьев является важной задачей на пути сохранения исторических парков, что, в свою очередь, приведет к возрождению национальной белорусской культуры [7].

Целью наших исследований являлась оценка состояния старовозрастных деревьев исторических парков Белорусского Полесья в современных погодных-климатических условиях, выявление основных факторов, способствующих снижению их устойчивости и жизнеспособности.

Для достижения поставленной цели первоочередными задачами были: проведение инвентаризации старовозрастных деревьев исторических парков, позволяющей оценить категорию санитарного состояния и степень сохранности важного компонента парковых экосистем – дендрофлоры; выявление сохранившихся экзотов, являющихся ценным научным материалом для изучения адаптационного потенциала интродуцентов на территории Беларуси; оценка фитосанитарного состояния старовозрастных деревьев и на ее основе выделение основных, снижающих их устойчивость и жизнеспособность, факторов.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки старовозрастных деревьев исторических парков Белорусского Полесья был выбран 21 объект из памятников природы республиканского и местного значения различных периодов создания и с отличающимися современными условиями эксплуатации. Полевые работы проводили в период 2020–2022 гг.

В каждом парке было проведено обследование старовозрастных деревьев. При обследованиях старались исключать некультивируемые растения, появившиеся в результате самосева.

Таксономическая принадлежность древесных растений определена по характерным морфологи-

ческим видовым признакам [8]. Измерение диаметра ствола на высоте 1,3 м (с точностью до 0,5 см) осуществляли с помощью мерной вилки [9]; категории состояния растений оценивали по внешним признакам согласно шкале категорий состояния хвойных и лиственных деревьев [10]. Оценку развития усыхания крон проводили в баллах по методике И. И. Журавлева [11]. Потеря декоративности древесных пород оценивали по балльной шкале (по В.М. Шабнову) [12]. Полученные данные обрабатывали методом вариационной статистики с использованием встроенных статистических функций программы MS Excel для Windows.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Большая часть обследованных исторических парков расположена на территории Брестской

области (85,7% от общего количества обследованных объектов), из них 4 относятся к ботани-

ческими памятниками природы республиканского (парк А. В. Суворова, «Совейки», «Поречье», «Маньковичский») и 13 – местного значения («Старые Пески», «Сигневичи-2», «Атечизна», «Малые Сехновичи», «Грудополь», парк в г. Высокое, «Репихово», «Дубое», парк в г. Пружаны, «Замшаны», «Нижне-Теребежовский», «Ново-Бережновский», «Великорита»). На территории Гомельской области изучено 4 парка, два из которых являются ботаническими памятниками природы республиканского значения («Красный берег», парк Гомельского дворцово-паркового ансамбля) и два местного значения (парк в н.п. Липово, «Сутково») (рис. 1).

Большая часть парков заложены в пейзажном стиле. На основе времени создания обследованные исторические парки Полесья можно разделить на три категории:

- вторая половина XVIII в. – «Атечизна», «Малые Сехновичи», «Грудополь», «Дубое», «Великорита», «Сутково», парк им. А.В. Суворова, парк Гомельского дворцово-паркового ансамбля;
- первая половина XIX в. – «Поречье», «Старые Пески», парк в г. Высокое, «Замшаны», «Нижне-Теребежовский»;

– вторая половина XIX в. – «Совейки», «Маньковичский», «Красный берег», «Сигневичи-2», «Репихово», парк в г. Пружаны, «Ново-Бережновский», парк в н.п. Липово.

Количество изученных растений по каждому исследованному парку представлено на рис. 2. Всего было выявлено и охвачено работами по оценке состояния 2492 старовозрастных дерева. Наибольшее количество сохранившихся растений выявлено в парках Ново-Бережновском (Столинский р-н), Гомельском дворцово-парковом ансамбле (г. Гомель), Маньковичском (Столинский р-н).

Исследованные растения относятся к 28 родам и 57 видам и 5 декоративным формам (*Q. robur* пирамидальный, *Tilia americana* Macrophylla, *A. platanoides* Швейдера, *Populus × canadensis* Marilandica, *Populus × canadensis* Robusta). Среди обследованных растений в исторических парках доминируют представители рода *Tilia* L., составляющие 17,1% (426 шт.) от общего количества, *Acer* L. – 16,0% (398 шт.), *Carpinus* L. – 13,9% (346 шт.), *Fraxinus* L. – 11,5% (284 шт.), *Quercus* L. – 10,4% (258 шт.), *Picea* A. Dietr. – 5,1% (126 шт.), *Populus* L. – 5,0% (125 шт.), *Aesculus* L. – 4,1% (103 шт.) (рис. 3).

а) Брестская область



б) Гомельская область



Условные обозначения

- дендрофлора представлена только представителями покрытосеменных
- места рекомендуемые к посещению
- Цвет контура:
 - памятник природы республиканского значения
 - памятник природы местного значения
- Цвет фона:
 - период создания II пол. XVIII в.
 - период создания I пол. XIX в.
 - период создания II пол. XIX в.
- Конфигурация фигуры:
 - отсутствуют интродуценты
 - незначительное количество интродуцентов
 - разнообразие интродуцентов

а) Брестская область

- 1 – Высокое, 2 – «Замшаны», 3 – «Великорита», 4 – «Малые Сехновичи», 5 – «Атечизна», 6 – им. А.В. Суворова, 7 – в г. Пружаны, 8 – «Сигневичи-2», 9 – «Старые Пески», 10 – «Грудополь», 11 – «Репихово», 12 – «Совейки», 13 – «Дубое», 14 – «Поречье», 15 – «Нижне-Теребежовский», 16 – «Маньковичский», 17 – «Ново-Бережновский»;

б) Гомельская область

- 18 – «Липово», 19 – «Красный берег», 20 – «Сутково», 21 – «Парк Гомельского дворцово-паркового ансамбля»;

Рис. 1. Карта-схема расположения исторических парков Белорусского Полесья, относящихся к памятникам природы, характеризующая статус охраны и период создания

Fig. 1. Map-scheme of the location of historical parks of Belarusian Polesie, classified as natural monuments, characterizing the status of protection and the period of creation

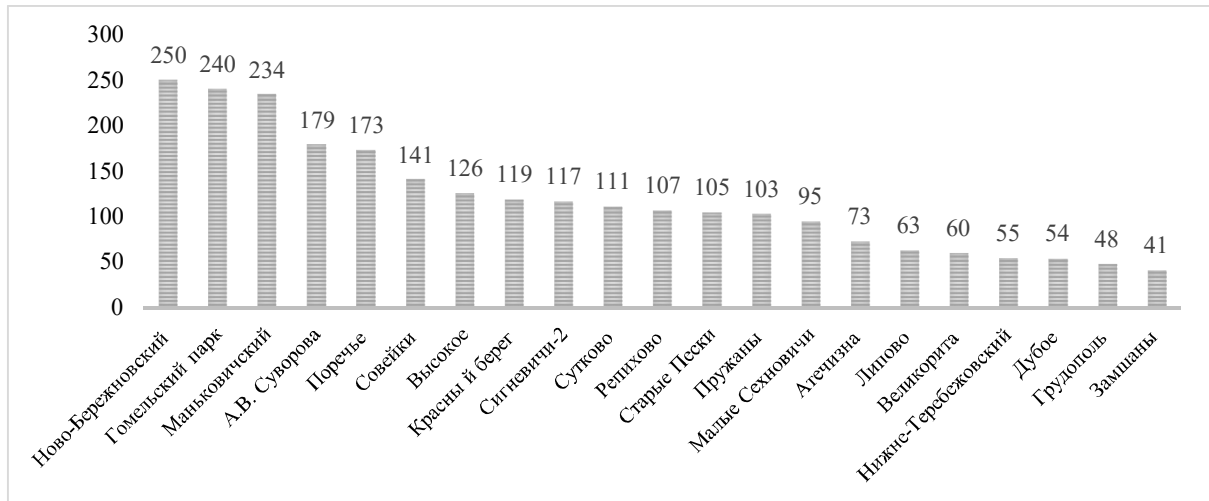


Рис. 2. Количество изученных старовозрастных древесных растений в исторических парках Белорусского Полесья

Fig. 2. The number of studied old-growth woody plants in the historical parks of the Belarusian Polissya

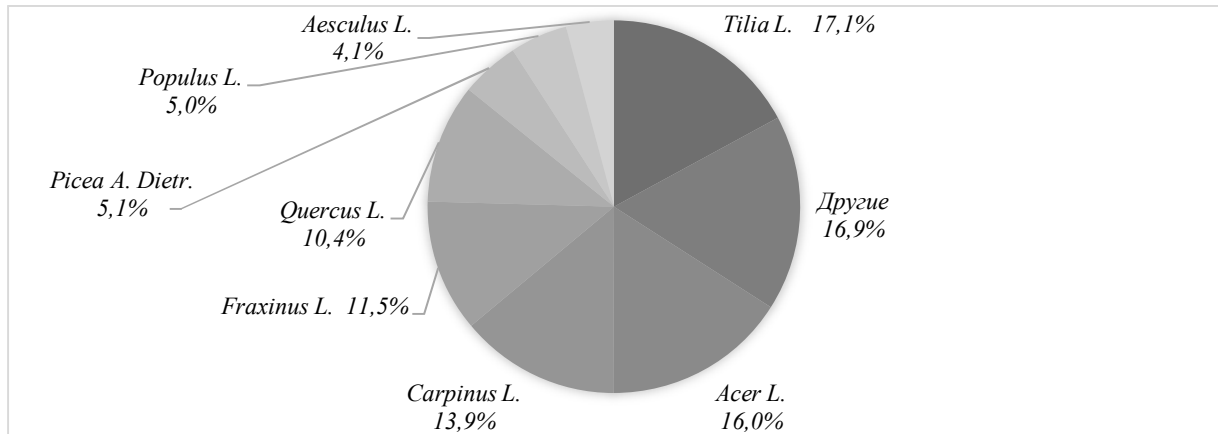


Рис. 3. Представленность наиболее распространенных родовых таксонов старовозрастных деревьев в исторических парках Белорусского Полесья

Fig. 3. Representation of the most common generic taxa of old-growth trees in the historical parks of Belarusian Polissya

В категорию «другие» отнесены рода, занимающие менее 4% от общего количества старовозрастных деревьев (*Phellodendron* Rupr., *Betula* L., *Fagus* L., *Ulmus* L., *Gleditsia* J. Clayton, *Salix* L., *Cupressus* (Tourn.) L., *Pterocarya* Kuntn., *Larix* Mill., *Liriodendron* L., *Alnus* Gaertn., *Juglans* L., *Abies* Mill., *Pseudotsuga* Carr., *Robinia* L., *Pinus* L., *Tsuga* Carr., *Prunus* Mill., *Malus* Mill.) (рис. 4).

Общая площадь обследованных исторических парков Белорусского Полесья составила 387,1 га. В разрезе занимаемой площади наиболее крупными (более 40 га) являются: парк А. В. Суворова, парк «Поречье», парк в г. Пружаны, парк «Высокое». Среднее значение старовозрастных растений по паркам на единицу площади составило 15,1 шт./га. Выше среднего значения были получены показатели в следующих парках: «Малые

Сехновичи», «Ново-Бережновский», «Сигневичи-2», «Замшаны», «Красный берег», «Сутково».

В целом, в исторических парках Белорусского Полесья преобладают местные виды. Наиболее многочисленной является *Tilia cordata*, которая составляет 16,9% от общего количества обследованных растений. Средний диаметр обследованных деревьев *T. cordata* – 66,2 см (min 51,0 см – парк в «Нижне-Теребжевский», max 96,4 см – парк «Грудополь»). Этот показатель характеризует не только успешность произрастания на Полесье этого аборигенного вида, но и косвенно дает представление об его устойчивости и долговечности в условиях искусственных ценозов парковых комплексов. Вторым по представленности в парках является *Acer platanoides*, его средний диаметр по всем изученным паркам составил –

64,2 см (min 49,4 см – парк «Нижне-Теребежовский», max 80,8 см – парк «Великорита»), далее *Quercus robur* – 83,5 см (min 61,7 см – парк «Красный берег», max 127,5 см – парк «Замшаны»); *Carpinus betulus* – 51,9 см (min 21,5 см – парк в «Ново-Бережновский», max 77,3 см – парк «Малые Сехновичи»); *Picea abies* – 58,9 см (min 41,7 см – парк в «Совейки», max 72,3 см – парк «Липово»); *Aesculus hippocastanum* – 57,9 см (min 45,8 см – парк в «Сутково», max 68,1 см – парк «Высокое»); *Populus tremula* L. – 64,5 см (min 47,0 см – парк «Нижне-Теребежовский», max 97,4 см – парк «Репихово»); *Fraxinus excelsior* – 64,2 см (min 41,5 см – парк «Нижне-Теребежовский», max 82,7 см – парк «Совейки»).

Средневзвешенная категория состояния деревьев по каждому обследованному парку представлена на рис. 5.

Общая средневзвешенная категория состояния деревьев по всем объектам составила 2,27, что указывает на преимущественно ослабленное состояние старовозрастных деревьев. Во всех обследованных парках у большинства старовозрастных деревьев обнаружены трещины, сухобочины, механические повреждения, которые, как показали наши предыдущие исследования, являются воротами инфекции, способствующими прежде всего заражению растений возбудителями гнилевых болезней и развитию фауности стволов [13].

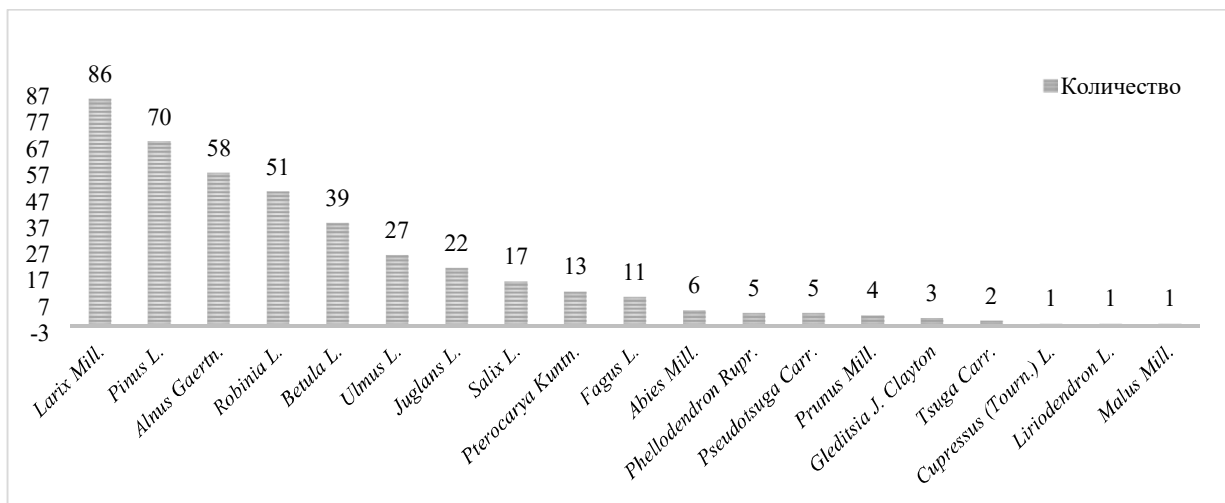


Рис. 4. Представленность родовых таксонов старовозрастных деревьев, отнесенных в категорию «другие», в исторических парках Белорусского Полесья

Fig. 4. Representation of generic taxa of old-growth trees classified as «other» in the historical parks of the Belarusian Polissya

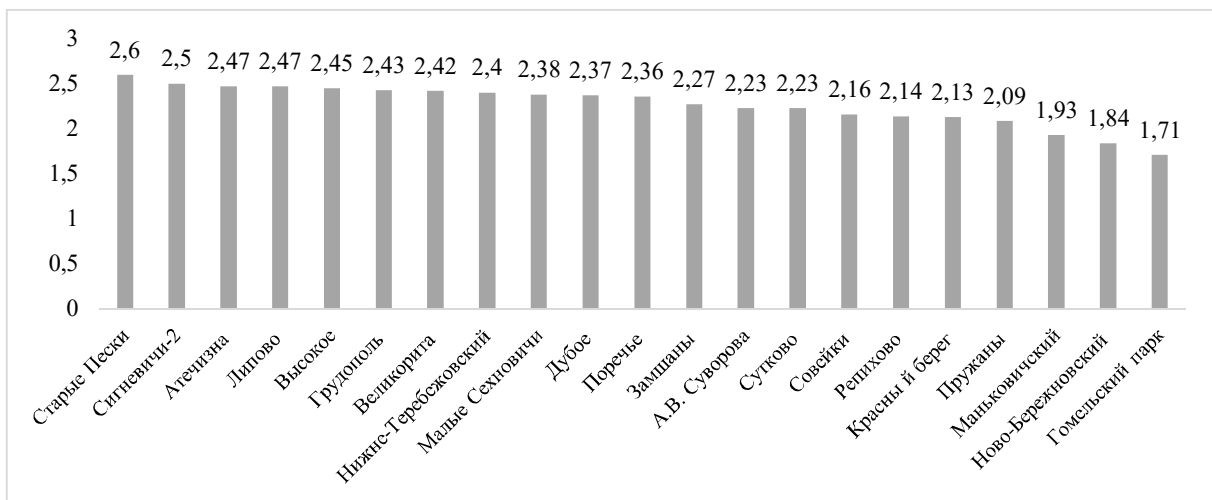


Рис. 5. Средневзвешенная категория состояния старовозрастных деревьев в исторических парках Белорусского Полесья

Fig. 5. The weighted average category of the state of old-growth trees in the historical parks of the Belarusian Polissya

Санитарное состояние старовозрастных растений в исторических парках зависит прежде всего от интенсивности и качества ухода за насаждениями. Так, большинство обследованных деревьев в Гомельском дворцово-парковом ансамбле находятся в существенно лучшем состоянии, чем на объектах, где санитарно-оздоровительные и другие мероприятия проводятся с редкой периодичностью или не проводятся вовсе (рис. 6).

Так, при средневзвешенной категории состояния *Acer platanoides* 2,3, в Гомельском дворцово-парковом ансамбле этот показатель составляет 1,5, в парках «Старые Пески» и «Сигневичи-2» – 2,6; *Tilia cordata* – 2,0, в парке «Красный берег» 1,4, в парке «Великорита» 2,7; *Picea abies* – 2,3, в Гомельском дворцово-парковом ансамбле 1,0, в парке «Высокое» 3,0; *Fraxinus excelsior* – 2,6, в Гомельском дворцово-парковом ансамбле 1,7, в парке «Маньковичский» 3,6.

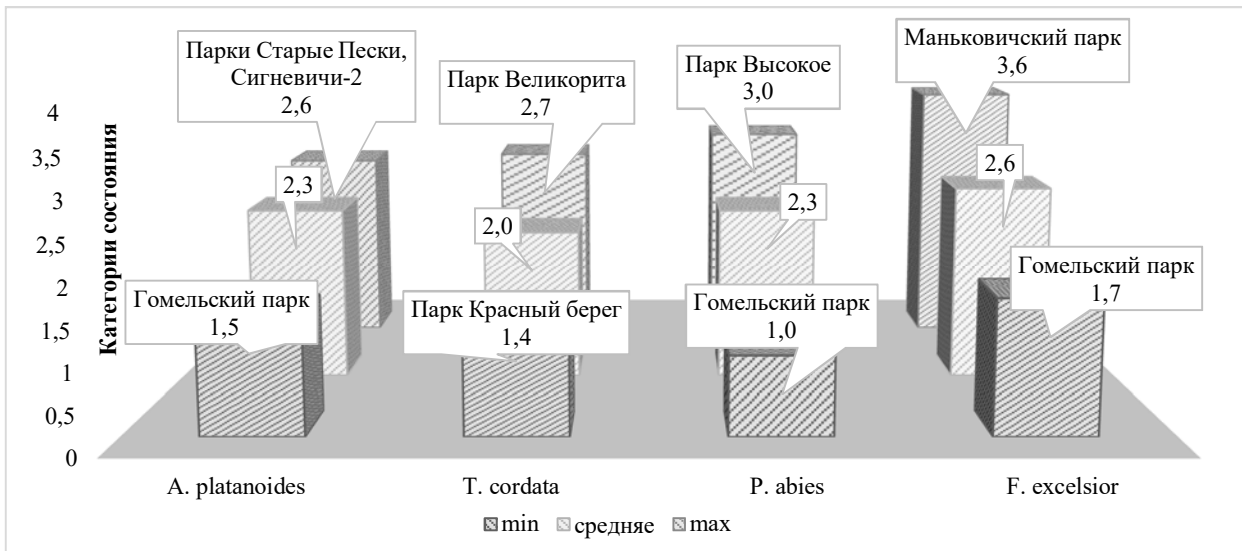


Рис. 6. Средневзвешенная категория санитарного состояния *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Picea abies*, *Fraxinus excelsior*

Fig. 6. Weighted average category of sanitary condition *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Picea abies*, *Fraxinus excelsior*

Оценка усыхания кроны по И.И. Журавлеву и потери декоративности по В.М. Шабнову по преобладающим породам представлена на рис. 7.

На состояние старовозрастной дендрофлоры также влияет и степень охраны парков. Например, средневзвешенная категория санитарного состояния в парках-памятниках природы республиканского значения составляет – 2,08, местного значения – 2,34.

Гомельский дворцово-парковый ансамбль находится под пристальным вниманием сотрудников специального отдела государственного историко-культурного учреждения «Гомельский дворцово-парковый ансамбль», регулярно проводящих в этом историческом парке своевременные санитарные рубки, удаление поросли, уборку поваленных деревьев, лечение дупел и т.д., которые являются важными факторами в профилактической защите деревьев от болезней и вредителей. Результатами таких мероприятий – самый лучший показатель средневзвешенной категории санитарного состояния деревьев среди всех изученных парков – 1,71. На территории парков «Великорита», «Грудополь»,

«Старые Пески», «Сигневичи-2», «Нижне-Теребовский» не проводятся санитарные рубки, лежат поваленные деревья, разрастается поросль культур, первоначально не свойственных облику парка, вследствие чего появляются непроходимые участки, все это в комплексе влияет на санитарное состояние деревьев, особенно интродуцентов.

Известно, что санитарное состояние растений изменяется в процессе их старения, постепенно происходит накопление хронических заболеваний и повреждений (рис. 8).

Нами установлено, что с увеличением диаметра достоверно ухудшается категория состояния у *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Betula pendula*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Fagus sylvatica*. В некоторых случаях обнаружены доказательства второй генерации старовозрастных деревьев в регулярных посадках парков после гибели и порослевого возобновления первоначальных посадок. Долговечность и санитарное состояние порослевого возобновления существенно ниже [14–16].

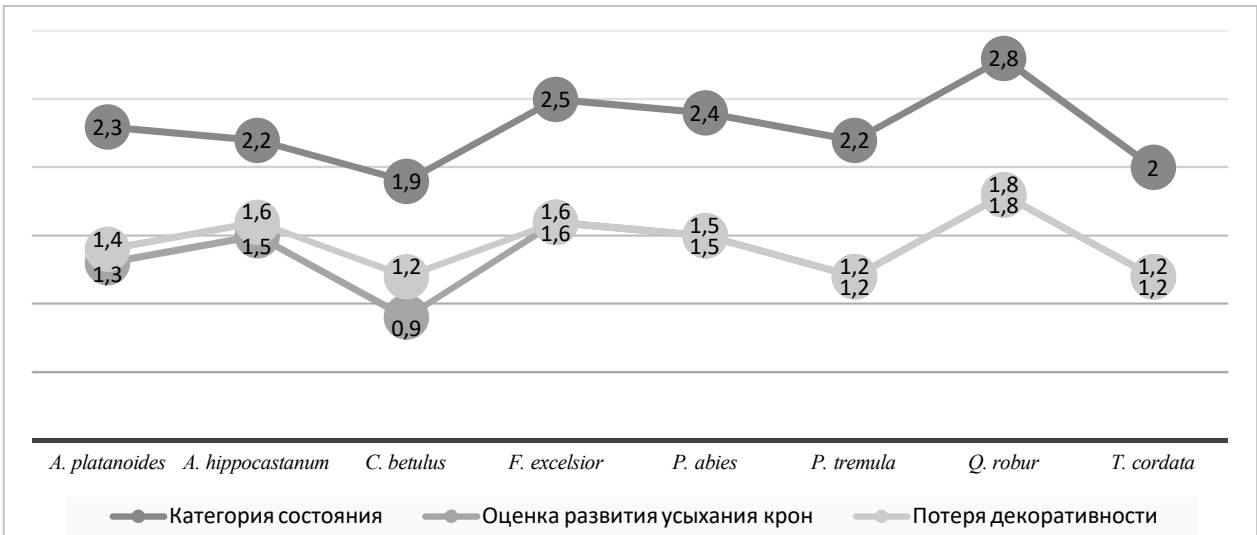


Рис. 7. Оценка усыхания кроны по И.И. Журавлеву и потери декоративности по В.М. Шабнову по преобладающим породам

Fig. 7. Assessment of crown drying according to I.I. Zhuravlev and loss of decorativeness according to V.M. Shabnov by dominant breeds

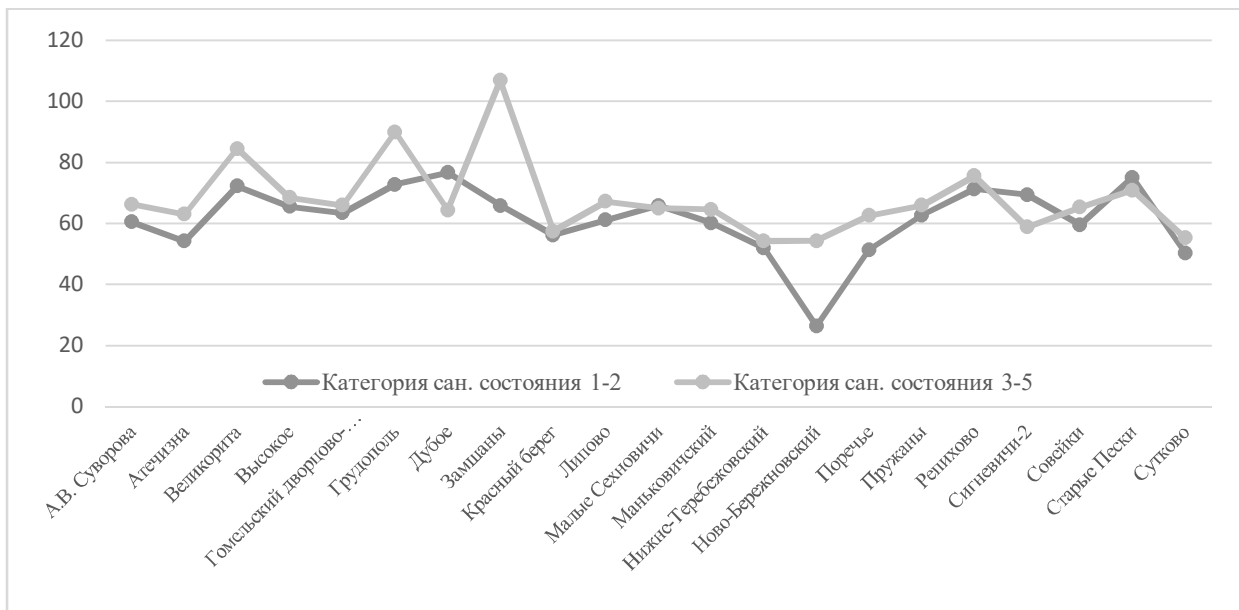


Рис. 8. Зависимость категорий санитарного состояния деревьев от диаметра ствола в исторических парках Белорусского Полесья

Fig. 8. Dependence of categories of sanitary condition on trunk diameter in historical parks of Belarusian Polesie

К категории сильно ослабленных относятся интродуценты преимущественно следующих видов: *Robinia pseudoacacia*; *Tsuga canadensis*; *Aesculus hippocastanum*; *Abies balsamea*; *A. concolor*; *L. kaempferi*; *Juglans ailantifolia* Carriere; *Picea glauca*; *Taxodium distichum*. Усыхающими являются *Larix decidua*; *Populus × canadensis*. Наибольшую устойчивость в условиях парковых посадок Белорусского Полесья проявили старовозрастные экземпляры *Fagus sylvatica*, *Acer pseudo-*

platanus, *Quercus robur*, *Liriodendron tulipifera* L., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.

Среди покрытосеменных к сильно ослабленным и усыхающим относится большая часть деревьев *Quercus robur*, *Betula pendula*, *Aesculus hippocastanum*, *Robinia pseudoacacia*. К примеру, *Q. robur* находится практически во всех обследованных парках в сильно ослабленном состоянии. Это связано, как правило, с комплексом патологических факторов: раковыми и сосудистыми заболе-

ваниями, стволовыми и корневыми гнилями. Наибольшее разнообразие возбудителей гнили – 9 видов ксилотрофных базидиомицетов отмечено на *Q. robur* и 8 на *Carpinus betulus*. Самым распространенным возбудителем гнили является *Phellinus robustus* (P. Karst) Bourdot & Galzin, который был обнаружен в 16 из 21 обследованных парков.

На территории двух парков Пинского района «Дубое» (ботанический памятник природы местного значения) и «Поречье» (ботанический памятник природы республиканского значения) в 2020–2023 гг. проводился ежегодный фитосанитарный мониторинг. За этот период в парке «Дубое» отмечено увеличение категорий санитарного состояния у *Quercus robur* в связи с развитием корневых гнилей. В парке «Поречье» за четыре вегетационных периода обследований выявлено, что без должного ухода усугубляется развитие патологий – увеличивается количество деревьев, пораженных стволовой гнилью; обильно развиваются ксилотрофные макромицеты, особенно часто на деревьях *Q. robur* и *Carpinus betulus* встречаются *Phellinus robustus* и *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill.

По мнению В. М. Шабнова, основными воротами инфекции в парковых насаждениях являются морозобойные трещины и сухобочины, поражающие к 80–100-летнему возрасту стволы практически всех деревьев дуба [12]. Сильно ослабленное состояние *Aesculus hippocastanum* характеризуется развитием некрозно-раковых болезней, стволовых гнилей, возбудители которых являются аборигенными фитопатогенами и встречаются на многих местных и интродуцированных породах, что согласуется с результатами исследований Г. Б. Колганихиной в Москве и Подмосковье [17]. Наибольшая оценка усыхания кроны по И. И. Журавлеву была выявлена у *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (3 балла), *Populus x canadensis* (3,5 баллов), *Populus tremula* L. (3 балла). У *A. glutinosa* и *P. tremula* показатель потери декоративности по 3-х балльной шкале составил 3 балла.

В сравнении с покрытосеменными, голосеменные растения находятся в худшем санитар-

ном состоянии. Например, в парке Поречье среднезвешенная категория состояния хвойных растений составила 2,8, лиственных – 2,1; в парке «Дубое» у хвойных растений – 2,52, лиственных – 2,2. К категории «сильно ослабленные» и «усыхающие» отнесено значительное количество деревьев *Tsuga canadensis*, *Pinus sylvestris*, *Abies alba*, *A. concolor*, *Larix kaempferi*, *L. decidua* var. *polonica*, *Taxodium distichum*, *Picea pungens*. Свежий и старый сухостой представлены деревьями *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Abies balsamea*. Наибольшая оценка усыхания кроны по И.И. Журавлеву была выявлена у *A. alba* (4 балла), *A. balsamea* (4 балла), *Larix decidua* Mill. var. *polonica* (3 балла). Наибольший показатель потери декоративности по 3-х балльной шкале (3 балла) отмечен у *A. alba* и *A. balsamea*. Очевидно, это связано с явлениями массового усыхания хвойных лесов в южных и восточных регионах страны, основными причинами которых являются экстремальные погодные условия на фоне глобального потепления климата и увеличивающегося антропогенного воздействия, а также сопутствующие всплески численности агрессивных стволовых вредителей, что также показано исследованиями А. А. Сазонова и др. [18, 19].

Проведенные исследования показали, что ухудшение санитарного состояния дендрофлоры памятников природы происходит в связи: с глобальными изменениями климата; с проведением мелиорации на данной территории в середине XX в., и как следствие, изменение гидрологического режима; возрастными изменениями, то есть естественным процессом старения; с интенсивностью и качеством ухода за насаждениями, при отсутствии которого ускоряется процесс развития некрозно-раковых болезней, стволовых гнилей; наличие трещин, сухобочин, механических повреждений, которые, как показали наши предыдущие исследования, являются воротами инфекции, способствующими прежде всего заражению растений возбудителями гнилевых болезней и развитию фауности стволов; от уровня ухода за историческими объектами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения исследований на территории 21 парка Белорусского Полесья было обследовано 2492 объекта дендрофлоры, относящиеся к 57 видам, среди которых 36 видов являются интродуцентами. В дворцово-парковых комплексах того времени наряду с местными древесными растениями широко использовались интродуценты, представленные 36 видами и 5 декоративными формами. Значительная часть сохранившихся до нашего времени представителей

дендрофлоры (88%) относится к отделу покрытосеменных, которые, по-видимому, доминировали в древесных композициях.

При оценке санитарного состояния старовозрастных деревьев выявлено, что основными факторами и повреждениями являются сушевершинность, морозные трещины, сухобочность, наросты, смолотечение, рак стволов и ветвей, наклон ствола, однобокое развитие кроны, которые возникают под воздействием комплекса абиотических, биотиче-

ских и антропогенных факторов. Общая средне-взвешенная категория санитарного состояния деревьев по всем объектам составила 2,27, что указывает на их преимущественно ослабленное состояние. В сравнении с покрытосеменными, голосеменные растения находятся в худшем состоянии, что совпадает с процессами массового усыхания хвойных в естественных фитоценозах Полесья.

Привлекательность парковых ландшафтов и санитарное состояние древостоев напрямую зависит от уровня ухода за историческими объектами. Лучшее фитосанитарное состояние было выявлено в Гомельском парке, Ново-Бережновском, Маньковичском. Худшее – Старые Пески, Сигневичи-2, Атечизна, Липово, Грудополь, Велкорита, Высокое. Примером своевременного

грамотного ухода является Гомельский дворцово-парковый ансамбль, где регулярно проводится комплекс эффективных мероприятий по защите и поддержанию жизнеспособности древесного компонента, что благоприятно отражается на общем состоянии дендрофлоры.

На основании вышеизложенного для сохранения старовозрастных деревьев рекомендуется проводить систематический мониторинг исторических парков, который позволит выявить причины снижения жизнеспособности, назначить и своевременно реализовать санитарные обрезки, уборку захламленности, удаление поросли, осветление интродуцентов и аборигенных видов, лечение дупел, защитные обработки и другие мероприятия по повышению устойчивости этих ценных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потаев, Г. А. Экологическая реновация городов: монография / Г. А. Потаев. – Минск: БНТУ, 2009. – 173 с.
2. Потаев, Г. А. Философия современного градостроительства / Г. А. Потаев. – Минск: БНТУ, 2018. – 345 с.
3. Антипов, В. Г. Парки Белоруссии / В. Г. Антипов. – Минск: Ураджай, 1975. – 200 с.
4. Федорук, А. Т. Интродуцированные деревья и кустарники западной части Белоруссии / А. Т. Федорук ; под ред. И. Д. Юркевича. – Минск: Бел. гос. ун-т, 1972. – 180 с.
5. Федорук А. Т. Садово-парковое искусство Белоруссии / А. Т. Федорук. – Минск: Ураджай, 1989. – 247 с.
6. Блох, В. Г. Фитосанитарное состояние *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L. в исторических парках Белорусского Полесья / В. Г. Блох, В. Б. Звягинцев // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике, Москва, 11–15 апреля 2022 г. / Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН [и др.]. – Красноярск, 2022. – С. 24–25.
7. Блох, В. Г. Санитарное состояние старовозрастных деревьев в исторических парках Припятского Полесья / В. Г. Блох, В. Б. Звягинцев // Современные проблемы интродукции и сохранения биоразнообразия растений, посвящ. 85-летию Ботанического сада им. проф. Б. М. Козо-Полянского и 80-летию Е. А. Николаева: Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Воронеж, 20 июля 2022 г. / Воронежский гос. ун-т. – Воронеж, 2022. – С. 123–127.
8. Антипов, В. Г. Определитель древесных растений: справ. пособие. – Минск: Выш. шк., 1994. – 486 с.
9. ТКП Порядок проведения мониторинга состояния лесов / Мин-во лесн. хоз-ва Республики Беларусь. – Минск. – 2018. – 39 с.
10. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, 19 декабря 2016 г., № 79 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21631603&p1=1>. – Дата доступа: 22.06.2020.
11. Журавлев И. И. Определитель грибных болезней деревьев и кустарников / И. И. Журавлев, Т. Н. Селиванов, Н. А. Черемисинов. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 247 с.
12. Шабнов, В. М. Фитопатологическое состояние зеленых насаждений дворцово-парковых ансамблей и меры по его улучшению в Санкт-Петербурге : автореф. дис. ... канд. с.х. наук : 06.01.11 / В. М. Шабнов ; Санкт-Петербургский гос. лесотехнич. ун-т им. С. М. Кирова. – СПб, 2004. – 19 с.
13. Bloch, V. G. Age dynamics of the sanitary state of wood plants in historical parks of the Belarusian Polesie / V. G. Bloch, V. B. Zviagintsev // Актуальні проблеми, шляхи та перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоєкології та фітомеліорації : мат-ли міжнарод. наук.-практ. конф., Біла Церква, 16–17 вересня 2021 р. / Білоцерківський національний аграрний університет [та ін.]; відповід. за випуск О. Г. Олешко, А. Б. Марченко. – Біла Церква. 2021. – С. 23–24.
14. Куликова, Е. Г. Причины деградации дубрав и пути их восстановления / Е. Г. Куликова // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: мат-лы междунар. науч.-техн. конф., Белгород, 24–25 ноября 2015 г. / БГТУ. – Белгород, 2015. – С. 72–80.
15. Ветчинникова, Л. В. Пространственная и возрастная структура популяций березы повислой и карельской березы / Л. В. Ветчинникова, А. Ф. Титов // Тр. Карельского науч. центра РАН. – 2021. – № 11. – С. 22–38.
16. Крюкова, А. А. Патология формы ствола дуба черешчатого / А. А. Крюкова // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 82 (08). – С. 1–14.
17. Колганихина, Г. Б. Фитопатогенные грибы на *Aesculus hippocastanum* L. в Москве и Подмоскowie / Г. Б. Колганихина, Э. С. Соколова // Лесной вестник. – 2013. – № 6. – С. 112–116.
18. Массовое усыхание еловых лесов Беларуси на рубеже XX–XXI вв. и пути минимизации его последствий / А. А. Сазонов [и др.]. – Лесное хозяйство – 2014. – №3. – С. 9–12.
19. Сазонов А. А. Биологический пожар в сосновых лесах / А. А. Сазонов, В. Б. Звягинцев // Лесное и охотничье хозяйство – 2016. – № 6. – С. 9–13.

Поступила в редакцию 08.01.2024 г.

ФИТОЦЕНОЛОГИЯ PHYTOCENOLOGY

УДК 630*1; 630*2; 504.062

И. Н. ВЕРШИЦКАЯ¹, А. В. ПУГАЧЕВСКИЙ¹, М. В. ЕРМОХИН², В. В. ЛУКИН¹,
Т. Л. БАРСУКОВА¹, Н. В. КНЫШ¹, С. А. КОМАР¹, Я. К. ИГНАТЬЕВ¹

РЕДКИЕ ЛЕСНЫЕ БИОТОПЫ БЕЛАРУСИ: ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ

¹*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: ieb_dir@biobel.by*

²*Ботаническое общество, Минск, Беларусь*

Аннотация. Представлены результаты изучения редких биотопов лесов на территории Беларуси, проведенного на 1/3 площади лесного фонда страны. Выделено 12 категорий редких биотопов лесов на общей площади 152,9 тыс. га. Выявлены особенности их распространения по геоботаническим подзонам. Среди сохранившихся редких биотопов преобладают труднодоступные леса на болотах или в поймах рек (71,5%), при этом 87% всех выявленных редких биотопов лесов расположены на особо охраняемых природных территориях.

Ключевые слова: редкие лесные биотопы, распространение, охрана, состояние, Беларусь.

I. N. VERSHITSKAYA¹, A. V. PUHACHEUSKI¹, M. V. YERMOKHIN², V. V. LUKIN¹,
T. L. BARSUKOVA¹, N. V. KNYSH¹, S. A. KOMAR¹, YA. K. IGNATIEV¹

RARE FOREST HABITATS IN BELARUS: SPECIFICS OF THE STRUCTURE AND DISTRIBUTION

¹*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: ieb_dir@biobel.by*

²*Botanical society, Minsk, Belarus*

Annotation. The article discusses the results of the extensive study of rare forest biotopes on the territory of Belarus. Research cover about one-third of all forest fund holders. Rare forest biotopes of 12 categories have been identified on a total area of 152.9 thousand hectares. The specifics of the distribution of rare biotopes by geobotanical subzones, and their structure (the composition of the forest stand and lower vegetation layers) are analyzed. Hard-to-access forests in bogs and floodplains prevail among the preserved rare biotopes (71.5%), while 87% of all identified rare forest biotopes are located in specially protected natural areas.

Keywords: rare forest biotopes, distribution, protection, state, Belarus.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивная многовековая хозяйственная деятельность в Европе привела к значительному сокращению (а в ряде регионов – к полному исчезновению) естественных лесных экосистем [1], и Беларусь, леса которой подверглись сильной антропогенной трансформации, не исключение [2, 3]. Участки естественных мало нарушенных лесов сохранились только в труднодоступных местах. Еще 10–15 лет назад в Беларуси среди ученых не было

единого мнения о том, какие экосистемы представляют собой особую ценность, являются редкими и подвергающимися угрозе исчезновения. Хотя все разделяли точку зрения, что старовозрастные леса должны охраняться как уникальные экосистемы, единого мнения о критериях возраста, структуры и типов леса, подлежащих сохранению, не было. Это вызывало проблемы и при выделении особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Только к 2013 г. удалось объединить существующие представления о понятии «редкие биотопы», что нашло отражение в монографии «Редкие биотопы Беларуси» [4]. Их перечень основан на Директиве об охране природных местообитаний, видов дикой флоры и фауны [5] и резолюции 4 к Бернской конвенции [6], но адаптирован к физико-географическим и геоботаническим условиям Беларуси.

Понятие «редкие биотопы» введено в природоохранное законодательство и практику охраны

природы Беларуси. В частности, наличие редких и (или) типичных биотопов является одним из условий создания ООПТ. Однако не было представления о распространении «редких биотопов» различных категорий по территории страны. Поэтому в 2017–2020 гг. нами были проведены исследования на территории 43 лесохозяйственных и природоохранных учреждений, что позволило установить особенности распространения редких биотопов, их сохранности и структуры, апробировать критерии выделения.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлись редкие и находящиеся под угрозой исчезновения биотопы лесов в 43 лесохозяйственных и природоохранных учреждениях, расположенных во всех геоботанических подзонах Беларуси. Это составляет 1/3 от общего количества лесфондодержателей. Под «редкими биотопами» в данной работе подразумеваются как редкие биотопы, уязвимые в силу своих экологических особенностей (собственно редкие), так и биотопы всё еще широко распространенные, но находящиеся под угрозой исчезновения или сокращающие свою площадь в результате антропогенного воздействия (типичные).

Критерии и методика выделения редких биотопов детально изложена в [9]. Леса, относимые к редким биотопам, должны соответствовать ряду критериев: быть естественного происхождения, 1-го или 2-го класса биологической устойчивости; представлены аборигенными древесными породами; с наличием старых деревьев и мертвой древесины; средний возраст насаждений, как правило, старше 100 лет для лесов с преобладанием хвойных и широколиственных пород, 70 лет – с преобладанием мелколиственных пород.

В обязательном порядке учитываются ограничения в отношении антропогенного воздействия на леса: они должны сохраняться в течение длительного времени в условиях непрерывного устойчивого лесопользования, следы лесохозяйственной деятельности отсутствуют (допускается отбор участков, на которых проводились выборочные рубки или уборка захламленности более 20-ти лет назад); расположены на неосушенных землях, или на давно осушенных землях, на которых гидромелиоративная сеть утратила свои функции.

Всего в Беларуси выделено 14 категорий редких биотопов лесов (табл. 1).

Детальное их описание приведено в [4], а критерии выделения (типы леса, возраст, особенности структуры древостоев и пр.) изложены в [8].

Один из основных критериев для выделения редких биотопов лесов (за исключением лесных

пастбищ) – это отсутствие следов хозяйственной деятельности, либо ее наличие с настолько низкой интенсивностью, что не привело к нарушению хода природных сукцессий.

На предварительном этапе для выделения потенциальных участков с редкими биотопами использовали повыведельную базу данных таксационных описаний лесного фонда, предоставленную РУП «Белгослес». Отбирали участки с древостоями естественного происхождения, соответствующих типов леса, возраста и структуры. В качестве дополнительных источников информации при предварительном отборе использовали космические и аэрофотоснимки, разновременные топографические и другие карты, материалы научных исследований. Из объектов исследования исключали участки, на которых в последние 20 лет проводились лесохозяйственные мероприятия, участки леса площадью менее 10 га среди полей, леса вдоль трасс коммуникаций, на землях с густой сетью осушительных каналов, вокруг населенных пунктов, санаторно-оздоровительных учреждений.

Полевое обследование выбранных на предварительном этапе участков проводили в сезон вегетации. В биотопах, соответствующих критериям редких, составляли геоботаническое описание, которое дополняли описанием структуры и состояния древостоя, оценкой антропогенного воздействия (наличие каналов, лесных дорог, следов рубок и пр.) и разрушительных природных процессов (ветровал, затопление, повреждение насекомыми и болезнями). Отмечали элементы биотопического и биологического разнообразия: деревья выдающихся размеров и возраста, наличие мертвой древесины, эпифитных мхов и лишайников, рельеф, родниково-ручьевые комплексы и др. Возраст деревьев уточняли по кернам древесины. Границы редкого биотопа или комплекса биотопов определяли в границах соответствующего таксационного выдела или их группы. При описании типов леса использовали белорусскую лесную типологию [7, 11].

Таблица 1. Категории редких биотопов лесов Беларуси и их соответствие классификации EUNIS [10]**Table 1.** The rare forest biotopes categories in Belarus and correspondence to the EUNIS classification [10]

Название редких биотопов лесов	Соответствующие биотопы классификации EUNIS
Западная тайга	G1.918 Eurasian boreal <i>Betula</i> woods G1.925 Boreal <i>Populus tremula</i> woods G3.A11 Subcontinental bilberry western spruce taiga G3.A14 Boreo-nemoral bilberry western spruce taiga G3.A211 Subcontinental small fern western spruce taiga G3.A31 Subcontinental small-herb western spruce taiga G3.B2 Cowberry pine and spruce-pine taiga G3.B3 Herb-rich and grassy pine taiga G3.B42 Southern boreal continental lichen pine taiga G4.2 Mixed taiga woodland with birch
Южнотаежные и подтаежные широколиственные и хвойно-широколиственные леса	G1.A163 Boreonemoral spruce-lime-oak-hornbeam forests G1.A169 Western boreal mixed deciduous forests G1.A16A Northern middle Russian oak-lime forests G1.A52 Sub-boreal lime forests G1.A62 Wych elm and fluttering elm woods
Еловые леса с богатой травянистой растительностью	G3.A22 Tall fern western spruce taiga G3.A34 Boreo-nemoral small-herb western spruce taiga G3.A42 Southern subcontinental tall-herb spruce taiga
Лиственные леса в долинах рек	G1.111 Middle European white willow forests G1.123 Boreal grey alder galleries G1.2111 Sedge ash-alder woods G1.2112 Fontinal ash-alder woods G1.2113 Cabbage thistle ash-alder woods G1.2114 Hillside spring ash-alder woods G1.21212 Northeastern stream spruce-ash-alder woods G1.21311 Central European slow river ash-alder woods G1.2134 Eastern Baltic slow river floodplain woods G1.2135 Sarmatic ash-alder woods
Неморальные широколиственные леса с грабом	G1.A162 Mixed lime-oak-hornbeam forests G1.A323 Sarmatic hornbeam forests
Хвойные леса на верховых, переходных и низинных болотах, березовые леса на переходных болотах	G1.511 Cotton sedge sphagnum birch woods G1.512 Sedge sphagnum birch woods G3.D Boreal bog conifer woodland G3.E211 Inland northern bilberry <i>Scots Pine</i> mire woods G3.E52 Sub-boreal fen spruce woods G4.1 Mixed swamp woodland
Лиственные леса на избыточно увлажненных почвах и низинных болотах	G1.4112 Elongated-sedge swamp alder woods G1.4113 East European swamp alder woods G1.4114 Sub-boreal swamp alder woods G1.513 Meso-acidophilous birch swamp woods G1.52 Alder swamp woods on acid peat
Пойменные дубравы	G1.225 Sarmatic riverine oak forests
Сосново-дубовые леса	G3.42113 Subcontinental moorgrass <i>Scots pine</i> forests G3.42114 Subcontinental saw-wort <i>Scots pine</i> forests G4.7111 Northeastern bilberry-smallreed pine-oak forests G4.7112 Northeastern aspen pine-oak forests G4.72 Continental nemoral pine-oak forests
Сосняки лишайниковые	G3.42112 Subcontinental lichen <i>Scots pine</i> forests
Лесные пастбища	X09 Pasture woods (with a tree layer overlying pasture)
Леса в оврагах и на крутых склонах	G1.A4 Ravine and slope woodland
Леса с участием ели за южной границей ее ареала	G3.1F Enclave <i>Picea abies</i> forests
Злаковые дубравы	G1.42 Oak swamp woods

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из 14-ти категорий редких биотопов лесов на обследованных территориях выявлены биотопы только 12-ти категорий. Биотопы двух категорий «Злаковые дубравы» и «Леса с участием ели за южной границей ее ареала» крайне редки и встречаются только небольшими по площади участками за пределами обследованной территории. Первые формируются на пониженных участках рельефа (в слабопроточных ложбинах и западинах), затопляемых весной талыми водами. Еловые леса за южной границей ареала ели находятся в южной части Беларуси преимущественно на границах с болотами и вдоль водотоков с устойчивым гидрологическим режимом. Однако массовая осушительная мелиорация и климатические изменения привели к изменению экологического режима и гибели некоторых насаждений [12]. Кроме того, в ряде потенциально выделенных биотопов этих категорий проведены санитарные рубки различной интенсивности, что не позволило отнести эти леса к редким.

Площадь редких биотопов колеблется от 0,1% лесной площади (Барановичский и Могилевский лесхозы) до 76% (Березинский биосферный заповедник) (рис. 1, табл. 2). Причем 36,5% площади

всех выявленных редких биотопов приходится на территорию Березинского биосферного заповедника и 26,3% – Беловежской пущи. В большинстве лесхозов их доля составляет всего 0,1–1,0% лесной площади. Связано это в первую очередь с интенсивной хозяйственной деятельностью и хорошей доступностью лесов.

Наибольшая доля редких биотопов выявлена в регионах с большой площадью трудных для освоения заболоченных или пойменных земель, а также в регионах с высокой долей крупных ООПТ. Причем большинство последних представлено экосистемами, где ведение лесного хозяйства затруднено из-за высокой заболоченности (Полесский и Столинский лесхозы, Березинский биосферный заповедник).

Соответственно большинство сохранившихся редких биотопов (71,5%) – это леса на болотах и в поймах рек, включая категории: «Хвойные леса на верховых, переходных и низинных болотах, березовые леса на переходных болотах» (47,2%), «Лиственные леса на избыточно увлажненных почвах и низинных болотах» (21,1%), «Пойменные дубравы» (1,7%), «Лиственные леса в долинах рек» (1,5%) (рис. 2, см. табл. 1).

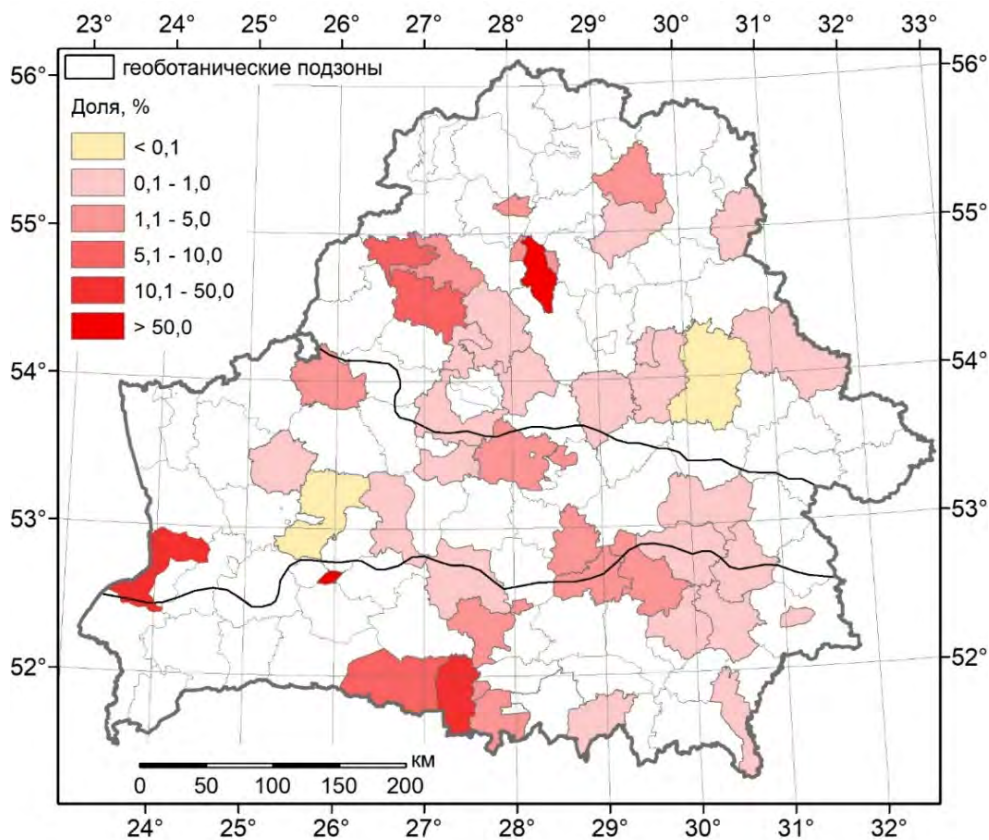


Рис. 1. Доля (в % от лесной площади) выявленных редких биотопов лесов

Fig. 1. Share (in % of forest area) of identified rare forest biotopes

Таблица 2. Распределение редких биотопов лесов по категориям, геоботаническим подзонам и юридическим лицам, ведущим лесное хозяйство

Table 2. Distribution of rare forest biotopes by categories, geobotanical subzones and forestry enterprises

Юридические лица, ведущие лесное хозяйство	Западная тайга	Южнотаежные хвойно-широколиственные леса	Еловые леса с богатой травянистой растительностью	Лиственные леса в долинах рек	Неморальные широколиственные леса с грабом	Хвойные леса на болотах	Лиственные леса на низинных болотах	Пойменные дубравы	Сосново-дубовые леса	Сосняки липайниковые	Лесные пастбища	Леса в оврагах и на крутых склонах	Итого
Подзона дубово-темнохвойных лесов													
Бельничский л-з	39,5	-	4,3	44,8	-	278,9	13,9	-	-	-	-	-	381,4
Березинский л-з	18,4	-	-	23,4	-	700,4	6,8	144,0	-	-	-	-	893,0
Березинск. биосфер. з-к	13022,6	328,0	2217,2	-	-	30438,2	9709,4	108,3	-	-	-	-	55823,7
Бешенковичский л-з	20,9	-	3,8	11,8	-	136,9	-	-	-	-	-	-	173,4
Вилейский опытный л-з	1097,0	12,9	66,1	68,7	-	2943,1	294,7	10,1	-	17,8	-	17,6	4528,0
Горещкий л-з	-	72,0	-	-	-	-	26,7	-	-	-	-	-	98,7
Двинская ЭЛБ	-	-	-	-	-	163,2	-	-	-	-	-	-	163,2
ЭЛОХ «Красносельск.»	-	-	105,8	39,3	-	17,0	173,6	-	-	-	-	-	335,7
Лиозненский л-з	4,3	44,8	6,6	46,7	-	84,0	48,2	-	-	-	-	33,5	268,1
Логойский л-з	66,7	-	6,2	184,0	-	31,0	5,8	-	-	-	-	4,6	298,3
Минский л-з	-	44,1	21,7	58,1	-	-	-	-	-	-	-	-	123,9
Могилевский л-з	-	-	-	5,5	-	55,2	-	-	-	-	-	-	60,7
НП «Нарочанский»	1269,3	-	43,2	35,2	-	2181,5	623,2	-	-	-	-	-	4152,4
Смолевичский л-з	6,0	-	-	4,0	-	268,7	14,7	-	-	-	-	-	293,4
ЭЛОХ «Тетеринское»	-	-	-	-	-	87,6	-	-	-	-	-	-	87,6
Шумилинский л-з	10,9	-	-	-	-	828,2	-	-	-	-	-	-	839,1
ЭЛОХ «Барсуки»	-	-	-	-	-	675,0	52,0	-	-	-	-	-	727,0
ЭЛОХ «Мядель»	19,8	62,0	20,0	78,7	-	905,2	49,6	-	-	-	-	-	1135,3
Подзона грабово-дубово-темнохвойных лесов													
Барановичский л-з	-	-	-	-	-	44,2	-	16,9	-	-	-	-	61,1
Глусский л-з	14,7	-	-	67,8	78,3	1121,1	42,6	21,0	-	-	-	-	1345,5
Дятловский л-з	63,6	-	-	412,1	8,6	35,1	69,4	91,5	-	5,9	11,6	-	697,8
Жорновская ЭЛБ	10,4	-	-	46,2	28,3	93,8	34,9	-	-	-	-	-	213,6
Ивьевский л-з	70,8	110,0	29,5	449,7	9,9	987,8	612,5	484,0	-	24,2	-	-	2778,4
Клецкий л-з	-	-	-	16,3	32,9	43,7	-	-	-	-	-	-	92,9
НП «Беловежск. пуца»	14080,0	-	3241,9	379,9	6034,3	2548,1	13848,4	-	-	47,0	-	-	40179,6
Пуховичский л-з	5,5	50,6	-	-	-	2832,1	437,9	-	-	-	-	-	3326,1
Рогачевский л-з	9,6	-	-	25,8	-	30,4	-	26,1	-	-	-	-	91,9
Узденский л-з	-	-	10,9	-	27,9	15,0	12,3	15,9	-	-	-	-	82,0
Подзона широколиственно-сосновых лесов													
Буда-Кошелевский л-з	-	-	-	46,4	4,5	-	-	-	-	-	-	-	50,9
Василевичский л-з	-	-	-	-	-	-	-	501,7	-	-	-	-	501,7
Ельский л-з	-	-	-	-	55,2	5,2	-	-	175,0	-	-	-	235,4
Житковичский л-з	-	-	-	-	-	2387,4	309,5	-	4,2	-	-	-	2701,1
Жлобинский л-з	14,9	5,3	-	-	-	108,7	208,0	111,2	89,6	-	-	-	537,7
Комаринский л-з	-	-	-	-	41,5	2,9	4,9	7,6	-	-	-	-	56,9
Корневская ЭЛБ	-	-	-	14,6	11,6	-	-	-	-	-	-	-	26,2
ЛОХ «Выгоновское»	45,8	52,7	-	40,4	-	1437,2	4459,6	-	0,9	-	-	-	6036,6
Милошевичский л-з	-	-	-	-	3,9	3275,0	108,5	21,2	30,3	31,9	6,3	-	3477,1
Октябрьский л-з	-	-	-	26,3	-	635,4	162,1	116,4	-	-	-	-	940,2
Полесский л-з	-	-	-	-	-	11596,7	825,8	107,6	34,5	14,8	-	-	12579,4
Речицкий л-з	-	-	-	87,1	-	-	17,8	323,3	-	-	-	-	428,2
Светлогорский л-з	-	-	-	17,8	102,8	821,2	41,5	488,1	-	-	-	-	1471,4
Старобинский л-з	-	50,4	-	-	57,4	-	22,0	-	-	-	-	-	129,8
Столинский л-з	-	-	-	-	36,0	4359,7	92,4	-	-	0,9	-	-	4489,0
Всего	15810,7	832,8	2535,3	1850,7	498,8	69626,7	18480,3	2594,9	334,5	95,5	17,9	55,7	112733,8



Рис. 2. Доля (%) различных категорий выявленных редких биотопов лесов

Fig. 2. Share (%) of different categories of rare forest biotopes

Суходольные леса вне ООПТ в большинстве своем изменены либо хозяйственной, либо рекреационной деятельностью. В результате типичные в геоботаническом и географическом отношении для условий нашей страны биотопы категорий «Западная тайга», «Южнотаежные и подтаежные широколиственные и хвойно-широколиственные леса», «Еловые леса с богатой травянистой растительностью», «Неморальные широколиственные леса с грабом», «Сосново-дубовые леса» (в южной части Беларуси) занимают в совокупности только 28,1% от площади всех редких биотопов лесов. Около 70% из них относится к категории «Западная тайга» и сконцентрированы они в Березинском биосферном заповеднике (13,0 тыс. га) и Беловежской пуце (14,1 тыс. га).

Незначительные площади занимают редкие биотопы категорий «Сосняки лишайниковые» (0,1%) и «Леса в оврагах и на крутых склонах» (0,04%) поскольку они приурочены к ограниченно распространенным формам рельефа: первые – к крайне бедным песчаным дюнам, вторые – к овражно-балочной сети или крутым берегам рек и озер. Не велика и доля лесов категории «Лесные пастбища» – 0,01%. Подобные биотопы пока не редкость в долинах крупных рек, где пойменные леса и леса на террасах часто использовались как пастбища. Но большинство таких участков отно-

сится к сельскохозяйственным землям, поэтому в рамках данной работы не исследовались.

Наибольшая площадь редких биотопов, помимо Березинского заповедника, выявлена в национальных парках «Беловежская пуца» (40,2 тыс. га) и «Нарочанский» (4,2 тыс. га), Полесском (12,6 тыс. га), Вилейском опытном (4,5 тыс. га), Столинском (4,5 тыс. га), Милошевичском (3,5 тыс. га) лесхозах, ЛОХ «Выгоновское» (6,0 тыс. га) (см. табл. 2). Во всех из них, исключая Беловежскую пуцу, преобладает категория биотопов «Хвойные леса на верховых, переходных и низинных болотах, березовые леса на низинных болотах». Все они либо сами являются целиком ООПТ, либо на них расположены крупные заказники (рис. 3). За пределами ООПТ выявлено всего 13,0% (от общей площади) редких лесных биотопов.

Беловежская пуца – единственная крупная территория, на которой преобладают редкие биотопы леса на суходолах. Долгая история заповедания, несмотря на обширные рубки в прошлом [13], позволила сохранить в естественном состоянии большие по площади участки равнинных лесов, ранее широко распространенных по всей Европе.

Рассмотрим далее каждую из категорий редких биотопов лесов.

Западная тайга. Суходольные хвойные и мелколиственные леса, в которых все ярусы представлены видами, характерными для бореальных хвойных лесов. Выделены на 20 территориях (рис. 4а) на 29,9 тыс. га, в первую очередь в подзонах дубово-темнохвойных и грабово-дубово-темнохвойных лесов. 95,1% всех биотопов этой категории выявлены на ООПТ (см. рис. 3), в т.ч. 90,7% на территории Березинского биосферного заповедника и национального парка «Беловежская пуца» (см. табл. 2).

Главными лесообразующими породами являются *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Populus tremula*, *Betula pendula* и *B. pubescens*. Всегда хорошо развит моховой покров. Леса этой категории разделены на три подтипа:

1) боры и субори на сухих, свежих и влажных почвах представлены типами леса *Pinetum calunosum*, *P. vaccinosum*, *P. pleuroziosum*, *P. pteridiosum*, *P. myrtillosum*, а также производными от них березняками и осинниками;

2) еловые леса на свежих и влажных почвах (*Piceetum pleuroziosum*, *P. pteridiosum*, *P. myrtillosum*; производные от ельников *Betuletum myrtillosum*, *B. pleuroziosum*, *Tremuletum myrtillosum*). Наиболее типичны для подтаежных лесов *Piceetum pleuroziosum* и *P. myrtillosum*, где чаще, чем в других типах леса, формируются монодоминантные ельники с незначительным участием мелколиственных пород, *Pinus sylvestris*, реже *Quercus*

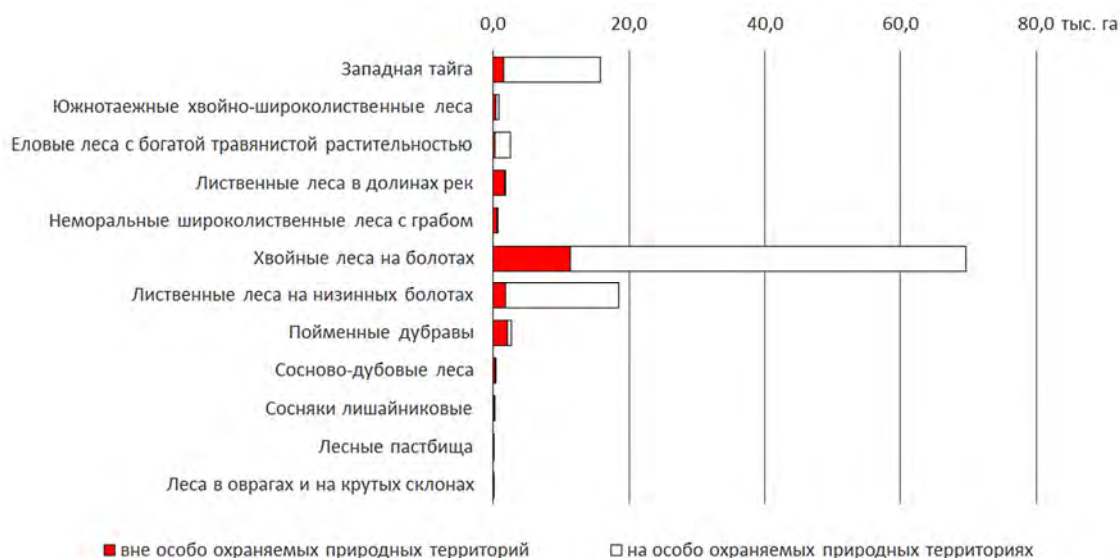


Рис. 3. Соотношение охраняемых и не охраняемых редких биотопов лесов

Fig. 3. The ratio of protected and non-protected rare forests biotopes

robur и *Alnus glutinosa*, нередко формируются разновозрастные древостои. Но все же преобладают смешанные насаждения, в которых ель составляет 50–70%.

3) сосновые и еловые леса на сырых почвах (*Piceetum polytrichosum*, *Pinetum polytrichosum*, *P. fontinale-herbosum*, производные березняки *Pubescentio-Betuletum polytrichosum*). Занимают окраины болот, пониженные участки малопроточных ложбин и котловин. Насаждения обычно смешанные: к хвойным примешиваются до 10–50% *Betula pubescens*, *Alnus glutinosa*, реже *Populus tremula*.

За пределами ООПТ леса этой категории из-за установленного для сосняков и ельников возраста главного пользования от 80 лет редко достигают высокого возраста. Поэтому выявленные участки редких биотопов этой категории фрагментарны, занимая площадь в среднем 2–3 га. Исключение составляют Березинский биосферный заповедник и Беловежская пуца, они доминируют среди биотопов суходольных лесов.

Южнотаежные и подтаежные широколиственные и хвойно-широколиственные леса. Это леса, в которых широколиственные породы составляют не менее 30% запаса, а также производные от них осинники, черноольшанники, сосняки и ельники с наличием второго яруса и густого подроста из широколиственных пород.

Выделены на территории 11 лесхозов (рис. 4б) на площади 0,8 тыс. га; 52,0% биотопов этой категории расположено на ООПТ (см. рис. 3). Произрастают на плодородных супесчаных и суглинистых свежих, сырых и влажных проточных почвах. Представлены видами, характерными как для бореальных, так и неморальных лесов.

Характеризуются многоярусностью и хорошо развитым подлеском. В Беларуси выделяются два зональных варианта (переход от одного к другому определяется перекрытием ареалов *Picea abies* и *Carpinus betulus*): южнотаежные елово-широколиственные леса и подтаежные елово-грабово-широколиственные. Типы леса: *Quercetum*, *Fraxinetum*, *Ulmelum*, *Tilietum* и *Aceretum oxalidosum*, *aegopodiosum*, *urticosum*, *filicosum*; *Piceetum* и *Pinetum oxalidosum* и *aegopodiosum*, *Tremuletum* и *Glutinoso-Alnetum oxalidosum* и *aegopodiosum*.

Ненарушенные высоковозрастные бореально-неморальные широколиственные леса встречаются фрагментарно из-за вырубki и последующей смены этих лесов на длительный период (сотни лет) ельниками и смешанными елово-мелколиственными насаждениями, в которых ведется интенсивное лесопользование [2, 14, 15].

Подобные биотопы описаны в Горецком лесхозе, где среди древостоев встречаются дубы старше 150 лет. Характерный вариант биотопа выявлен и в Лиозненском лесхозе – вязовники с бореально-неморальным комплексом растений во всех ярусах. Такие фитоценозы характерны для центра и юга таежной зоны, где они образуют небольшие массивы на самых плодородных почвах, занимая наиболее прогреваемые участки по склонам и долинам рек.

Еловые леса с богатой травянистой растительностью. Леса с доминированием *Picea abies*, часто при участии широколиственных и мелколиственных пород (до 30–50% в составе), а также производные от них осинники и черноольшанники. Выделены на территории 13 учреждений (рис. 4в) на общей площади 5,8 тыс. га. 95,2%

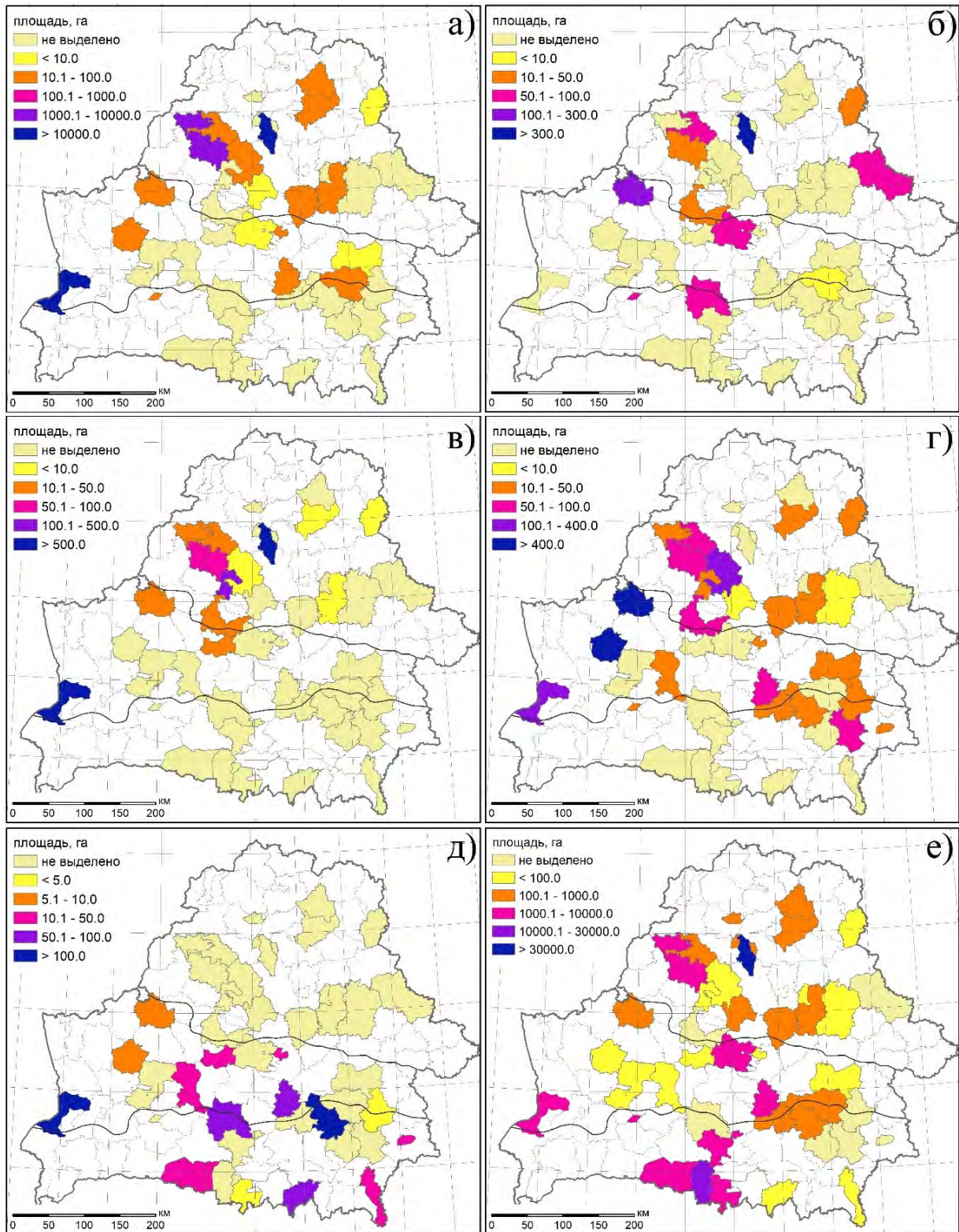


Рис. 4. Распространение редких биотопов лесов:
 а) Западная тайга, б) Южнотаежные и подтаежные широколиственные и хвойно-широколиственные леса,
 в) Еловые леса с богатой травянистой растительностью, г) Лиственные леса в долинах рек,
 д) Неморальные широколиственные леса с грабом, е) Хвойные леса на верховых, переходных и низинных болотах, берзовые леса на переходных болотах

Fig. 4. Distribution of rare forest biotopes:
 а) Western taiga, б) Southern taiga and sub-taiga broadleaved and coniferous-broadleaved forests,
 в) Spruce forests with rich herbaceous vegetation, д) Deciduous forests in river valleys,
 е) Nemoral broadleaved forests with hornbeam, ф) Bog woodland

площади биотопов этой категории расположено на ООПТ, а 94,4% – в Березинском биосферном заповеднике и Беловежской пуще. Формируются в долинах рек и ручьев, ложбинах стока, на склонах моренных холмов.

В зависимости от увлажнения почв леса этой категории разделены на три подтипа:

1) еловые и елово-мелколиственные леса на свежих почвах: *Piceetum oxalidosum*, производные *Glutinoso-Alnetum oxalidosum*, *Betuletum oxalidosum* и *Tremuletum oxalidosum*.

2) еловые и елово-мелколиственные леса на влажных и сырых проточных почвах: *Piceetum aegopodiosum*, *P. urticosum*, *P. filicosum*; производные от них осинники и черноольшаники.

3) еловые леса на обводненных проточных почвах: *Piceetum fontinale-herbosum*. Выражен микрорельеф в виде чередующихся с западинами кочек и приствольных повышений.

Все подтипы характеризуются сложным составом древостоя, богатым в видовом отношении подлеском и развитым покровом трав, в котором преобладают неморальные виды.

В составе древостоя помимо *Picea abies* (50–100% в составе) обычны *Pinus sylvestris*, *Betula sp.*, *Populus tremula*, *Quercus robur*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Alnus glutinosa*, *Ulmus sp.*, *Acer platanoides*, *Tilia cordata*. Часто формируется второй ярус, в котором преобладает *Picea abies*, доминирующая и в подросте (50–100%).

За пределами ООПТ леса подобного облика сохранились в долинах рек и на склонах крупных моренных холмов, где ведение рубок ограничено. Не образуют крупных массивов, рассредоточены отдельными участками площадью до 5 га.

Лиственные леса в долинах рек. Формируются в условиях хорошей проточности по берегам и в поймах рек, ручьев, по врезанным ложбинам стока. Выделены на большинстве (25) обследованных территорий (рис. 4г). Выявлены на 2,2 тыс. га и только 23,2% из них расположено на ООПТ (см. рис. 3). Связано это с тем, что в прибрежных полосах ограничено проведение рубок, что позволяет сохраниться этим лесам за пределами ООПТ. Важной особенностью водного режима для формирования данного биотопа является чередование периодов значительного поднятия в период паводка и снижения (в межень) уровня грунтовых вод. В напочвенном покрове преобладают мезофильные и мезогидрофильные виды. Представлены двумя вариантами.

Вариант «Черноольховые, сероольховые и ясенево-еловые леса в долинах рек» представлен типами: *Glutinoso-Alnetum urticosum*, *G.-A. aegopodiosum*, *G.-A. filicosum*, *G.-A. filipendulosum.*, *G.-A. iridosum*, реже – *G.-A. caricosum*; *Incano-Alnetum*

aegopodiosum, *I.-A. urticosum*, *I.-A. filipendulosum*; *Fraxinetum filipendulosum*, *F. filicosum*. Древостои чаще одноярусные из *Alnus glutinosa*, *A. incana*, иногда с *Fraxinus excelsior*. В примеси (до 50%) могут встречаться *Ulmus sp.*, *Quercus robur*, *Betula pubescens*, *Picea abies*, *Populus tremula*.

Вариант «Насаждения с доминированием ивы белой в долинах рек» крайне редок. Насаждения *Salix alba* монодоминантные или с участием других древовидных ив (*Salix pentandra*, *S. fragilis*), *Populus tremula*. Встречаются в прирусловой и центральной части пойм крупных рек на хорошо проточных участках в условиях краткочасового режима на обогащенных органикой иловатых, дерново-глеевых почвах или слаборазвитых бедных песчаных наносах аллювия. В подзоне дубово-темнохвойных лесов по берегам рек чаще встречаются галереи с доминированием *Salix pentandra*, а древостои из *Salix alba* высокого возраста выделены в долинах рек Березина и Неман (Речицкий и Дятловский лесхозы).

Неморальные широколиственные леса с грабом. Выделены на 15 территориях (рис. 4д) на общей площади 6,1 тыс. га; 92,4% из них расположено в национальном парке «Беловежская пуща» (см. рис. 3), что объясняется долгим периодом заповедания. Во всех ярусах преобладают виды неморальной флоры, постоянную примесь в древостое образует *Carpinus betulus*. Древостои обычно многоярусные (до 4 ярусов), сложные по составу (до 9 пород). Из-за высокой сомкнутости древесного полога напочвенный покров часто разрежен. Биотоп представлен большой группой типов леса пяти лесных формаций: *Quercetum pteridiosum*, *Q. myrtillosum*, *Q. oxalidosum*, *Q. aegopodiosum*, *Q. urticosum*, *Q. filicosum*; *Tilietum oxalidosum*, *T. urticosum*; *Aceretum pteridiosum*, *A. oxalidosum*, *A. aegopodiosum*, *A. urticosum*; *Fraxinetum oxalidosum*, *F. aegopodiosum*, *F. urticosum*, *F. Filicosum*; *Carpinetum pteridiosum*, *C. myrtillosum*, *C. oxalidosum*, *C. aegopodiosum*, *C. urticosum*, *C. filicosum*. Насаждения кленовников, липняков и ясенников встречаются крайне редко, а грабняков, напротив, – часто. Последние являются наиболее длительной производной стадией смены коренного растительного сообщества – дубравы.

Хвойные леса на верховых, переходных и низинных болотах, березовые леса на переходных болотах. Выделены на большинстве (36) обследованных территорий (рис. 4е). Это наибольшая по площади категория редких биотопов (72,2 тыс. га), при этом 84,2% из них расположено на ООПТ (см. рис. 3), среди которых выделяются Березинский биосферный заповедник, заказники «Ольманские болота» и «Старый Жаден». В этих лесах хорошо развит покров сфагновых мхов.

Они играют важную гидрологическую роль как резерваты влаги и источники питания рек и озер. Биотопы этой категории делятся на два варианта:

1) березовые леса на переходных болотах: *Pubescentio-Betuletum caricoso-sphagnosum* и *Pb.-Betuletum eriophoroso-sphagnosum*. В древостоях преобладает *Betula pubescens*, в примеси (до 20%) *Pinus sylvestris* и *Alnus glutinosa*. Они же встречаются в малочисленном (до 2 тыс. шт/га) подросте, сконцентрированном на кочках и пнях.

2) сосновые леса на переходных и верховых болотах: *Pinetum caricoso-sphagnosum*, *P. sphagnosum*, *P. ledosum*. Монодоминантные или с примесью до 20% *Betula pubescens* сосняки осоково-сфагновые характерны для переходных болот. Древостой багульниковых и сфагновых сосняков на верховых болотах обычно чистые по составу. Естественное возобновление слабое (до 1 тыс. шт/га). Подлесок отсутствует или редкий из *Salix cinerea*, *S. aurita*. Выражен микрорельеф: кочки у стволов, по старому валежу и пням чередуются с понижениями и западинами. В мощном моховом покрове преобладают *Sphagnum* sp.

Лиственные леса на избыточно увлажненных почвах и низинных болотах. Выделены на большинстве (30) обследованных территорий (рис. 5а) на общей площади 32,3 тыс. га; 94,6% из них расположено на ООПТ (см. рис. 3), в т.ч. 72,9% – в границах Березинского биосферного заповедника и Беловежской пуши. Места произрастания средне- и сильнообводненные с выраженным характерным микрорельефом – не затапливаемыми приствольными повышениями в сочетании с заполняемыми водой понижениями.

Представлены типами леса: *Glutinoso-Alnetum filicosum*, *G.-A. thelypteridosum*, *G.-A. caricosum*, *G.-A. salicosum*, редко – *G.-A. filipendulosum*; *Pubescentio-Betuletum thelypteridosum*, *P.-B. Caricosum*, *P.-B. caricoso-herbosum*, *P.-B. fontinale-herbosum*. Древостой обычно одноярусные из *Alnus glutinosa* и/или *Betula pubescens*, с участием *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Fraxinus excelsior*, иногда *Populus tremula* и *Quercus robur*. В напочвенном покрове доминирует болотное разнотравье.

Основной угрозой для этих лесоболотных комплексов является осушительная мелиорация. Естественное возобновление черноольшаников и березняков на нарушенных низинных болотах идет крайне медленно. Часто вырубленные более 50 лет назад черноольшаники сменяются зарослями кустарниковых ив, препятствующими лесовосстановлению. Целые массивы таких участков имеются в Столинском лесхозе.

Пойменные дубравы. Распространены преимущественно в поймах крупных рек. Выделены на 17 обследованных территориях (рис. 5б) на 2,6

тыс. га; 21,8% из них расположено на ООПТ (см. рис. 3). Большая часть этих биотопов выявлена в поймах Днепра, Березины и ее притоков. Важнейшей их особенностью является чередование периодов затопления (паводка) и значительного снижения уровня грунтовых вод. Пойменные дубравы подразделяют на прирусловые, центральной поймы и притеррасные.

Прирусловая пойма от русла отделена прирусловым валом, сложенным современным песчано-гравийным аллювием. Она всегда затапливается, но полые воды в ее пределах не задерживаются и полностью уходят после паводка. Эта часть поймы характеризуется наибольшей амплитудой колебания уровня грунтовых вод. Древостой здесь представлены *Quercus robur*, иногда с примесью *Alnus glutinosa*, *Salix alba*, *Populus tremula*. Дубравы обычно разреженные из невысоких с широкими кронами деревьев. Подлесок и подрост малочисленные, напочвенный покров бедный.

Центральная – основная и самая крупная часть поймы. В половодье воды могут здесь надолго задерживаться, обуславливая заболачивание наиболее пониженных мест. Рельеф центральной поймы неровный, повышенные участки (гривы) чередуются с заболоченными понижениями, ложбинами, староречьями. По пониженным участкам в составе насаждений помимо *Quercus robur* обычна *Alnus glutinosa* (до 30% в составе), на повышениях встречаются *Fraxinus excelsior*, *Populus tremula*, *Betula pubescens*, *Ulmus glabra*. Развита подрост из *Padus avium*, *Ribes rubrum*, *Euonymus europaeus*, *Salix* sp. Напочвенный покров разнообразен и сочетает разнотравье болотных и лесных видов. На гривах формируются высокоствольные дубравы с развитым покровом из злаков и осок.

Притеррасная пойма наиболее удалена от русла. Паводковые воды дольше всего задерживаются в ее пределах и эта часть поймы наиболее заболочена. Дубравы отличаются невысоким разнообразием растительного покрова. В составе древостоя постоянно участие *Alnus glutinosa*, встречаются *Fraxinus excelsior* и *Ulmus* sp. Подлесок состоит преимущественно из ив, в напочвенном покрове доминирует болотное разнотравье.

Среди исследованных дубрав отмечены: *Fraxineto-Quercetum fluvialis*, *Quercetum nemorosofluvialis*, *Q. subalveto-fluvialis*, *Q. graminosofluvialis*. Многие пойменные дубравы находятся в составе ООПТ, но хозяйственная деятельность в пойменных дубравах ограничена и за пределами ООПТ. Однако разрешенные к проведению в подобных лесах рубки обновления и формирования (перестройки), санитарные рубки зачастую приводят к утере важных элементов биоразнообразия этих экосистем.

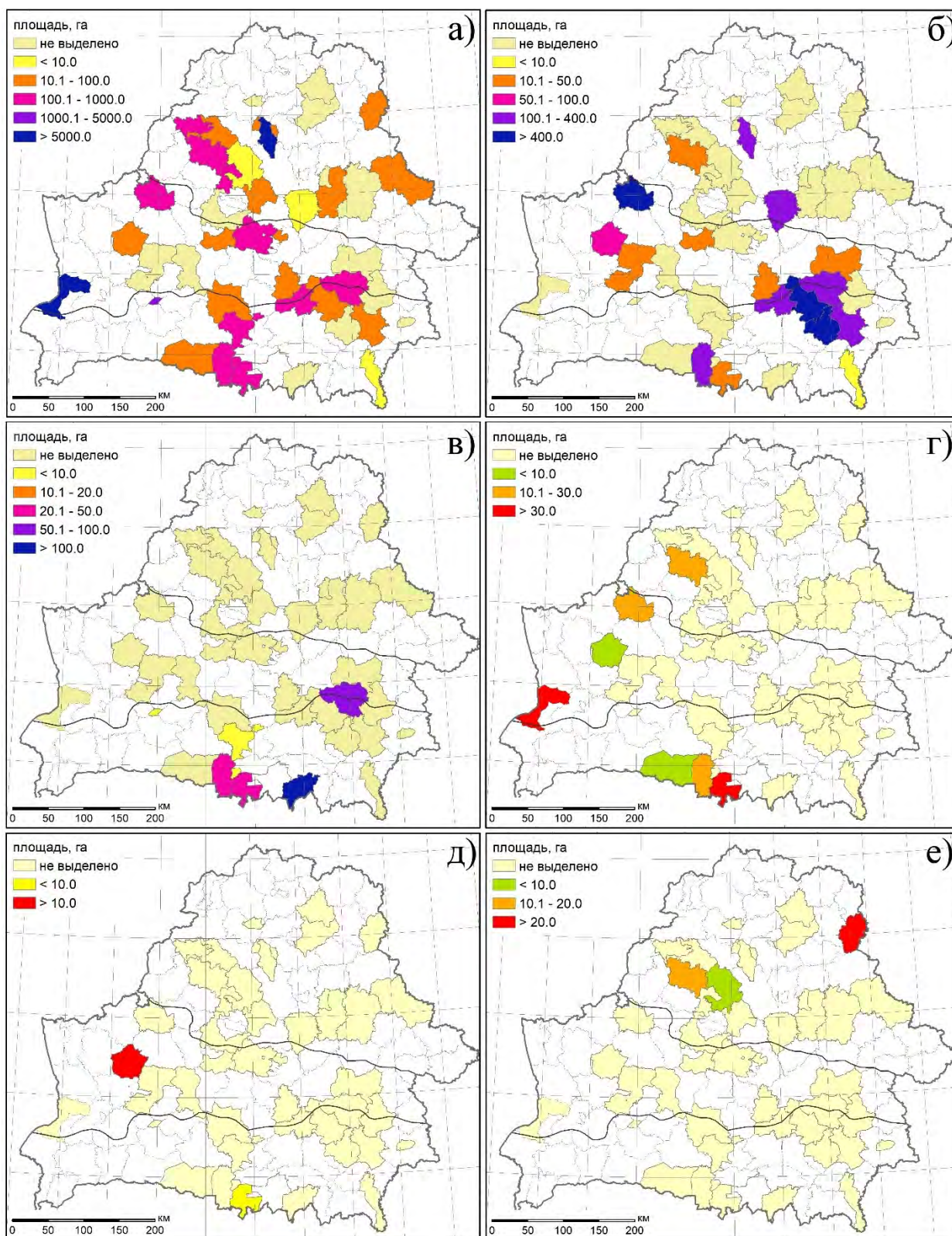


Рис. 5. Распространение редких биотопов лесов:

- а) Лиственные леса на избыточно увлажненных почвах и низинных болотах, б) Пойменные дубравы,
- в) Сосново-дубовые леса, г) Сосняки лишайниковые, д) Лесные пастбища,
- е) Леса в оврагах и на крутых склонах

Fig. 5. Distribution of rare forest biotopes:

- a) Deciduous forests on excessively moist soils and swamps, б) Floodplain oak forests, в) Pine-oak forests,
- д) Lichen pine forests, е) Forest pastures, ф) Forests in ravines and on steep slopes

Сосново-дубовые леса. Выделены всего на 6 территориях (рис. 5в) в южной части страны на площади 0,3 тыс. га, в т.ч. 47,7% из них – на ООПТ (см. рис. 3). Типы леса: *Quercetum pteridiosum* и *Q. myrtillosum*. Это леса, в древостое которых преобладает *Quercus robur* с примесью (до 30–50%) *Pinus sylvestris*. Единично встречаются *Betula pendula*, *Populus tremula*, иногда *Carpinus betulus*. *Quercus robur* формирует и второй ярус со средней полнотой 0,6. В естественном возобновлении преобладает *Quercus robur*, до 20–30% составляют *Pinus sylvestris* и *Populus tremula*. Подлесок редкий или средней густоты из *Corylus avellana*, *Frangula alnus*, *Sorbus aucuparia*. Травяной покров из светолюбивых опушечно-лесных видов неравномерный.

Биотопы этой категории занимают очень небольшую площадь из-за легкой доступности и, как результат, – массовой замены сухих и свежих дубрав сосняками.

Сосняки лишайниковые. Формируются на сухих песчаных почвах, занимая обычно вершины континентальных дюн. Выделены всего на 7 территориях (рис. 5г) на общей площади 0,1 тыс. га., половина из которых – в пределах ООПТ. Представлены одним типом леса – *Pinetum cladinosum*. В древостое – только *Pinus sylvestris*, единично может встречаться *Betula pendula*. Древостой часто разновозрастный, представлен несколькими поколениями *сосны*. Сомкнутость крон невысокая – 40–60%. В живом напочвенном покрове преобладают лишайники и ксерофитные травы, куртины зеленых мхов.

Лесные пастбища. Эти лесолуговые экосистемы, сформировавшиеся на месте широко- и мелколиственных, реже хвойных лесов, длительное время использовались в качестве пастбищ (и сенокосов). Это исторически сложившиеся эко-

системы, образование которых связано с традиционным землепользованием в форме выпаса в сочетании с сенокосением, в результате чего сформировалась мозаика облесенных и необлесенных участков. Подобные биотопы встречаются по всей территории Беларуси, чаще в поймах рек, а в Полесье также на минеральных островах низинных болот. Выделены только в Дятловском и Милошевическом лесхозах (рис. 5д) на площади 17,9 га.

Деревья произрастают в виде небольших рощ или редин, перемежающихся с фрагментами лугов. Сомкнутость полога древостоя, в котором преобладают старые деревья (*Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Ulmus* sp., *Pinus sylvestris*) – 30–50%.

Возраст дуба достигает здесь 250 лет [16]. Площадь лесных пастбищ быстро сокращается в связи с переходом животноводства на стойловое содержание скота и отказом сельского населения от содержания домашних животных. Природные пастбища используются все реже и зарастают древесно-кустарниковой растительностью.

Леса в оврагах и на крутых склонах вдоль рек и озер. Это широколиственные и смешанные с участием широколиственных пород (не менее 10% в составе или 30% в подросте) леса в оврагах или на крутых (высотой более 15 м с наклоном не менее 25°) склонах вокруг озер и вдоль рек. Выделены всего в 3-х обследованных лесхозах (рис. 5е) на 55,7 га. Леса на крутых склонах встречаются редко и большей частью представлены молодыми или искусственными насаждениями, созданными с противоэрозионными целями. Редкие биотопы леса на крутых склонах выделены только в Лиозненском лесхозе на склонах коренного берега рек Черница и Лучоса, в Вилейском – на береговых склонах рек Вилия и Нарочанка, в Логойском – на прорезанных ручьями моренных холмах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Структура и распространение редких биотопов лесов по территории Беларуси показывают крайне неравномерное их распределение между суходольными и избыточно увлажненными экосистемами, а также между особо охраняемыми и не охраняемыми территориями. Из выделенных 152,9 тыс. га редких биотопов более 70% – это труднодоступные заболоченные и пойменные экосистемы, а 87% площади всех редких биотопов сконцентрировано на ООПТ, среди которых лидируют Березинский биосферный заповедник (36,5% площади всех выделенных биотопов) и Беловежская пушча (26,3%). Редкие биотопы лесов на суходолах в Беларуси почти полностью исчезли, за исключением территорий, где запрещена любая хозяйственная деятельность (заповедник и запо-

ведные зоны национальных парков). При этом 53,7% всех суходольных редких биотопов выявлено на территории Беловежской пушчи, а 35,7% – Березинского биосферного заповедника. С одной стороны, это говорит о том, что ООПТ созданы преимущественно на территориях, где вести лесное хозяйство затратно. С другой стороны, по этой причине они и находятся в малонарушенном состоянии и сохраняют первобытный облик.

Дисбаланс редких биотопов на заболоченных землях и суходолах свидетельствует о том, что существующая система ООПТ далека от репрезентативной. При этом даже на большинстве охраняемых территорий режим ведения лесного хозяйства не позволяет сохранить редкие биотопы, поскольку на них разрешены различные

виды промежуточного пользования и санитарные рубки. В результате из лесных экосистем удаляются критически важные элементы биоразнообразия: сухостой, валеж, старые деревья. Ход сукцессий нарушается и для восстановления естественного облика лесов требуются не десятки, а сотни лет, что достижимо только в условиях долговременного заповедного режима. Поэтому развитие системы ООПТ, соблюдение и

усиление режимов охраны является одним из основных условий сохранения уникальных лесных экосистем.

По результатам исследований на биотопы лесов, расположенные за пределами ООПТ были подготовлены документы (паспорта и охранные обязательства) для придания им статуса объектов специальной охраны на общей площади около 20 тыс. га.

ЛИТЕРАТУРА

1. European primary forest database v2.0 / F. M. Sabatini [et al.] // Scientific Data. – 2021. – Vol. 8, No 1. – P. 1–14. doi.org/10.1038/s41597-021-00988-7
2. Ермохин, М. В. Ретроспективный анализ распространения широколиственных лесов на территории Беларуси / М. В. Ермохин // Ботаника (исследования): сб. науч. трудов. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2011. – Вып. 40. – С. 186–195.
3. Трансформация экосистем Березинского биосферного заповедника в XX веке / М. В. Ермохин [и др.] // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. – Минск, 2017. – Вып. 12. – С. 22–31.
4. Редкие биотопы Беларуси / Пугачевский А. В. [и др.]. – Минск: Альтиора-Живые краски, 2013. – 236 с.
5. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora / Official Journal L. – 1992. – № 206. – P. 7–50.
6. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, Bern, 19.IX.1979 // European Treaty Series. – 1979. – № 104. – 10 p.
7. Гельтман, В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В. С. Гельтман. – Минск: Наука и техника, 1982. – 326 с.
8. ТКП 17.12-06-2021 (33140) Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Растительный мир. Правила выделения и охраны типичных и редких биотопов, типичных и редких ландшафтов. – Введ. 01.06.21. – Минск: Минприроды, 2021. – 40 с.
9. Методика выделения типичных и редких лесных биотопов / И. Н. Вершицкая [и др.] // Лесные экосистемы: современные вызовы, состояние, продуктивность и устойчивость: мат-лы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Ин-та леса НАН Беларуси, Гомель, 13–15 нояб. 2020 г. / Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель, 2020 – С. 325–330.
10. The Interpretation Manual of European Union Habitats. EUR27. – European commission de environment: Nature and biodiversity, 2007. – 142 p.
11. Юркевич, И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах / И. Д. Юркевич. – Минск: Наука и техника, 1980. – 120 с.
12. Петрикова, Ж. М. Современное состояние фитоценозов ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst.) в островных местонахождениях (Белорусское Полесье) / Ж. М. Петрикова // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2006. – № 2. – С. 18–23.
13. Семаков, В. В. Беловежская пуца: страницы истории / В. В. Семаков, Н. Д. Черкас. – Брест: Альтернатива, 2007. – 99 с.
14. Восточноевропейские широколиственные леса. / Р. В. Попадюк [и др.]; под ред. О. В. Смирновой. – Москва: Наука, 1994. – 364 с.
15. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность: в 2 т. – Т. 1 / под ред. О. В. Смирновой. – Москва: Наука, 2004. – 479 с.
16. Ермохин, М. В. Влияние климата и пастбищного режима на радиальный прирост дуба (*Quercus robur* L.) / М. В. Ермохин, Н. В. Кныш // Природные ресурсы. – 2016. – № 2. – С. 67–74.

Поступила в редакцию 15.07.2023 г.

УДК 502.5:528.8 (476.1-751.2)

Д. Г. ГРУММО

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ, МЕТОДОЛОГИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА БЕЛАРУСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: zm.hrumo@gmail.com*

Аннотация. Разработаны теоретические основы и методы картографирования растительного покрова, как системы комплексных эколого-биологических исследований, связанных общей направленностью на решение проблем сохранения биоразнообразия и оптимизации природопользования.

Обсуждается системная концепция и методология мониторинга биоразнообразия растительного покрова Беларуси на основе четырехэтапного картографического цикла исследований, включающего составление универсальных инвентаризационных карт, проведение специализированных работ по оценочному и прогнозному картографированию с выходом на карты территориально-планировочного характера.

Изучена картографическими методами растительность модельных территорий Беларуси, как важнейшего компонента природно-территориальных комплексов, ее типологическое разнообразие, структура и динамика, средоформирующих и ресурсных свойств. Это предполагало решение нескольких фундаментальных и прикладных вопросов, определивших этапность проводимых исследований, таких как: создание и анализ крупномасштабных геоботанических карт районов исследований; выявление типологического разнообразия растительного покрова; установление динамических связей растительных сообществ и взаимоотношений с факторами природного и антропогенного воздействия; определение степени нарушенности и устойчивости растительности к различным видам антропогенных воздействий; изучение функциональной роли растительных сообществ на основе пространственного анализа качественных и количественных показателей, характеризующих экологический (средообразующий, ландшафтно-защитный и др.) и ресурсный потенциал.

Разработаны прогностические подходы к структуре, состоянию и динамике растительного покрова модельных территорий. Составлены карты растительности и разработаны на их основе предложения по охране и рациональному использованию биоты модельных территорий.

Ключевые слова: геоботаническое картографирование, биоразнообразие, сукцессии, редкие растительные сообщества, дистанционное зондирование Земли, динамика растительности, состояние растительного покрова, экологический и ресурсный потенциал, национальный парк «Беловежская пуца», национальный парк «Нарочанский», биосферный резерват «Припятское Полесье», республиканский заказник «Ольманские болота».

D. G. GRUMMO

SCIENTIFIC FOUNDATIONS, METHODOLOGY AND RESULTS OF SPATIAL STUDYING BELARUS VEGETATION COVER USING ON REMOTE SENSING DATA AND GIS-TECHNOLOGIES

*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: zm.hrumo@gmail.com*

Annotation. Theoretical foundations and methods for mapping vegetation cover developed as a system of integrated ecological and biological research, connected by a common focus on solving problems of biodiversity conservation and environmental management optimization.

The system concept and methodology for monitoring the vegetation cover of Belarus biodiversity discussed based on a four-stage cartographic cycle of research, including the compilation of universal inventory maps, specialized assessment and guessing mapping with access to a territorial planning nature maps.

The vegetation of model territories of Belarus, as the most important natural-territorial complexes component, its typological diversity, structure and dynamics, environment-forming and resource properties studied using cartographic methods. This involved solving several fundamental and applied issues that determined the stages of the research, such as: the creation and analysis of large-scale geobotanical maps of the study areas; identifying the plant cover typological diversity, establishing dynamic connections of plant communities and their connections with factors of natural and anthropogenic impact; determining the degree of disturbance and resistance of vegetation to various types of anthro-

pogenic impacts; studying the functional role of plant communities through spatial analysis of qualitative and quantitative indicators characterizing the ecological (environment-forming, landscape-protective, etc.) and resource potential.

Predictive approaches to the structure, condition and dynamics of vegetation cover in model areas been developed. Vegetation maps compiled and, on their basis, proposals for the protection and rational use of biota of model territories developed.

Key words: geobotanical mapping, succession, rare plant communities, Earth remote sensing, vegetation dynamics, vegetation cover state, ecological and resource potential, National Parks: “Belovezhskaya Pushcha”, “Narochansky”, Pripjat Polesye Biosphere Reserve, “Olmany Mires” Republican Nature Reserve.

ВВЕДЕНИЕ

Растительность, благодаря высоким индикаторным и физиономическим свойствам, является ключевым звеном при изучении вопросов качества природной среды и оптимизации природопользования [1–7 и др.].

В связи с общей тенденцией увеличения степени деградации природных экосистем и необходимостью оценки их динамики и устойчивости актуальной является проблема изучения пространственной структуры растительного покрова [8]. Картографический метод представляется наиболее эффективным как в рамках описания структуры самой растительности, так и в категориях ее специализированной оценки и прогнозирования [6–9].

В настоящее время в развитии теории и методологии геоботанического картографирования выделяются 3 основных направления: 1) классификация типологических единиц растительного покрова; 2) методы оценки качественных и количественных характеристик структуры, состояния и динамики биоразнообразия растительного покрова; 3) геоинформационные технологии обработки и анализа данных наземного и дистанционного мониторинга [2, 3, 5, 10–18 и др.].

Центральной научной задачей геоботанического картографирования является выявление биотических (фитоценологических) и географических основ и принципов организации растительного покрова как части природных комплексов с учетом их генезиса, высокой степени спонтанной и антропогенной динамики. Степень объективности картографического моделирования структурной организации растительного покрова (и в широком смысле биоты) выводов и рекомендаций во многом определяет легенда геоботанической карты. Выявление и классификация растительных сообществ разного таксономического ранга на основе их системной соподчиненности позволяют разрабатывать иерархические комплексные многоступенчатые и многофакторные схемы, что позволяет отражать на картах как основные регионально-географические и генетические закономерности в организации растительного покрова, так и топологические особенности, определяющие типологию конкретных таксонов

растительности [1–7, 19–31 и др.]. Это делает универсальные карты более информативными и более ценными для дальнейшего их использования в комплексных биолого-географических исследованиях.

Для решения научно-практических задач разрабатываются подходы, основанные на выявлении качественных и количественных параметров структуры, состояния и динамики растительного покрова. Создаваемые картографические продукты можно классифицировать на 4 группы [1]:

1. *инвентаризационные карты* отражают типологическое и таксономическое разнообразие различных иерархических уровней организации биоты [1–3, 12, 31 и др.];

2. *оценочное картографирование* растительного покрова приводится по следующим основным направлениям: спонтанная изменчивость (динамичность); нарушенность (сохранность) состава и структуры; ресурсный и экологический потенциал; устойчивость к антропогенным факторам; выявление угроз для биоразнообразия [31–46].

3. *прогнозные карты* представлены 3 типами, которые, в зависимости от содержания, можно определить, как *временные* (составляются для потенциальной растительности, которая будет развиваться в конкретных условиях при определенном виде воздействия в пределах ограниченного периода времени), *факторные* (время, место и способ возникновения внешних факторов), *комплексные* (на основе синтеза временных и факторных моделей) [2];

4. *территориально-планировочные и природоохранные карты* составляются по данным геоботанического картографирования, районирования, анализа экологической обстановки, ландшафтно-защитных и сырьевых функций, антропогенной трансформации и степени устойчивости растительного покрова [2, 34, 43].

В современных условиях открываются новые возможности картографирования растительности с использованием данных дистанционного зондирования (ДДЗ) и геоинформационных систем (ГИС), которые имеют огромный потенциал для повышения информативности, точности и оперативности исследований. Данные дистанци-

онного зондирования все шире применяются в отечественной и мировой практике для оценки структуры, свойств и динамики растительности. При этом общей тенденцией является использование количественных методов в совместном анализе полевой, дистанционной и картографической информации [47–68 и др.]. Применение спутниковых данных и ГИС-технологий позволяет при наличии адекватной пространственно распределенной информации по региону создавать практически неограниченное число тематических карт и анализировать их в самых различных сочетаниях.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования – растительный покров модельных районов – геоботаническая подзона (северная) дубово-темнохвойных лесов (включая Березинский биосферный заповедник, национальные парки «Нарочанский», «Браславские озера»), биосферный резерват «Припятское Полесье» (включая национальный парк «Припятский», республиканские заказники «Ольманские болота», «Старый Жаден»), национальный парк «Беловежская пуца», Полесский государственный радиационно-экологический заповедник. Для ряда таксономических подразделений растительного покрова (крупных – на уровне типа растительности, разнообразие растительности болот) геоботаническое картографирование и пространственный анализ проводились для всей территории Беларуси.

Базовой основой в концепции наших исследований является карта растительности (рис. 1). Региональные геоботанические карты составлены на основе результатов обработки данных дистанционного зондирования (использовали как единичную (кадровую) аэрокосмическую съемку, так и набор разновременных сезонных безоблачных композитных изображений спутниковых снимков), лесотаксационных, землеустроительных и других материалов. Синтез разнообразной информации позволил получить тематические карты с относительно высокими и стабильными показателями точности (82,3–87,6%), а также выявить закономерности сложения растительности региона и установить ее связи с условиями среды.

В обобщенном виде работы по тематическому картографированию растительности, состояла из 3 этапов [69–75].

Предполевой (камеральный) этап включал сбор фоновых данных на территорию исследуемого объекта, подбор материалов аэрокосмической съемки, первичную обработку цифровых снимков и визуализацию данных, дешифрирование, выполнение автоматической неконтролируемой классификации, составление предварительной карты.

На фоне успехов картографии растительности в сопредельных странах в Беларуси отмечается серьезное отставание от современного уровня. Проблемными являются вопросы классификации растительности и подходы к составлению легенды геоботанической карты, практически не применяются современные информационные технологии в тематическом картографировании, мало уделяется внимание работе непосредственно с аэрокосмическими данными, слабо развивается направление прикладного картографирования природной среды, обеспечивающее решение актуальных задач в практической сфере.

Полевые исследования предусматривали наземное дешифрирование растительности по данным дистанционного зондирования. Для инвентаризации флористического и фитоценологического состава растительного покрова проводили маршрутные исследования. Стационарно на постоянных пробных площадях изучали сукцессии и динамику фитоценозов, запасы ресурсов, проводили картирование на ключевых участках. При этом использовали общепринятые [76] и авторские методики [32, 68–75 и др.].

Постполевой (камеральный) этап, включал подготовку картографической основы, систематизацию полевых, земле- и лесоустроительных материалов, разработку итоговой легенды, составление каталога эталонов изображений и проведение на их основе контролируемой автоматической классификации территории, полевые и камеральные оценки достоверности, создание составительского оригинала карты, комплексную пространственную и статистическую обработку средствами ГИС.

На геоботанических картах тестовых участков показан современный растительный покров, который включает как коренные, так и производные растительные сообщества, находящиеся на разных стадиях восстановления или деградации. При составлении геоботанических карт использовали единицы эколого-фитоценологической (доминантной) классификации.

Лесной тип растительности подразделяется на таксоны высшего порядка: хвойные, широколиственно-хвойные, широколиственные, мелколиственные производные и лиственные коренные леса на болотах. Значительная роль в легенде отводится субформациям (сосновые боры, сосново-еловые (дубовые) субори, болотные сосновые, пушистоберезово-черноольховые леса, монодоминантные ольсы и т.д.), которые отражают специфику местообитаний и сложившиеся растительные комплексы различных ландшафтов региона.

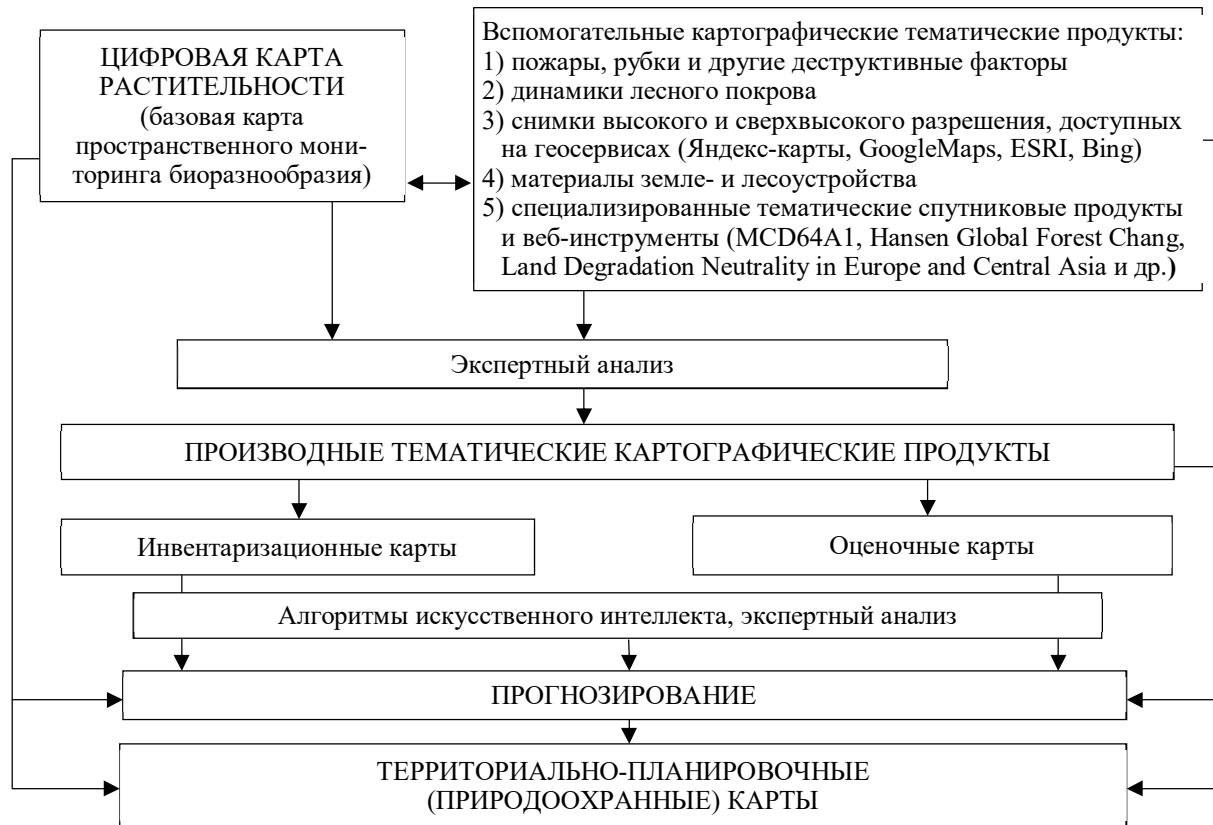


Рис. 1. Концепция системы пространственного мониторинга биоразнообразия растительного покрова

Fig. 1. Concept for vegetation biodiversity spatial monitoring system

Подзаголовками следующего ранга для лесной растительности являются формации, выделенные по преобладанию древесных пород (сосновые, еловые, осиновые, сероольховые, черноольховые и т.д.). В качестве основных картографируемых категорий в легенде выступают синтаксоны, близкие к типу леса – базовой единицы отечественной лесотипологической классификации.

В связи с тем, что на исследуемых территориях лесной растительный покров испытывает существенное хозяйственное воздействие (выборочные рубки, создание лесных культур, рекреация, осушение) самостоятельными выделами отображены антропогенно-производные леса.

Болотная растительность разделена по типу питания на эвтрофные (низинные), мезотрофные (переходные) и олиготрофные (верховые). В легенде карт луговая растительность разделена на две группы: пойменные и водораздельные (внепойменные), или материковые, развивающиеся на месте сведенных лесов на водоразделах. Основными картируемыми единицами луговой и болотной растительности являются группы ассоциаций, также для отражения на карте гетерогенной растительности болот в качестве единиц картирования выступают хронологические категории. Самостоятельным разделом представлены

вторичная кустарниковая растительность и мелколесья, а также растительность агроэкосистем.

Для ряда территорий проведено картографирование на основе флористической классификации растительности (метод Браун-Бланке). Основная картируемая единица – ассоциация, однако наряду с ней для отображения типологии растительного покрова используются синтаксоны как более высокого иерархического ранга (союз, класс), так и более низкого (варианты, фации), а также безранговые сообщества.

На основе геоботанической карты, наземных исследований и спутниковых картографических продуктов (см. рис. 1) составляли различные (инвентаризационные, оценочные, прогнозные, территориально-планировочные) прикладные тематические продукты (см. рис. 1). Основной акцент в работе был сосредоточен на вопросах крупномасштабного картографирования растительности, где, по нашему мнению, сконцентрирован поиск основных решений научных и прикладных проблем, связанных с охраной и рациональным использованием биоты. Всего были выполнены работы по геоботаническому картографированию растительного покрова на общей площади 113023,58 км² или 54,4% территории Беларуси (рис. 2).

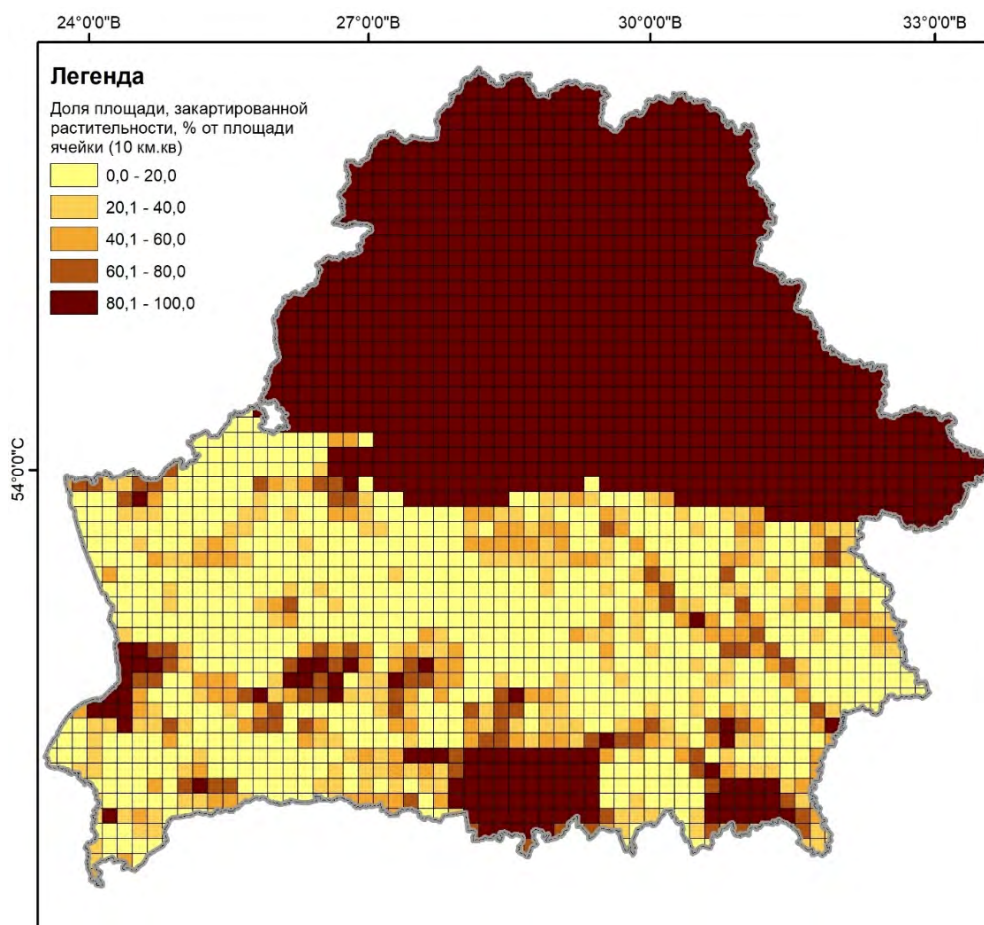


Рис. 2. Обобщенные сведения о геоботаническом и прикладном тематическом картографировании растительности, выполненных на территории Беларуси в 2009–2023 гг.

Fig. 2. Generalized information on geobotanical and applied thematic mapping of vegetation carried out on Belarus territory in 2009–2023

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Системный подход в наших исследованиях предполагает полный четырехэтапный картографический цикл работ, начиная от составления универсальных инвентаризационных карт, через проведение специализированных работ по оценочному картографированию с выходом на карты прогнозно-рекомендательного и территориально-планировочного (природоохранного) характера (см. рис. 1).

1. Инвентаризация типологического и таксономического разнообразия растительного покрова. Пространственный анализ количественных и качественных параметров разнообразия проводили на 3 иерархических уровнях организации биоты – видовое, ценотическое, биотопическое (экосистемное). Опорной территориальной единицей для оценки видового разнообразия принят фитоценоз (или группа сопряженных фитоценозов), границы которого совпадают с границами контура растительности на геоботанической карте (рис. 3–5).

При картографировании флористической насыщенности растительных сообществ применяли подход, основанный на моделировании числа таксонов (в наших исследованиях в качестве индикаторов использованы сосудистые растения и мохообразные) непосредственно по экологическим параметрам [77–84 и др.]. Сопоставление «экспериментальных» (полевые геоботанические описания) и «теоретических» данных по оценке видового богатства фитоценозов показали достаточно высокий уровень сходимости ($r=0,751$; $R^2=0,879$; $n=228$).

Для модельных территорий проанализирована количественная оценка видового богатства растительных сообществ в разрезе опорных единиц: а) регулярная сеть (размером 1–4 км²) (см. рис. 3); б) единиц геоботанического районирования (табл. 1); в) подразделения ландшафтной структуры (рис. 6); г) функциональное зонирование особо охраняемых природных территорий (ООПТ) (табл. 2, см. рис. 5).

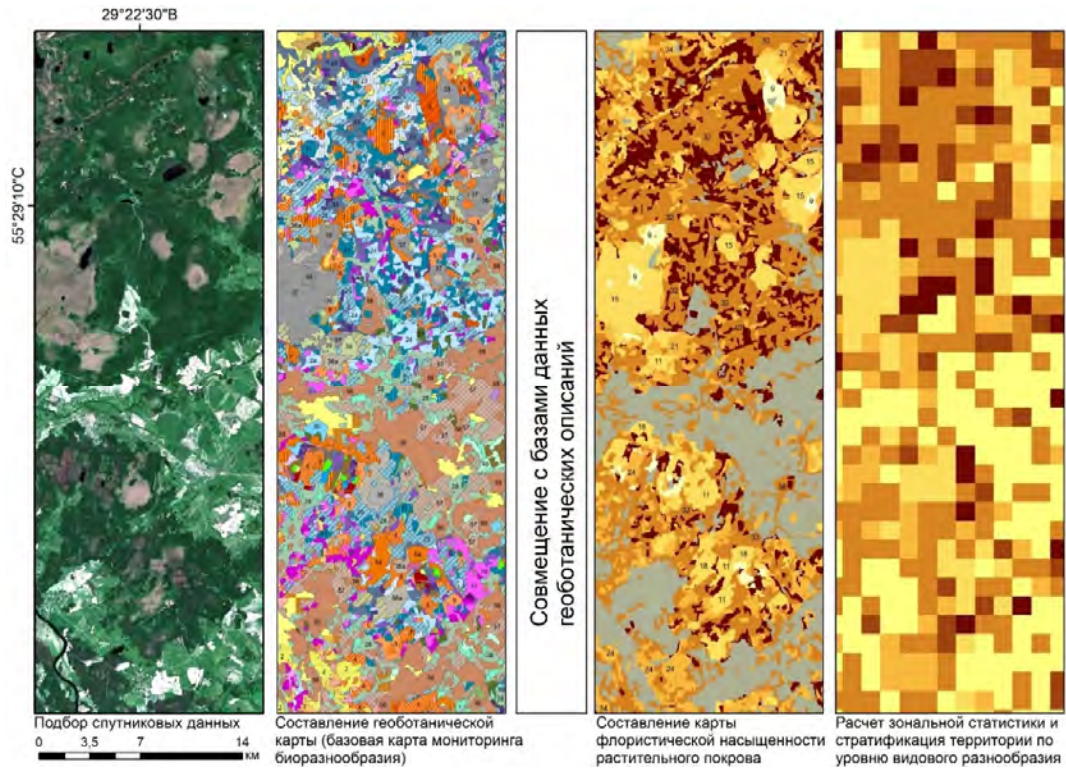


Рис. 3. Схема исследований по картографированию флористической насыщенности растительных сообществ на основе наземно-дистанционных данных

Fig. 3. Scheme of research on the plant communities floristic richness mapping based on ground and remote sensing data

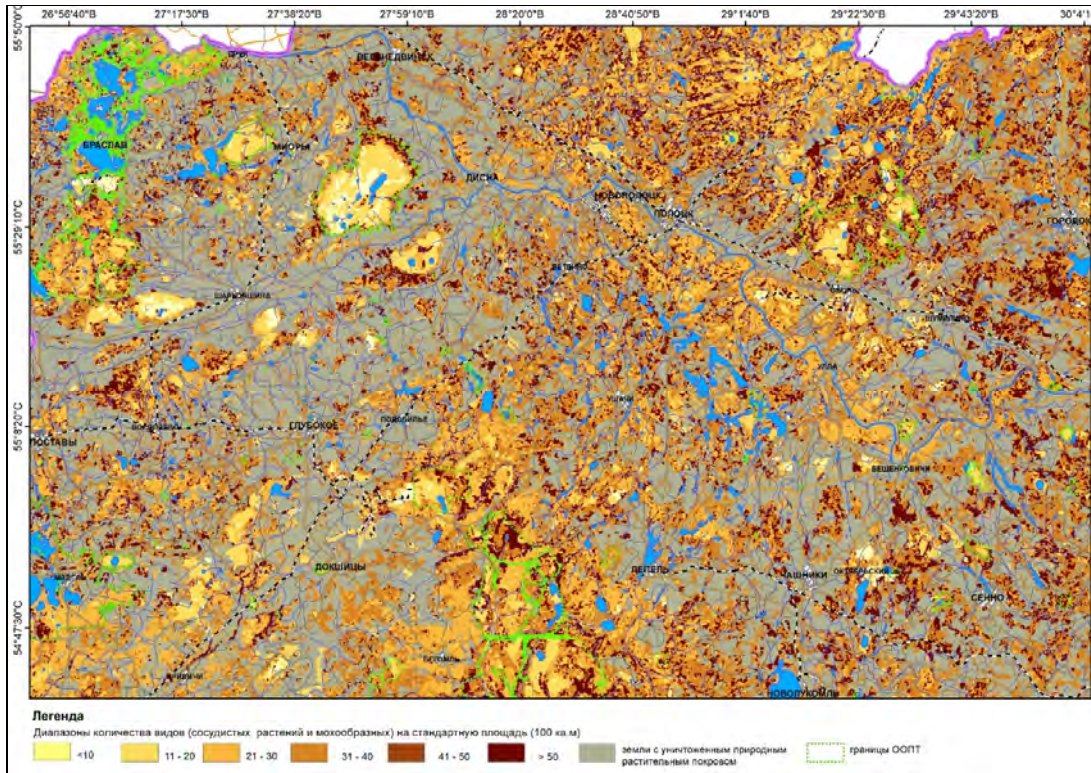


Рис. 4. Фрагмент карты флористической насыщенности растительных сообществ Западно-Двинского геоботанического округа, составленной на основе моделирования и геоботанической карты

Fig. 4. Map of plant communities floristic saturation of the Western Dvina geobotanical district, compiled on the modeling and geobotanical map basis (fragment)

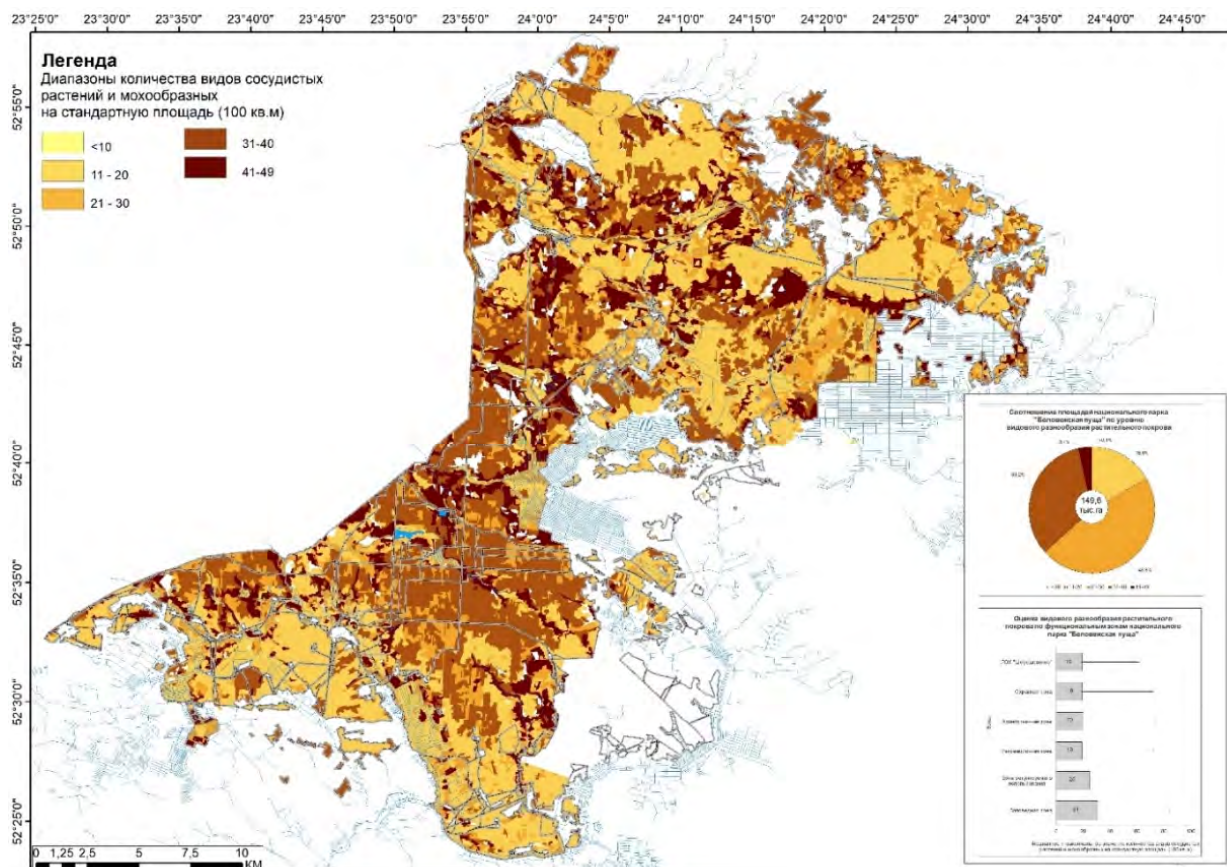


Рис. 5. Карта флористической насыщенности растительных сообществ национального парка «Беловежская пушча», составленная на основе наземно-дистанционных методов

Fig. 5. Map of plant communities floristic saturation of the Belovezhskaya Pushcha National Park, compiled on the ground and remote methods basis

Таблица 1. Оценка флористической насыщенности растительного покрова северной геоботанической подзоны (в разрезе геоботанических районов), кол-во видов /100 м²

Table 1. Assessment of vegetation cover floristic saturation of the northern geobotanical subzone (in the context of geobotanical regions), number of species/100 m²

Геоботанический округ	Геоботанический район	Диапазоны количества видов (сосудистых растений и мохообразных) на стандартную площадь (100 м ²)*			
		n	M	Me	σ
Западно-Двинский	Браславский	149	35	38	10,2
	Дисненский	1415	33	38	12,0
	Полоцкий	3105	36	38	10,9
	Суражско-Лучесский	3272	37	38	10,9
Оршанско-Могилевский	Березинско-Друтский	1209	31	31	10,2
	Беседский	1087	36	38	9,4
	Оршанско-Приднепровский	1908	35	38	8,9
	Сожский	1249	33	32	8,9
Ошмянско-Минский	Верхнеберезинский	845	33	32	11,5
	Минско-Борисовский	3684	34	32	9,9
	Нарочано-Вилейский	1448	32	31	10,5
Подзона дубово-темнохвойных лесов		19433	34	36	10,5
ООПТ подзоны дубово-темнохвойных лесов		2397	33	32	12,0

Примечание. n – объем выборки, M – среднее арифметическое; Me – медиана; σ – стандартное отклонение.
*Без учета земель с уничтоженным растительным покровом (сельскохозяйственные, промышленные, селитебные территории)

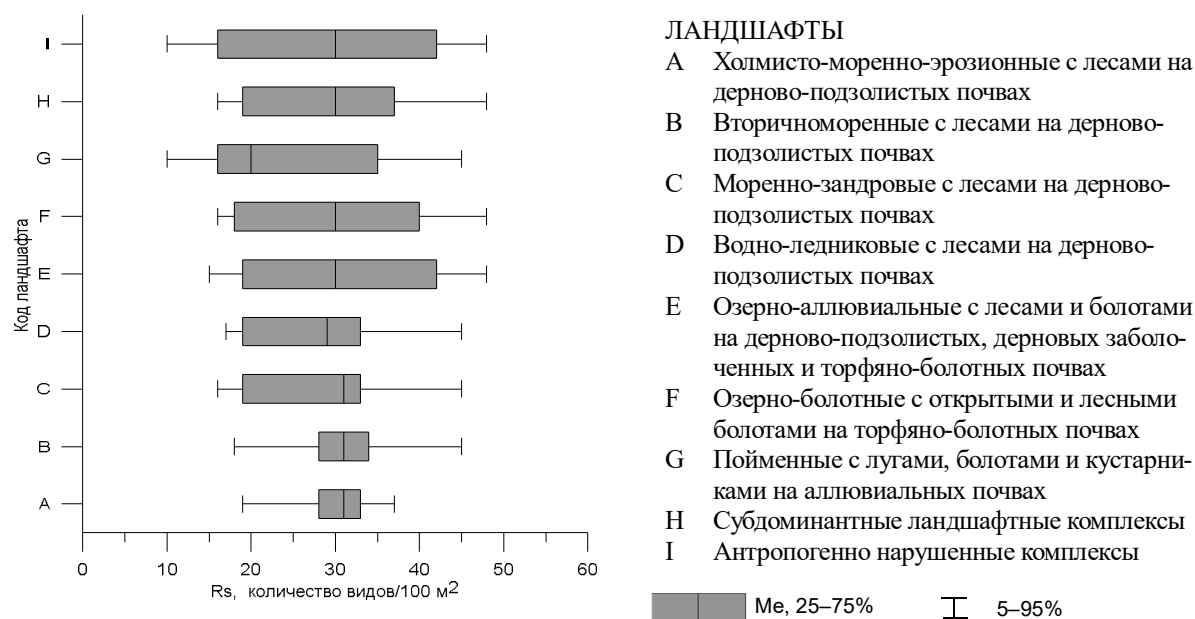


Рис. 6. Оценка флористической насыщенности растительных сообществ природных ландшафтов (на примере национального парка «Беловежская пушча»)

Fig. 6. Assessment of plant communities floristic saturation natural landscapes (case study the Belovezhskaya Pushcha National Park)

Таблица 2. Статистические параметры флористической насыщенности растительного покрова по функциональным зонам национального парка «Беловежская пушча», количество видов (сосудистые растения и мохообразные) на стандартную площадь (100 м²)

Table 2. Statistical parameters of vegetation cover floristic saturation by the Belovezhskaya Pushcha National Park functional zones, number of species (vascular plants and bryophytes) per standard area (100 м²)

Функциональная зона	Статистические параметры					
	n	M	Me	σ	min	max
Заповедная	9311	31	31	5,97	13	59
Регулируемого использования	6099	27	27	6,32	12	62
Рекреационная	1280	23	21	5,06	9	68
Хозяйственная	7331	25	24	5,52	7	50
Охранная	105	26	24	6,19	12	39

Анализ тематических карт распределения значений α -разнообразия позволил сделать следующие выводы:

1. В растительных сообществах северной геоботанической подзоны медианное видовое богатство сосудистых растений и мохообразных составляет 36 видов/100 м², колеблясь по геоботаническим районам от 31–32 (Березинско-Друтский, Сожский) до 38 (Суражско-Лучесский, Брагславский, Дисненский, Полоцкий, Беседский, Оршанско-Приднепровский) видов/100 м²;

2. Основные места локализации с наиболее высоким ($R_s = >40/100$ м²) для региона уровнем флористической насыщенности природного наземного растительного покрова размещены в северных (Полоцкий и Суражско-Лучесский геоботанические районы) и юго-восточных секторах подзоны дубово-темнохвойных лесов (Беседский район);

3. Наиболее флористически насыщенные растительные сообщества (в пределах национального парка «Беловежская пушча») приурочены к холмисто-моренно-эрозионным и вторично-моренным ландшафтам с лесами на дерново-подзолистых почвах, а также переходным болотам. Самые флористически бедные сообщества приурочены к ландшафтам выпуклых верховых болот, а также деградированным болотным комплексам с торфяно-минеральными осушенными почвами, рудеральной и сегетальной растительностью.

4. На примере национального парка «Беловежская пушча» установлено, что медианное значение видового богатства сосудистых растений и мохообразных в растительных сообществах национального парка «Беловежская пушча» составляет 27 видов/100 м², колеблясь по функциональным зонам в широком диапазоне от 21 (рекреаци-

онная зона) до 31 видов/100 м² в фитоценозах заповедной зоны.

Суммарная доля фитоценозов с умеренно высоким ($R_s=31-40/100m^2$) и высоким ($R_s=41-50/100m^2$) уровнями флористической насыщенности по функциональным зонам составляет следующий ряд значений: в заповедной зоне – 56,3% (в т.ч. фитоценозы с высоким уровнем видового разнообразия – 7,1%); в зоне регулируемого использования – 32 (2,0%); в рекреационной зоне – 11,6% (0,7%); в хозяйственной зоне – 20% (0,5%); в ЛОХ «Шерешевское» – 22,8% (1,2%).

Пространственная оценка, анализ ценотического и экосистемного разнообразия осуществлялись по двум основным направлениям (рис. 7–12, табл. 3): 1) количественная оценка в разрезе выбранных опорных единиц (см. выше); 2) качественная оценка (по концентрации редких и эталонных сообществ (редких и типичных биотопов) в разрезе опорных единиц. Результаты исследований показали (см. рис. 9, 10), что для северной геоботанической подзоны Беларуси медианное количество растительных сообществ составляет 10 типов на 1 ячейку страты (4 км²), максимальное – 25 типов / 4 км². Территории с наиболее высоким

уровнем фитоценотического разнообразия сконцентрированы преимущественно в Березинско-Друтском (13 типов/4 км²), Полоцком (12/4 км²), Суражско-Луческого (11/4 км²) и Беседском (11/4 км²) геоботанических районах, что отражает невысокий уровень антропогенной нагрузки в этих регионах, а также широкое распространение труднодоступных и заболоченных мест.

Исследования по выделению регионально редких сообществ включали следующие направления (см. рис. 10): 1) разработка критериев редких и эталонных растительных сообществ [89]; 2) инвентаризация и составление крупномасштабной тематической карты; 3) комплексная пространственная и статистическая обработка спутниковых, тематических и картографических продуктов средствами ГИС.

При анализе применялся метод стратификации с расчетом индекса фитоценотической редкости территории ($I_{ФРТ}$) для каждой ячейки как отношение суммы площадей редких растительных сообществ (S_{PC}) к площади ($S_{Страты}$) страты (4 км²):

$$I_{ФРТ} \equiv \frac{\sum S_{PC}}{S_{Страты}} \cdot 100^0 |_0 \quad (1)$$

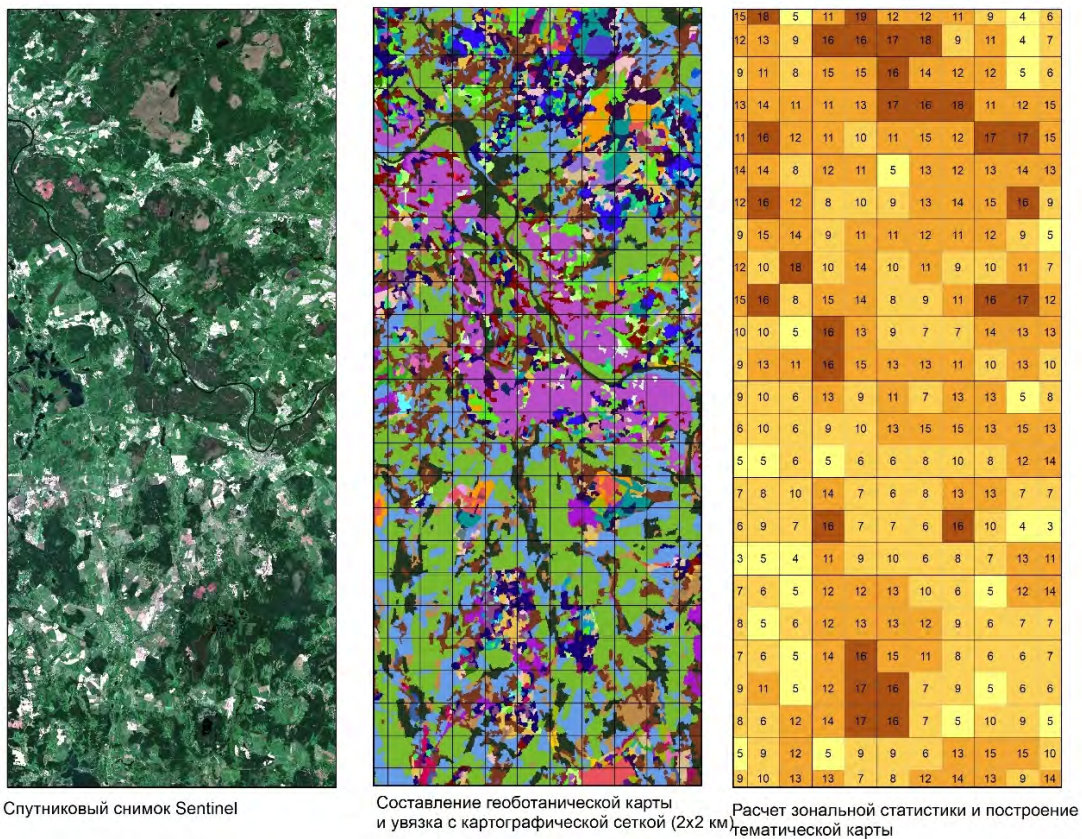


Рис. 7. Этапы составления карты количественной оценки фитоценотического разнообразия северной геоботанической подзоны

Fig. 7. Stages of compiling a map for phytocenotic diversity quantitative assessment of the northern geobotanical subzone

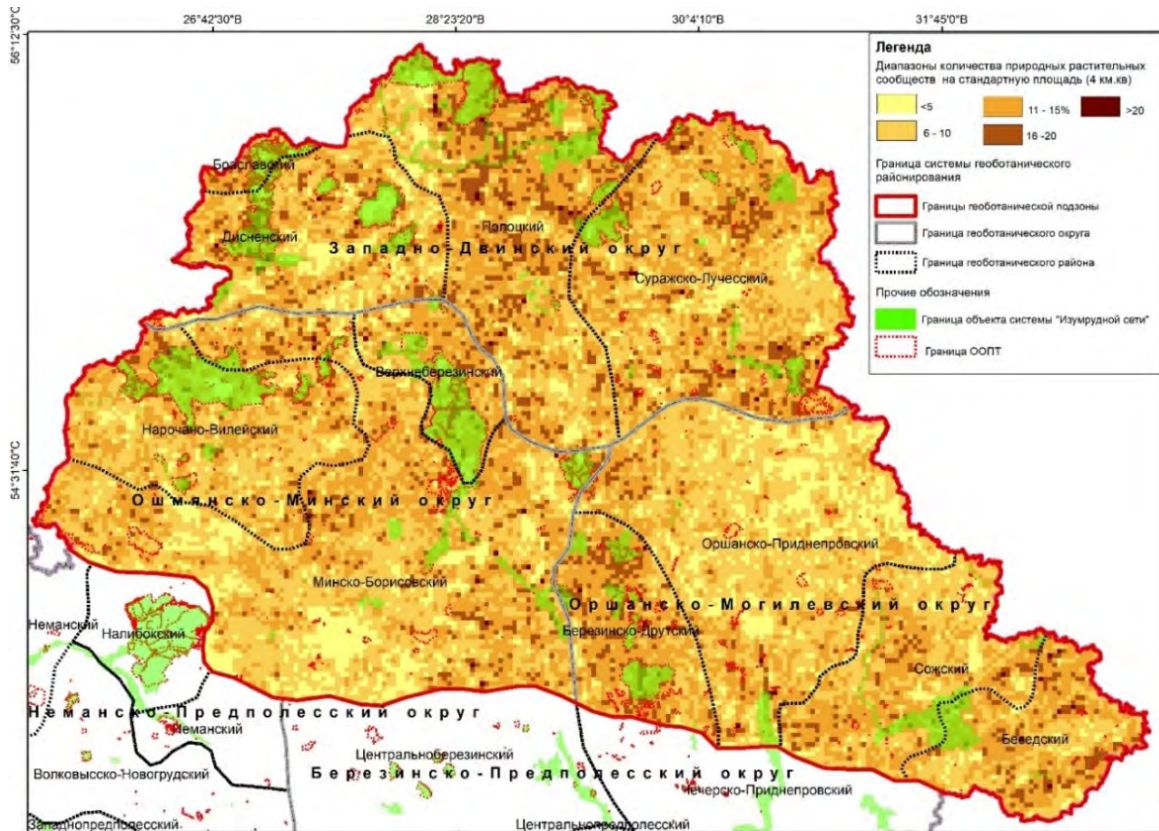


Рис. 8. Карта-схема количественной оценки фитоценотического разнообразия северной геоботанической зоны и существующий уровень охраны

Fig. 8. Map of phytocenotic diversity quantitative assessment of the northern geobotanical zone and the existing level of protection

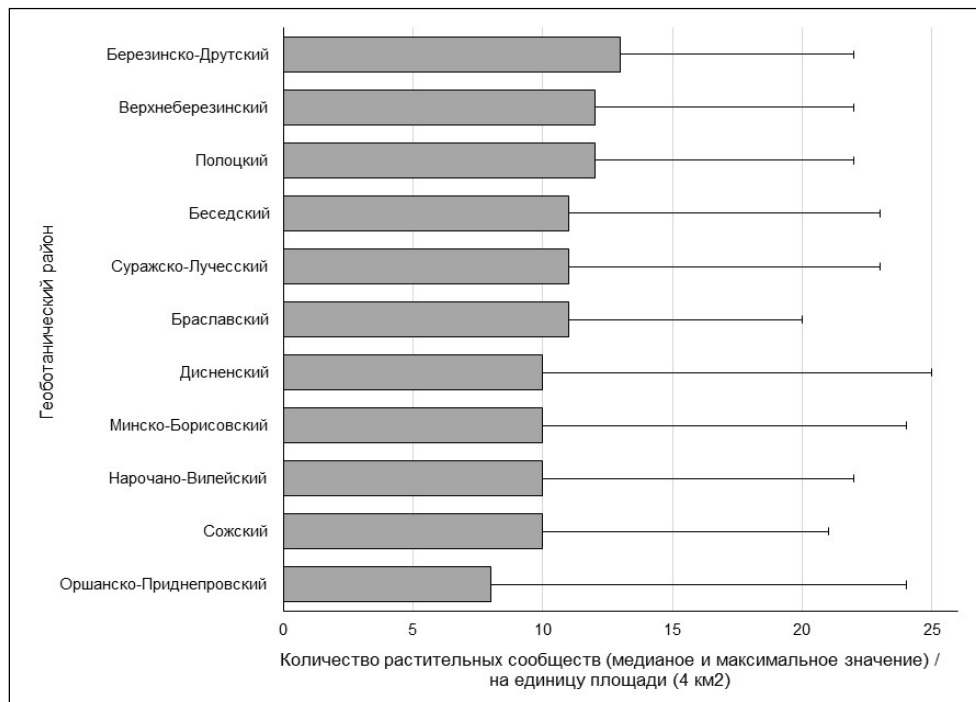


Рис. 9. Ранжирование геоботанических районов подзоны дубово-темнохвойных лесов по показателям фитоценотического разнообразия

Fig. 9. The subzone of oak-dark coniferous forests geobotanical areas ranking according to phytocenotic diversity indicators

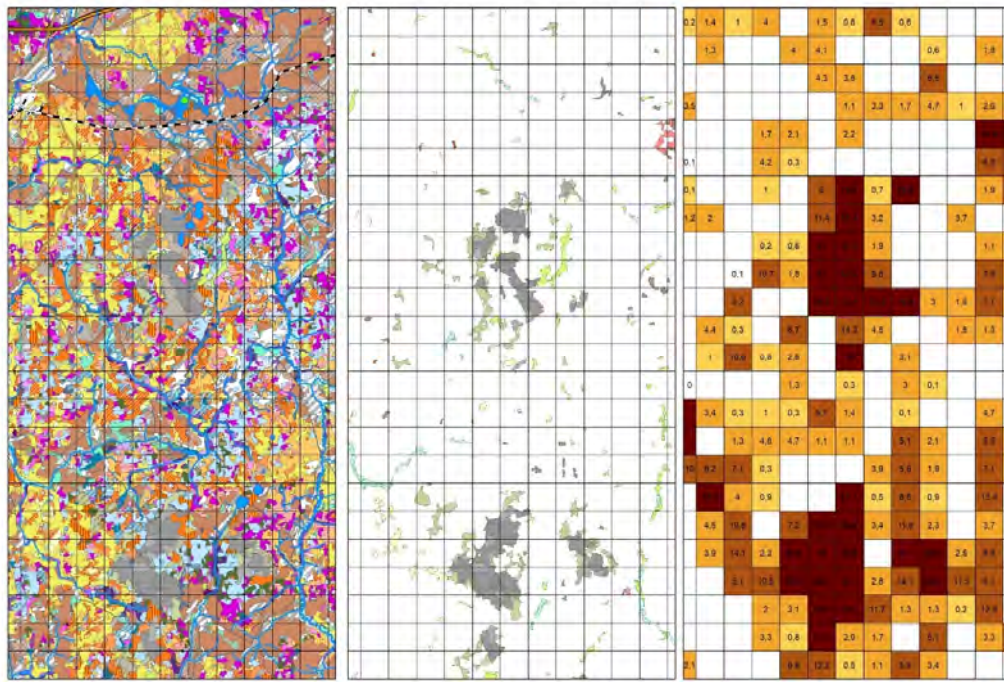


Рис. 10. Схема инвентаризации и анализа распространения редких растительных сообществ (в пределах северной геоботанической подзоны)
Fig. 10. Scheme of rare plant communities distribution inventory and analysis (within the northern geobotanical subzone)

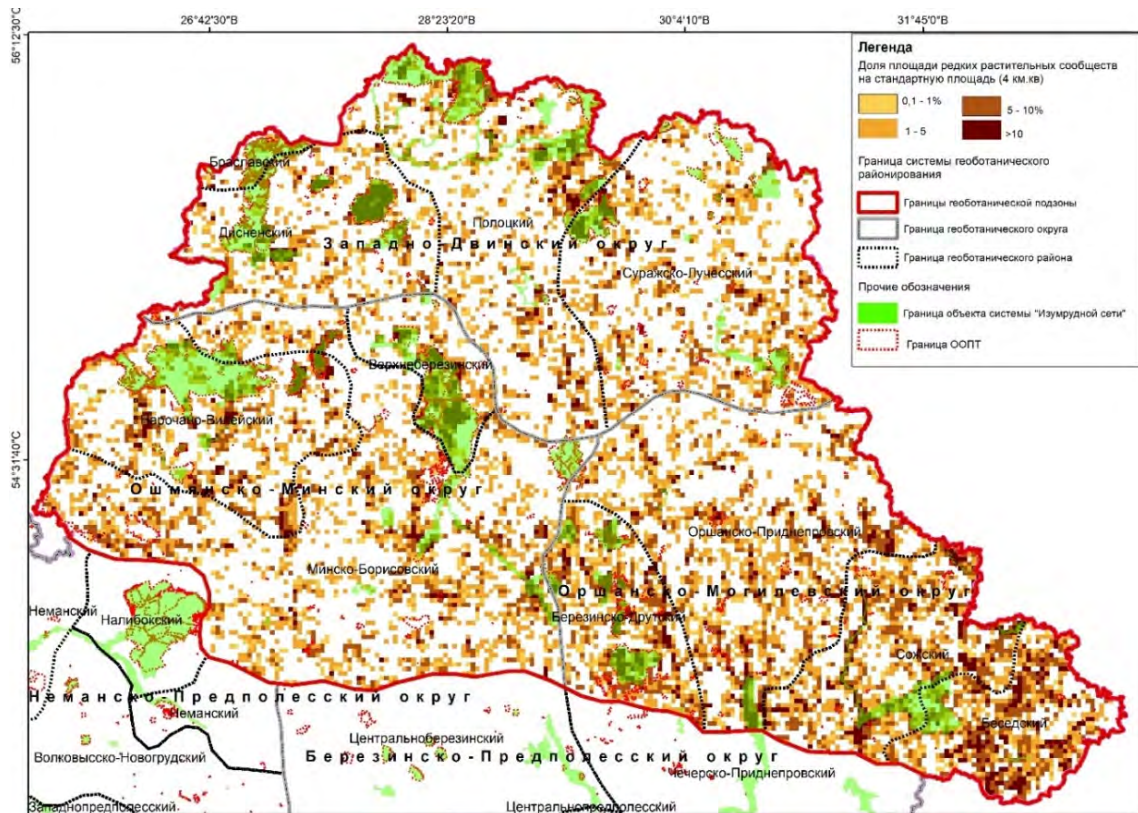


Рис. 11. Карта-схема количественной оценки распространения редких растительных сообществ северной геоботанической зоны и существующий уровень их охраны
Fig. 11. Quantitative assessment map of the rare plant communities' distribution of the northern geobotanical zone and the existing protection level

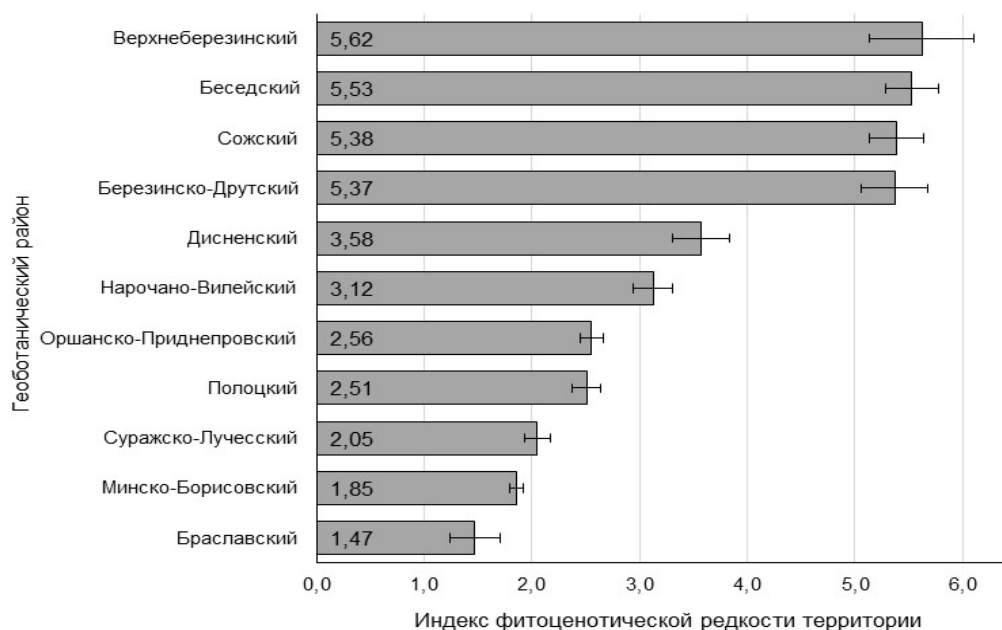


Рис. 12. Ранжирование геоботанических районов подзоны дубово-темнохвойных лесов по усредненным значениям индекса фитоценотической редкости территории

Fig. 12. Oak-dark coniferous forests subzone geobotanical areas ranking according to the average values of phytocenotic rarity index

Таблица 3. Перечень и площади редких растительных сообществ северной геоботанической подзоны Беларуси

Table 3. Rare plant communities list and areas in the northern geobotanical subzone of Belarus

№	Растительные сообщества (группы сообществ)	Доминантные и диагностические виды	Площадь	
			тыс. га	%
Редкие лесные сообщества				
1	Сосняки лишайниковые	<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Calluna vulgaris</i> ; <i>Cetraria islandica</i> , <i>Cladonia</i> spp., <i>Polytrichum juniperinum</i> , <i>P. piliferum</i>	30,8	0,7
2	Сосняки осоково-гигрофитно-травяно-гипново-сфагновые на болотах богатого минерального питания	<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Betula humilis</i> , <i>Juniperus communis</i> ; <i>Calamagrostis canescens</i> , <i>Carex appropinquata</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. chordorrhiza</i> , <i>Comarum palustre</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Thelypteris palustris</i> ; <i>Calliergonella cuspidata</i> , <i>Sphagnum capillifolium</i> , <i>Sph. centrale</i> , <i>Sph. girgensohnii</i> , <i>Sph. squarrosum</i> , <i>Sph. warnstorffii</i>	12,5	0,3
3	Дубравы чернично-орляковые	<i>Quercus robur</i> ; <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Convallaria majalis</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Melampyrum nemorosum</i> , <i>Melica nutans</i> , <i>Pteridium aquilinum</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Trientalis europaea</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i>	3,8	0,1
4	Дубравы снытево-кисличные	<i>Quercus robur</i> ; <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Ajuga reptans</i> , <i>Anemone nemorosa</i> , <i>Carex digitata</i> , <i>Galeobdolon luteum</i> , <i>Melica nutans</i> , <i>Milium effusum</i> , <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Paris quadrifolia</i> , <i>Polygonatum multiflorum</i> , <i>Pulmonaria obscura</i> , <i>Stellaria holostea</i>	41,4	0,9
5	Дубравы злаково-пойменные	<i>Quercus robur</i> ; <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>C. epigeios</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Lysimachia nummularia</i> , <i>L. vulgaris</i> , <i>Lythrum salicaria</i> , <i>Poa pratensis</i>	2,2	0,1
6	Ясенники и вязовники кислотно-снытевые	<i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Ulmus glabra</i> , <i>U. laevis</i> ; <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Ajuga reptans</i> , <i>Anemone nemorosa</i> , <i>Asarum europaeum</i> , <i>Carex sylvatica</i> , <i>Chrysosplenium alternifolium</i> , <i>Galeobdolon luteum</i> , <i>Galium odoratum</i> , <i>Lathyrus vernus</i> , <i>Milium effusum</i> , <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Paris quadrifolia</i> , <i>Polygonatum multiflorum</i> , <i>Pulmonaria obscura</i> , <i>Stellaria holostea</i>	9,8	0,2
7	Липовые леса	<i>Tilia cordata</i> ; <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Ajuga reptans</i> , <i>Anemone nemorosa</i> , <i>Asarum europaeum</i> , <i>Carex sylvatica</i> , <i>Chrysosplenium alternifolium</i> , <i>Galeobdolon luteum</i> , <i>Galium odoratum</i> , <i>Lathyrus</i>	3,0	0,1

№	Растительные сообщества (группы сообществ)	Доминантные и диагностические виды	Площадь	
			тыс. га	%
7	Липовые леса	<i>vernus, Miliun effusum, Oxalis acetosella, Paris quadrifolia, Polygonatum multiflorum, Pulmonaria obscura, Stellaria holostea</i>		
8	Кленовые леса	<i>Acer platanoides; Aegopodium podagraria, Ajuga reptans, Anemone nemorosa, Asarum europaeum, Carex sylvatica, Chrysosplenium alternifolium, Galeobdolon luteum, Galium odoratum, Lathyrus vernus, Miliun effusum, Oxalis acetosella, Paris quadrifolia, Polygonatum multiflorum, Pulmonaria obscura, Stellaria holostea</i>	3,4	0,1
Редкие болотные сообщества				
9	Кустарничково-сфагновые сообщества на верховых болотах	<i>Chamaedaphne calyculata, Ledum palustre, Calluna vulgaris, Empetrum nigrum, Oxycoccus microcarpus; Sphagnum fuscum</i>	11,9	0,3
10	Комплексные (грядово-мочажинные, грядово-мочажинно-озерковые) сообщества на верховых болотах	Гряды: <i>Sphagnum fuscum, Chamaedaphne calyculata, Calluna vulgaris</i> Мочажины: <i>Sphagnum cuspidatum, Sph. balticum, Sph. majus, Scheuchzeria palustris, Rhynchospora alba, Carex limosa</i>	32,8	0,7
11	Осоково-пушицево-травяно-сфагновые на переходных болотах	<i>Carex lasiocarpa, C. rostrata, Comarum palustre, Eriophorum polystachyon, E. vaginatum, Menyanthes trifoliata, Sphagnum angustifolium; Sph. fallax, Sph. obtusum, Sph. papillosum</i>	4,7	0,1
12	Шейхцериево-осоково-сфагновые топи на верховых и переходных болотах	<i>Carex lasiocarpa, C. limosa, Scheuchzeria palustris, Sphagnum cuspidatum</i>	21,9	0,5
13	Травяно-осоковые на болотах богатого минерального питания	<i>Betula humilis, S. lapponum, S. rosmarinifolia; Carex dioica, C. flava, C. appropinquata, C. lasiocarpa, C. rostrata, C. chordorrhiza, Epipactis palustris, Menyanthes trifoliata; Palludella squarrosa, Sphagnum obtusum, Sph. teres, Sph. warnstorffii, Tomentypnum nitens</i>	2,4	0,1
14	Злаково-осоковые травяно-осоково-гипновые на низинных болотах	<i>Calamagrostis canescens, Carex elata, C. appropinquata, C. lasiocarpa, Comarum palustre, Equisetum fluviatile, Peucedanum palustre, Thelypteris palustris; Aulacomium palustre, Calliergonella cuspidata, виды рода Drepanocladus</i>	54,2	1,2
Редкие луговые сообщества				
15	Растительные сообщества пойменных остепенённых лугов	<i>Agrostis vinealis, Poa angustifolia, Carex praecox, Calamagrostis epigeios</i>	0,2	0,0
16	Растительные сообщества настоящих пойменных лугов	<i>Festuca pratensis, F. rubra, Poa pratensis, Anthoxanthum odoratum, Cynosurus cristatus</i>	43,7	0,9
17	Растительные сообщества сырых пойменных лугов	<i>Alopecurus pratensis, Poa palustris, Poa trivialis, Beckmannia eruciformis, Deschampsia cespitosa</i>	22,4	0,5
18	Растительные сообщества болотистых пойменных лугов	<i>Carex acuta, C. acutiformis, Equisetum fluviatile, Glyceria fluitans, G. maxima, Phalaroides arundinacea, Scirpus sylvaticus</i>	0,5	<0,1
ВСЕГО:			301,6	6,8

В пределах северной геоботанической подзоны Беларуси выделено (см. табл. 3) 18 категорий редких растительных сообществ общей площадью 301,6 тыс. га (6,8% площади покрытой природным растительным покровом). Среднее значение $I_{ФРТ}$ для подзоны дубово-темнохвойных лесов составляет 3,03. Основные места локализации редких ценологических элементов – Верхнеберезинский (5,62), Беседский (5,53), Сожский (5,38), Березинско-Друтский (5,37) геоботанические районы. Наименьшее участие редких сообществ в сложении растительного покрова характерно для Браславского (1,47), Минско-Борисовского (1,85), Суражско-Лучесского (2,05) геоботанических районов (см. рис. 11, 12). Среднее значение $I_{ФРТ}$ для ООПТ выше, чем в среднем по региону и составляет 7,37.

Всего в пределах ООПТ северной геоботанической подзоны охраняется 61,5 тыс. га редких растительных сообществ или 20,4% от общей площади выявленных в результате инвентаризации. Данный показатель демонстрирует, что охрана редких растительных сообществ в пределах модельного региона не осуществляется в достаточной мере.

Аналогичный подход использован нами при оценке регионального биотопического разнообразия. Среднее значение индекса биотопической редкости ($I_{БР}$) для подзоны дубово-темнохвойных лесов составляет 9,7. Основные места концентрации редких и типичных биотопов в регионе исследования – Верхнеберезинский ($I_{БР}=26,15$), Березинско-Друтский (18,51), Полоцкий (13,17), Суражско-Лучесский (12,85) геоботани-

ческие районы. Для этих территорий существует большой потенциал для развития природно-заповедного фонда.

2. Оценочное картографирование биоразнообразия растительного мира. В наших исследованиях методология изучения вопросов состояния и динамики растительности проводилась по 5 блокам задач на основе: 1) архива данных дистанционного зондирования и тематических спутниковых продуктов; 2) анализа разновременных геоботанических карт; 3) выделения стадий эколого-динамического состояния растительного покрова; 4) выделения серийных и трансформационных рядов по отношению к коренной ядерной ассоциации; 5) картографирования стадий сукцессий.

На основе анализа архива снимков [85–87] серии LANDSAT (за период 1985–2020 гг.) установлено, что стабильный лесной покров (без изменений и признаков деградации за анализируемый период (1985–2020) в Беларуси занимает 7209,0 тыс. га или 75,8%; леса, сформированные на ранее нелесных землях – 1459,5 тыс. га (14,7%). Потери лесов последних лет (2013–2020 гг.) выявлены на площади 516,5 тыс. га (5,2%);

потери лесов с последующим восстановлением лесного покрова (посадки лесных культур, естественное лесозаращивание) – 421,6 тыс. га (4,5%). На незначительной (<0,1%) площади лесного фонда выявлены участки, на которых за рассматриваемый период наблюдалось чередование гибели и восстановления леса, а также потери лесов на участках, которые приобрели лесной покров после «нелесного состояния» в 1985 г. (рис. 13, табл. 4).

Стабильные открытые болота (ненарушенный естественный гидрологический режим, зарастание древесно-кустарниковой растительностью <10%) в Беларуси занимают 257,6 тыс. га или 22,0% [75]. На площади 59,4 тыс. га (5,1%) растительный покров является сильно нарушенным или полностью уничтоженным. В настоящее время болотные леса занимают 41,4% от общей учтенной площади болот; за 35 лет (1985–2020 гг.) площадь лесных болот увеличились на 192,9 тыс. га (+16,4%), за счет зарастания древесно-кустарниковой растительностью, 126,4 тыс. га или 10,8% открытых болот в ближайшей перспективе станут лесными (рис. 14, табл. 5).

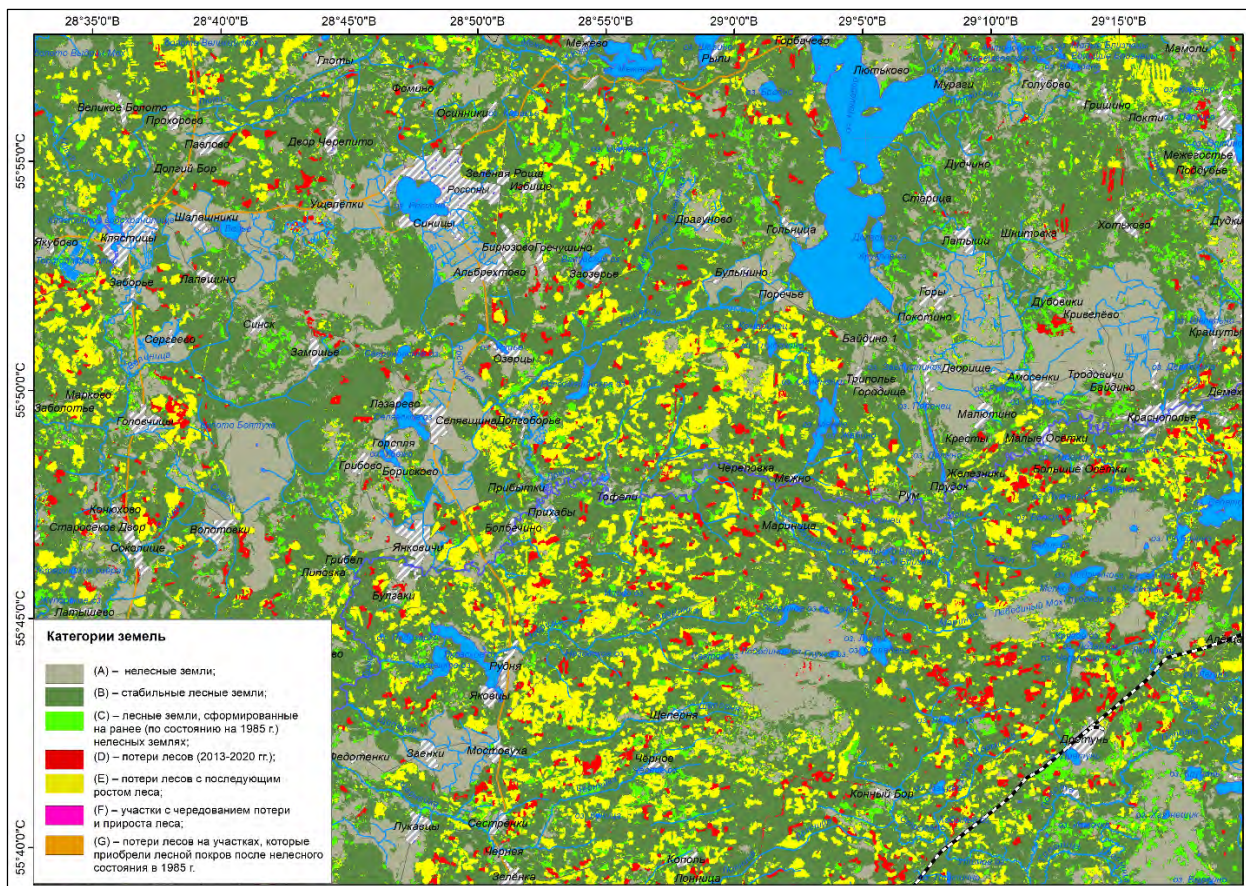


Рис. 13. Фрагменты карты изменения лесного покрова Беларуси за период 1985–2020 гг. (Россонский район Витебской области)

Fig. 13. Forest cover changes map in Belarus for the period 1985–2020 (fragment) (Rossony district, Vitebsk region)

Таблица 4. Динамика лесного покрова за период 1985–2020 гг. в разрезе административных областей Беларуси

Table 4. Forest cover dynamics for the period 1985–2020 by administrative regions of Belarus

Динамические категории	Показатель	Административные области					
		Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская
Стабильный лесной покров	тыс. га %	1092,6 74,4	1608,8 78,1	1632,5 77,3	807,6 73,5	1391,6 72,8	1002,7 78,1
Леса, сформированные на ранее не покрытых лесом землях (по состоянию на 1985 г.)	тыс. га %	233,8 15,9	251,9 12,2	349,6 16,5	156,8 14,3	270,5 14,1	196,9 15,3
Потери лесов последних лет (2013–2020 гг.)	тыс. га %	65,3 4,4	105,1 5,1	75,4 3,6	75,1 6,8	156,2 8,2	39,3 3,1
Потери лесов с последующим восстановлением леса	тыс. га %	76,7 5,2	95,5 4,6	53,8 2,6	59,3 5,4	91,7 4,8	44,6 3,5
Участки лесного фонда с чередованием потери и восстановления леса	тыс. га %	0,8 0,1	0,5 <0,1	0,9 <0,1	0,4 <0,1	0,9 0,1	0,5 <0,1
Потери лесов на участках, которые приобрели лесной покров на ранее не покрытых лесом землях (1985 г.)	тыс. га %	0,5 <0,1	0,2 <0,1	0,4 <0,1	0,3 <0,1	0,5 <0,1	0,2 <0,1

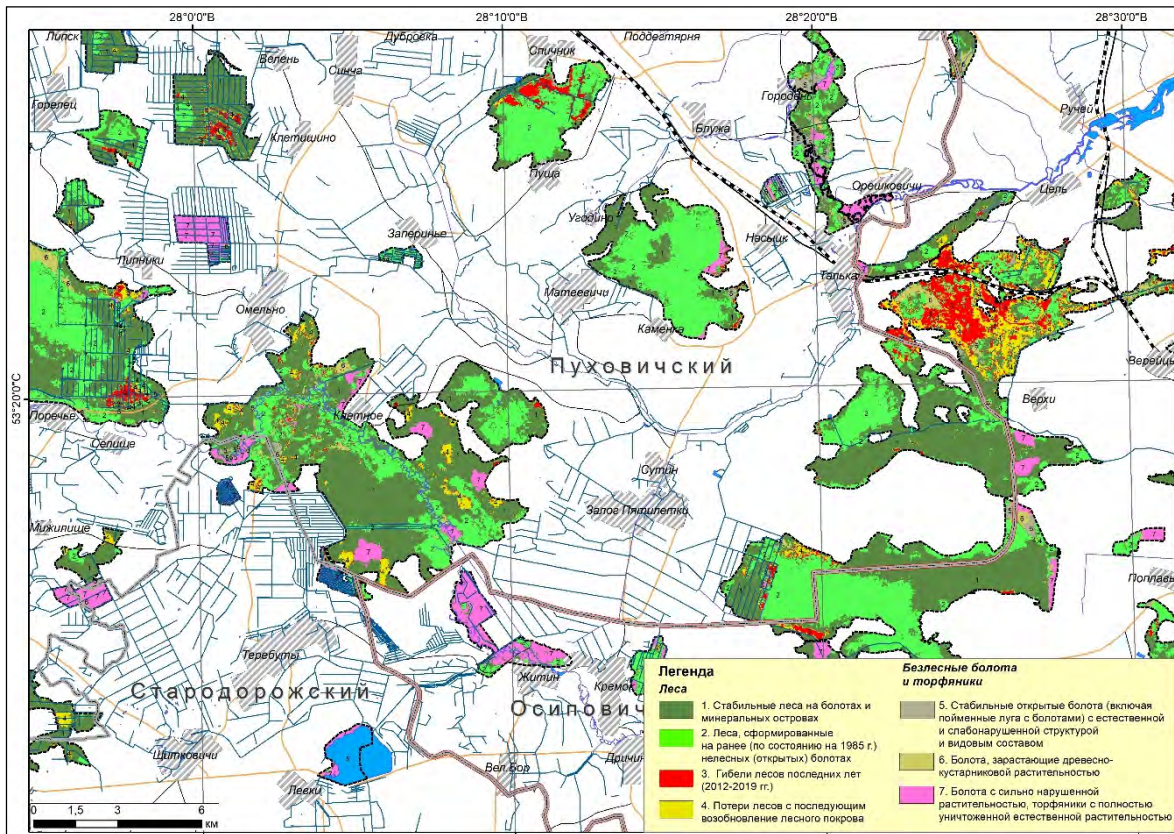


Рис. 14. Фрагмент карты изменения растительного покрова болот Беларуси (по состоянию на 2020 г.)

Fig. 14. Changes map of the mire vegetation cover in Belarus (2020) (fragment)

На основе анализа разновременных снимков и специальных тематических продуктов изучена пространственная структура и динамика сельскохозяйственных земель (табл. 6, рис. 15). Следует отметить, что площадь пахотных земель (ПЗ) в Республике Беларусь в 2019 г. по данным ДЗЗ составила 5684,82 тыс. га и в течении 2000–2019 гг.

площадь ПЗ увеличилась на 522,4 тыс. га, что эквивалентно 10,1% площади в 2003 г. Наибольшее увеличение чистой площади пахотных земель отмечено в период 2008–2011 гг. (+266,82 тыс. га). В последний анализируемый временной период (2016–2019 гг.) наблюдается тенденция сокращения ПЗ (-231,1 тыс. га). По состоянию на 2019 г.

стабильные ПЗ (ежегодное использование для возделывания травянистых культур) составили 4238,47 тыс. га (74,6%). Прирост ПЗ по отношению к 2003 г. составил 1266,65 тыс. га, потеря – 744,21 тыс. га. Изменение чистой площади пахотных земель составила +522,4 тыс. га (9,2%). Пахотные земли с чередованием пара и пахоты составили 923,91 тыс. га (16,3%). Сравнительная оценка площади пахотных земель Беларуси по данным дистанционного зондирования и официальным статистическим данным показала достаточно близкий диапазон значений. Доля расхождения сравнимых выборок составила 0,3–6,0%, что указывает на адекватность применяемых спутниковых, тематических и картографических продуктов.

По состоянию на 2020 г. площадь сельскохозяйственных земель в пределах северной геоботанической подзоны (модельная территория) составила 3256,1 тыс. га или 40,0% исследуемой территории. Стабильные (постоянно используемые в хозяйственных целях) агроэкосистемы составили 2730,2 тыс. га (71,6% от площади исследованных земель), в т.ч. пахотные 1760,7 тыс. га (46,1%). За период 2000–2020 гг. прирост сельскохозяйственных земель составил 525,8 тыс. га (13,8%), потеря – 559,5 тыс. га (14,6%). Основные процессы деградации агроэкосистем связаны с зарастанием ле-

сом (сомкнутость >49%) (95,3 тыс. га – 2,5%), формированием мелколесья – 66,8 тыс. га (1,8%), развитием инфраструктуры и селитебной застройки – 42,3 тыс. га (1,1%) (табл. 7).

На основе синтеза разнообразной информации (многолетний архив спутниковой съемки, разновременные карты растительности, данные земле- и лесоустройства) для северной подзоны Беларуси (дубово-темнохвойных лесов) была составлена карта, отражающая динамические процессы растительного покрова природных и антропогенных экосистем на региональном уровне (рис. 16, табл. 8).

Методология картографирования эколого-динамического состояния растительного покрова состоит из 4 этапов (рис. 17). Подход к разработке легенды карт состояния растительного покрова основывался на выделении стадий коренных, условно-коренных, коротко- и длительнопроизводных и серийных сообществ, отражающих скорость восстановления коренной или потенциальной растительности, а также степень нарушенности. Каждая стадия отражает степень нарушенности и соответственно удаленности от климаксового состояния. При этом естественная и производная растительность не дифференцируется в зависимости от структуры и видового состава растительных сообществ,

Таблица 5. Современные динамические процессы в растительном покрове экосистем болот Беларуси (по состоянию на 2020 г.)

Table 5. Modern dynamic processes in the mire ecosystems vegetation cover in Belarus (2020)

№	Категории участков	Площадь	
		тыс. га	%
1.	Стабильные леса на болотах (с сохранением структуры, без признаков повреждения и деградации)	485,9	41,4
2.	Леса, сформированные на ранее (по состоянию на 1985 г.) нелесных (открытых) болотах	192,9	16,4
3.	Потери лесов на болотах (2013–2020 гг.)	28,9	2,5
4.	Потери лесов на болотах с последующим ростом леса	20,7	1,8
5.	Стабильные открытые болота и заболоченные лугово-болотные участки (ненарушенный естественный гидрологический режим, зарастание древесно-кустарниковой растительностью <10%)	257,6	22,0
6.	Болота, зарастающие древесно-кустарниковой растительностью (покрытие ДКР 10–40%)	126,4	10,8
7.	Деградированные болота с сильно нарушенной и полностью уничтоженной растительностью без выраженных процессов восстановления	59,4	5,1

Таблица 6. Площади и динамика пахотных земель Беларуси по временным периодам

Table 6. Arable land areas and dynamics in Belarus by periods

Площадь, тыс. га	Временные периоды, годы				
	2003	2004–2007	2008–2011	2012–2015	2016–2019
Общая площадь ПЗ	5162,38	5421,86	5688,68	5915,93	5684,82
Площадь потери ПЗ по сравнению с предыдущим периодом	–	423,27	111,74	126,87	492,43
Площадь прироста ПЗ по сравнению с предыдущим периодом	–	682,75	378,56	354,12	261,32
Изменения площади ПЗ по сравнению с предыдущим периодом	–	259,48	266,82	227,25	-231,11

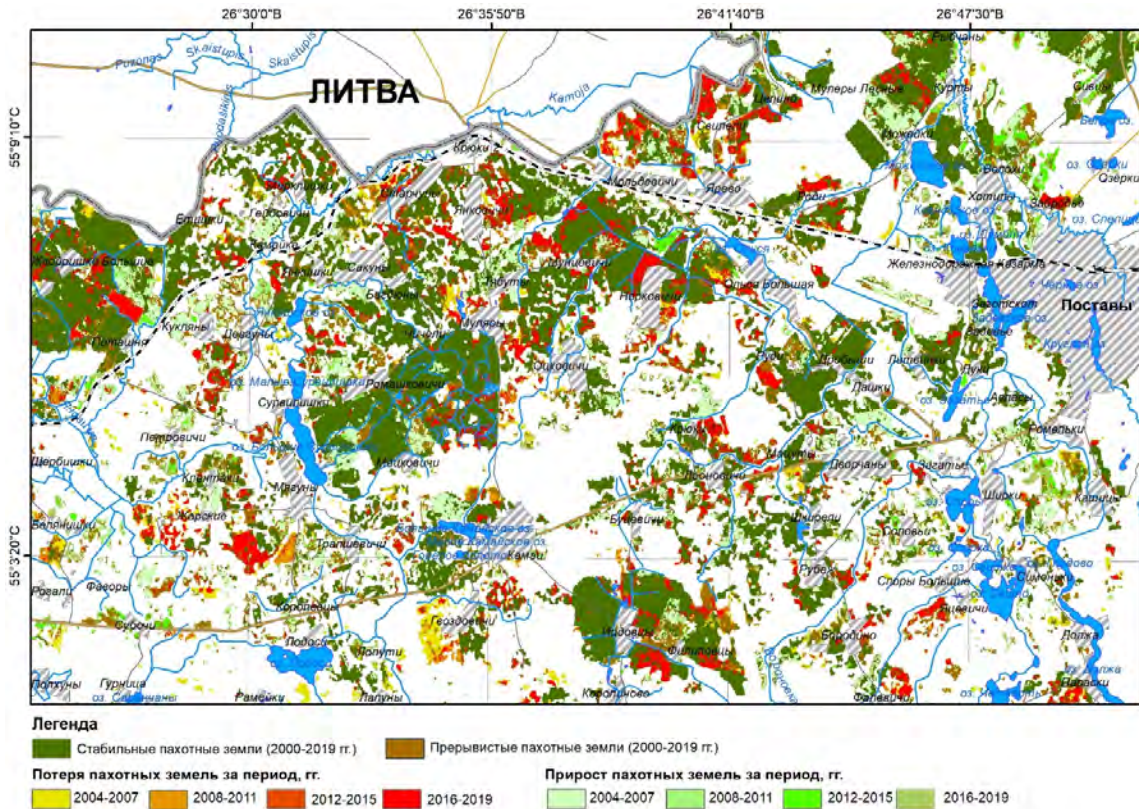


Рис. 15. Фрагмент карты динамики пахотных земель Беларуси (2000–2019 гг.) (Поставский район Витебской области)

Fig. 15. Arable land dynamics map in Belarus for 2000–2019 (Postavy district, Vitebsk region) (fragment)

Таблица 7. Динамика сельскохозяйственных земель (в пределах северной геоботанической подзоны Беларуси) за 2001–2020 гг.

Table 7. Agricultural lands dynamic (within the northern geobotanical subzone of Belarus) for 2001–2020

Процесс	Площадь	
	га	%
Заболачивание бывших с/х земель с формированием болотных лесов (торфяно-болотные мелиорированные почвы)	8015,2	0,2
Заболачивание бывших с/х земель (торфяно-болотные мелиорированные почвы)	32751,5	0,8
Заболачивание бывших с/х земель и зарастание низкорослой ДКР (торфяно-болотные мелиорированные почвы)	8290,3	0,2
Формирование леса на бывших с/х землях (минеральные почвы)	95270,9	2,5
Зарастание мелколесьем бывших с/х земель (минеральные почвы)	66810,8	1,8
Уничтожение с/х земель вследствие застройки	42347,6	1,1
Гибель древостоя в последние годы, в лесах, сформированных на бывших с/х землях	4926,6	0,1
Прирост с/х земель	525894,6	13,8
Потеря с/х земель из-за зарастания низкорослой растительностью	301113,2	7,9
Стабильные с/х земли / в т.ч. пахотные	2730243,3 /	71,6 /
ВСЕГО:	3815664,0	100,0

ществ, а классифицируется с точки зрения их сукцессионных связей. В результате специального анализа выделено 15 динамических категорий, отражающих 2 процесса: антропогенную дигрессию и восстановительные процессы, развивающиеся после этих негативных воздействий (рис. 18, табл. 9).

Картографирование серийных и трансформационных рядов по от-

ношению к коренным ядерным ассоциациям. На региональных картах в ряде случаев целесообразно показывать распространение таксонов, объединяя при этом в одну категорию все переменные состояния, связанные с одним «материнским ядром». Предлагаемая система средств отображения растительности с учетом динамики предполагает выделение коренных ядерных ассоциаций (КЯА). Эти узловые сообщества

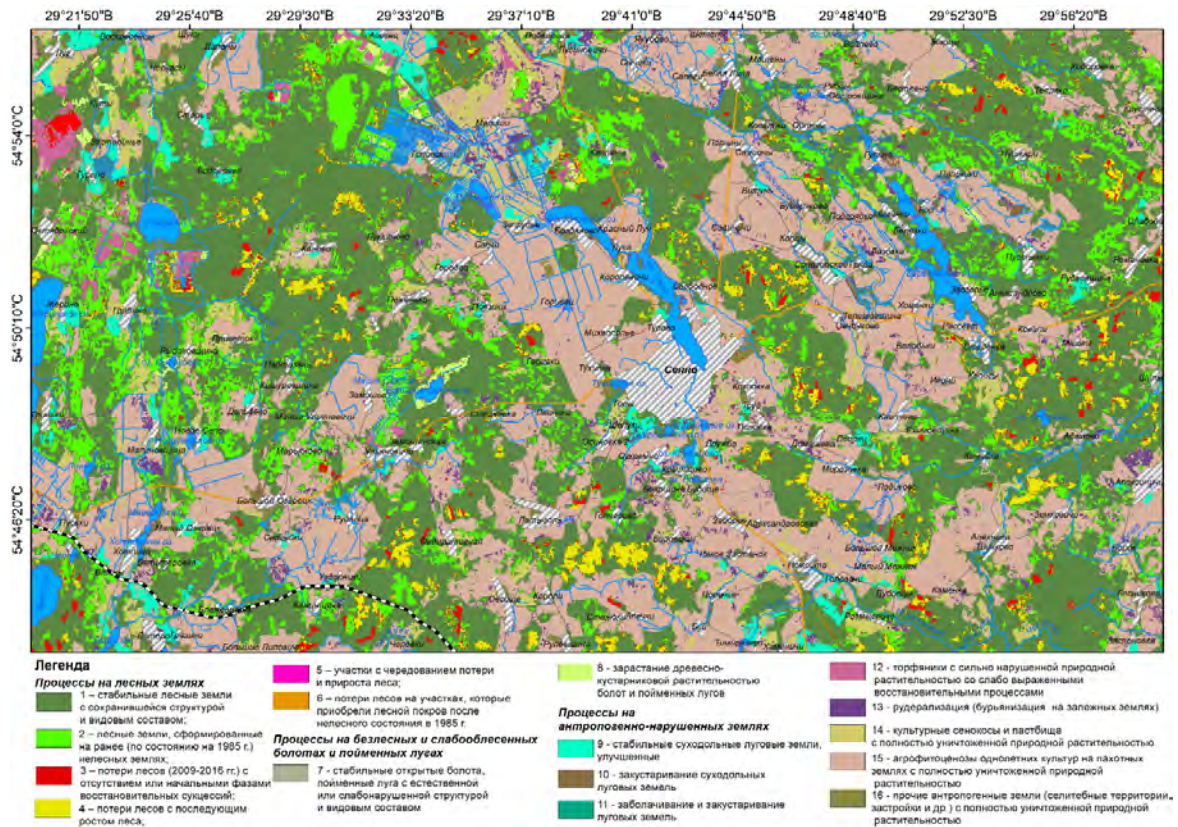


Рис. 16. Фрагменты карты динамических процессов в растительном покрове северной геоботанической подзоны по состоянию на 2020 г.

Fig. 16. Vegetation cover dynamic processes map in the northern geobotanical subzone for 2020 (fragment)

Таблица 8. Современные динамические процессы в растительном покрове экосистем северной геоботанической подзоны Беларуси (по состоянию на 2020 г.)

Table 8. Modern dynamic processes in the ecosystems vegetation cover of the northern geobotanical subzone of Belarus (2020)

№	Динамические процессы	Площадь	
		тыс. га	%
Процессы на лесных землях			
1.	Стабильные лесные земли с сохранившейся структурой и видовым составом	3159,7	35,8
2.	Леса, сформированные на ранее нелесных землях (по состоянию на 1985 г.)	452,4	5,1
3.	Потери лесов (2013–2020 гг.) с отсутствием или с начальными фазами восстановительных сукцессий	212,2	2,4
4.	Потери лесов с последующим ростом леса	187,5	2,1
5.	Участки с чередованием потери и прироста леса	1,3	<0,1
6.	Потери лесов на участках, которые приобрели лесной покров после нелесного состояния в 1985 г.	0,6	<0,1
Процессы на безлесных и слабооблесенных болотах и пойменных лугах			
7.	Стабильные открытые болота и пойменные луга с естественной или слабонарушенной структурой и видовым составом	371,8	4,2
8.	Зарастание древесно-кустарниковой растительностью и пойменных лугов	154,3	1,8
9.	Заболачивание пойменных лугов	23,3	0,3
10.	Торфяники с сильно-нарушенной природной растительностью со слабо выраженными восстановительными процессами	28,8	0,3
Процессы на антропогенно-нарушенных землях			
9.	Стабильные сельскохозяйственные земли	3256,2	36,9
10.	Заустаривание бывших сельскохозяйственных земель	66,8	0,8
11.	Потеря сельскохозяйственных земель из-за зарастания низкорослой растительностью (бурьянизация)	301,1	3,4
14.	Потеря вследствие развития инфраструктуры, селитебной застройки	42,3	0,5
15.	Прирост сельскохозяйственных земель	525,8	5,9
16.	Заболачивание	41,0	0,5

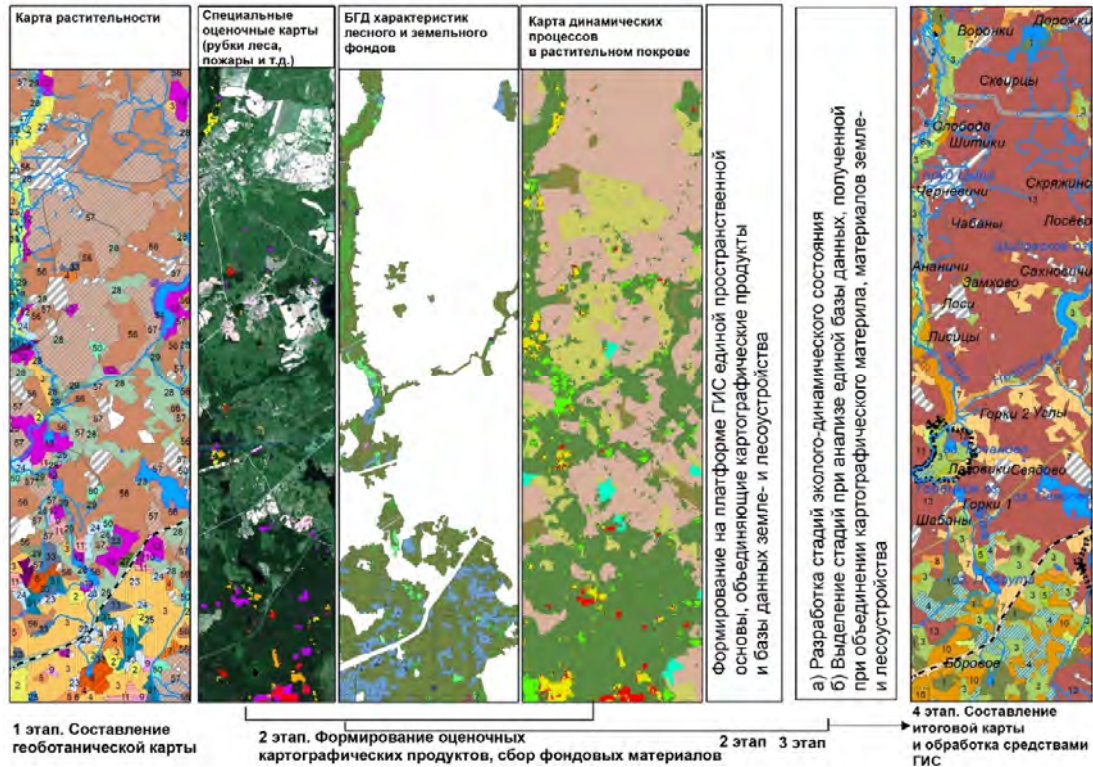


Рис. 17. Схема исследований по картографированию динамики растительного покрова модельных территорий северной Беларуси

Fig. 17. Vegetation cover dynamic mapping scheme the in northern Belarus model areas

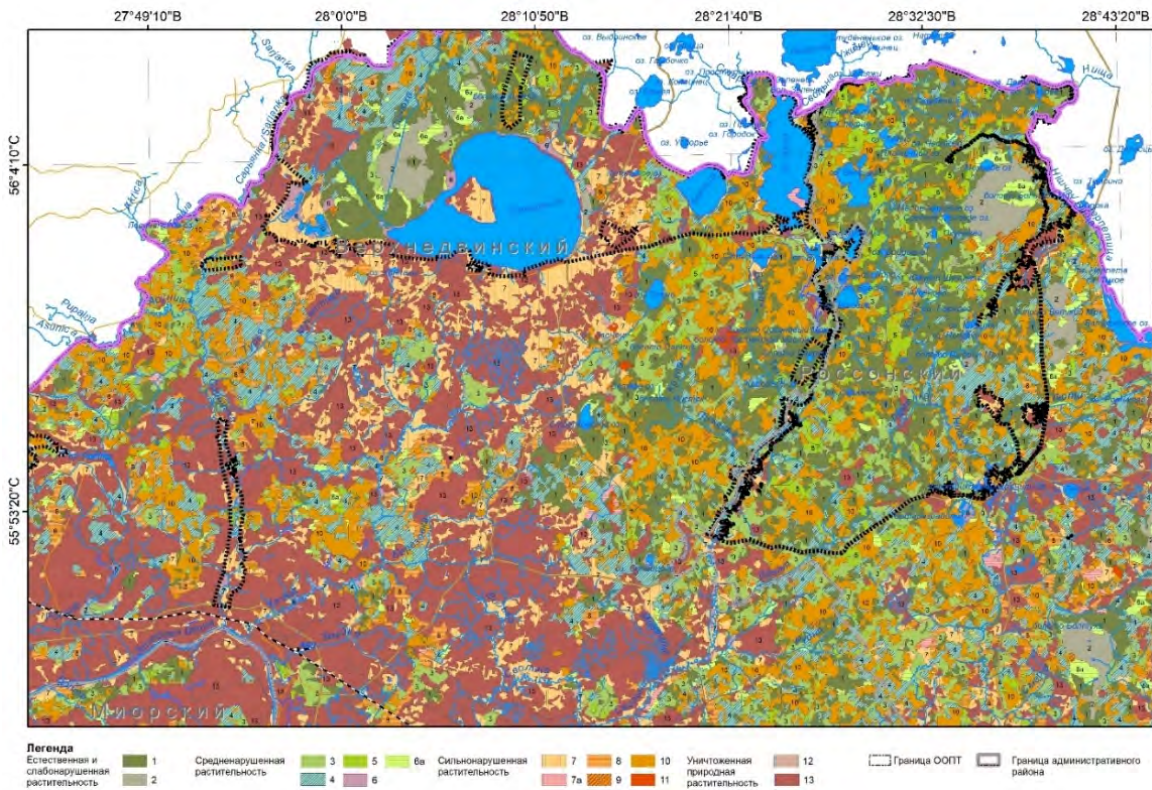


Рис. 18. Фрагмент карты эколого-динамического состояния растительного покрова северной геоботанической подзоны (условные обозначения см. в табл. 9)

Fig. 18. Map of the ecological-dynamic state of the vegetation cover in the northern geobotanical subzone (symbols see Table 9) (fragment)

Таблица 9. Соотношение площадей по стадиям эколого-динамического состояния растительного покрова модельных территорий северной геоботанической подзоны Беларуси

Table 9. Areas ratio by stages of ecological-dynamic state of model territories vegetation cover of the northern geobotanical subzone of Belarus

Категория	Модельная территория										
	№ 1			№ 2		№ 3		№ 4		№ 5	
	Березинский зап-к	Докшицкий р-н	Лепельский р-н	НП «Браслав. оз.»	Браславский р-н	НП «Нарочанск»	Мядельский р-н	РЗ «Красн. Бор»	Россонский р-н	РЗ «Освейский»	Верхнедвинс. р-н
I. Естественная и слабонарушенная растительность	71,8	19,4	25,9	22,4	13,3	20,5	13,0	39,9	21,1	32,7	11,7
1. Коренные и длительно-производные хвойные леса, лиственные коренные болотные леса без следов природных катастроф или хозяйственного воздействия	63,8	16,5	21,6	19,9	12,3	18,7	10,7	36,3	18,9	26,7	10,8
2. Коренные и условно-коренные растительные сообщества необлесенных болот и речных пойм без следов природных катастроф или хозяйственного воздействия	8,0	2,9	4,3	2,5	1,0	1,8	2,3	3,6	2,2	6,0	0,9
II. Средненарушенная растительность	20,9	24,3	25,2	34,5	20,8	33,5	28,8	35,2	36,3	29,4	20,9
3. Коренные и длительно-производные хвойные, лиственные коренные болотные леса с умеренным воздействием антропогенных (выборочные рубки, рекреационные нагрузки, мелиорация) и естественных факторов: состав древостоя соответствует тому, который имеют древостои естественной фазы сукцессии, местообитание практически не нарушено	8,4	16	14,1	19,4	12,2	21,5	20,9	13,6	15,3	7,9	7,8
4. Кратковременно-производные хвойно-мелколиственные леса, образовавшиеся в результате действия факторов естественного и антропогенного происхождения и имеющие тенденцию к восстановлению исходного состояния	7,1	3,8	6,4	7	3,9	6,3	3,6	10,3	15,3	13,5	9,5
5. Искусственные леса на мало преобразованных лесных местообитаниях: состав и структура фитоценозов незначительно отклоняется от состава естественных лесов	0,5	2	1,4	3	1,3	3,7	2,2	8,1	3	2	1,3
6. Кратковременно-производные растительные сообщества необлесенных болот и речных пойм, сформировавшиеся под влиянием хозяйственной деятельности (мелиорация, торфодобыча)	1,2	1,6	2,9	1,2	2,7	0,6	1,4	0	2,6	2	1,8
6а. Относительно неустойчивые первичные леса начальных стадий сукцессии, возникшие после преобразования на почвах, ранее не бывших под лесом	3,7	0,9	0,4	3,9	0,7	1,4	0,7	3,2	0,1	4	0,5
III. Сильнонарушенная растительность	7,0	19,7	23,2	22,3	18,2	12,6	14,9	22,2	31,5	25,1	29,0
7. Первичные антропогенные леса, возникшие после преобразования местообитания (на осушенных землях, временного сельскохозяйственного или иного использования)	1,1	4,1	7,4	3,8	5,2	1,5	2,6	1,6	6,7	11,1	12,9
7а. Длительно-производные растительные сообщества необлесенных болот и речных пойм, сформировавшиеся под влиянием интенсивной хозяйственной деятельности	2,8	1,1	0,6	0,9	1,2	1	0,9	<0,1	0,3	0,5	0,2
8. Вторичные мелколиственные леса с сильно измененным составом и структурой древостоя и подчиненных ярусов, без признаков восстановления коренных типов леса	0,3	0,6	3,4	0,6	2	1,3	1,3	1,2	5,1	2,8	4,9

Категория	Модельная территория											
	№ 1			№ 2		№ 3		№ 4		№ 5		
	Березинский зап-к	Докшицкий р-н	Лепельский р-н	НП «Браслав. оз.»	Браславский р-н	НП «Нарочанск.»	Мядельский р-н	РЗ «Красн. Бор»	Россонский р-н	РЗ «Освейский»	Верхнедвинс. р-н	
9.	Коренные хвойные и лиственные леса, в которых хозяйственное влияние (пожары, осушительная мелиорация, выборочные рубки) и (или) последствия воздействия природно-климатических факторы катастрофического характера существенно нарушили местообитания фитоценозов, а также их состав и структуру	0,4	1,2	0,9	2,2	1,3	1,1	2,2	0,9	1	0,6	0,5
10.	Искусственные леса на антропогенных преобразованных местообитаниях: состав древостоя и состояние всего сообщества изменены по сравнению с естественными лесами в результате интенсивной обработки почвы, удобрения, осушения, уплотнения и др.	2,4	12,3	10,7	13,3	8	7,5	7,7	18,5	18,3	10,1	10,4
11.	Серийные сообщества на месте лесных и болотных сообществ, сформированная в результате антропогенного воздействия (мелиорация, рубки, торфодобыча, сельскохозяйственное использование)	–	0,4	0,2	1,5	0,5	0,2	0,2	–	0,1		0,1
III.	Уничтоженная природная растительность	0,3	36,6	25,7	20,8	47,7	33,4	43,3	2,7	11,1	12,8	38,4
12.	Местообитания с полностью уничтоженной природной растительностью (суходольные луга) с низким уровнем хозяйственного использования и с признаками восстановления природной растительности	0,2	0,2	0,1	0	0,1	0,8	0,4	–	<0,1	–	<0,1
13.	Местообитания с полностью уничтоженной природной растительностью (сельскохозяйственные земли участки торфодобычи), находящиеся в активном хозяйственном обороте	0,1	36,4	25,6	20,8	47,6	32,6	42,9	2,7	11,1	12,8	38,4
ИТОГО:												
тыс. га		83,4	219,6	170,7	52,5	198,5	75,9	175,2	35,1	175,0	22,9	198,1
%		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

выделялись на основе системы синтаксонов флористической классификации. Производные сообщества без учета степени трансформации обозначены буквенным индексом, стоящих после номеров, присвоенных коренной ассоциации и специальной штриховкой к основному фону цвета КЯА.

В результате исследований на территории национального парка «Беловежская пуща» (табл. 10) выделено 20 вариантов коренных ядерных ассоциаций (лесных – 16, болотных 4) и 14 группировок производных ассоциаций. Наибольшая концентрация производной растительности отмечается по периферии национального парка, а также в его центральной части, где размещаются мелиоративно-производная растительность. В целом доля производных сообществ составила 40,7% общей площади, что является скрытым индикатором

довольно высокой доли процессов трансформации растительного покрова (рис. 19).

Картографирование стадий сукцессий. Характер сукцессий растительности зависит от внешнего воздействия (естественного или антропогенного), а также устойчивости фитоценозов к этому воздействию. В свою очередь, всякая сукцессия представляет собой сложный процесс изменения не только видового состава фитоценоза, но и соотношение в ней различных видов и экологических групп растений, и поэтому попытка классификации современных процессов в экосистемах требует выделения основных направлений этих процессов. Под такими направлениями разумно понимать изменение основных, «системообразующих» элементов, определяющих состояние экосистемы. Для лесных фитоценозов таежной и подтаежной зон опреде-

Таблица 10. Структура динамических категорий растительного покрова национального парка «Беловежская пуща» (по состоянию на 2018 г.)

Table 10. Vegetation cover dynamic categories structure of the Belovezhskaya Pushcha National Park (as of 2018)

№ легенды	Наименование	Площадь, га	Доля, %	
			коренных сообществ	серийные и трансформационные ряды
1	ass. <i>Cladonio rangiferinae-Pinetum sylvestris</i> Juraszek 1928	58,6	100,0	—
2	ass. <i>Peucedano oreoselini-Pinetum sylvestris</i> W. Matuszkiewicz 1962	38052,5	78,6	21,4
3	ass. <i>Quercu roboris-Pinetum sylvestris</i> J. Matuszkiewicz 1988	28233,5	86,9	13,1
4	ass. <i>Molinio caerulea-Pinetum sylvestris</i> W. Matuszkiewicz et J. Matuszkiewicz 1973	10939,7	88,8	11,2
5	ass. <i>Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris</i>	984,5	75,3	24,7
6	com. <i>Pinus sylvestris-Carex appropinquata-Sphagnum centrale</i>	1033,1	100,0	—
7	ass. <i>Quercu roboris-Piceetum abietis</i> de Kleist 1929	4859,7	23,8	76,2
8	ass. <i>Sphagno girgensohnii-Piceetum abietis</i> Polakowski 1962	1359,7	46,1	53,9
9	ass. <i>Carici remotae-Piceetum abietis</i> Semenishchenkov 2014	1180,5	15,4	84,6
10	ass. <i>Tilio cordatae-Carpinetum betuli</i> Traczyk 1962	15388,4	50,6	49,4
11	ass. <i>Stellario nemorum-Alnetum glutinosae</i> Lohmeyer 1957	1690,2	100,0	—
12	ass. <i>Circaeo alpinae-Alnetum glutinosae</i> Oberd. 1953	8079,6	87,4	12,6
13	ass. <i>Carici elongatae-Alnetum glutinosae</i> Tx. 1931	12029,8	84,1	15,9
14	ass. <i>Carici acutiformis-Alnetum glutinosae</i> Scamoni 1935	2822,4	100,0	—
15	ass. <i>Thelypterido palustris-Alnetum glutinosae</i> Klika 1940	1901,5	100,0	—
16	ass. <i>Thelypterido palustris-Betuletum pubescentis</i> Czerwiński 1972	2412,3	100,0	—
17	Комплекс MAGNO-CARICION ELATAE Koch 1926	15907,9	20,8	79,2
18	Комплекс MAGNO-CARICION GRACILIS Géhu 1961	2830,7	48,4	51,6
19	Комплекс SPHAGNO-CARICION CANESCENTIS Passarge (1964) 1978	1081,4	92,8	7,2
20	Комплекс SPHAGNION MAGELLANICI Kästner et Flössner 1933	469,2	—	100,0

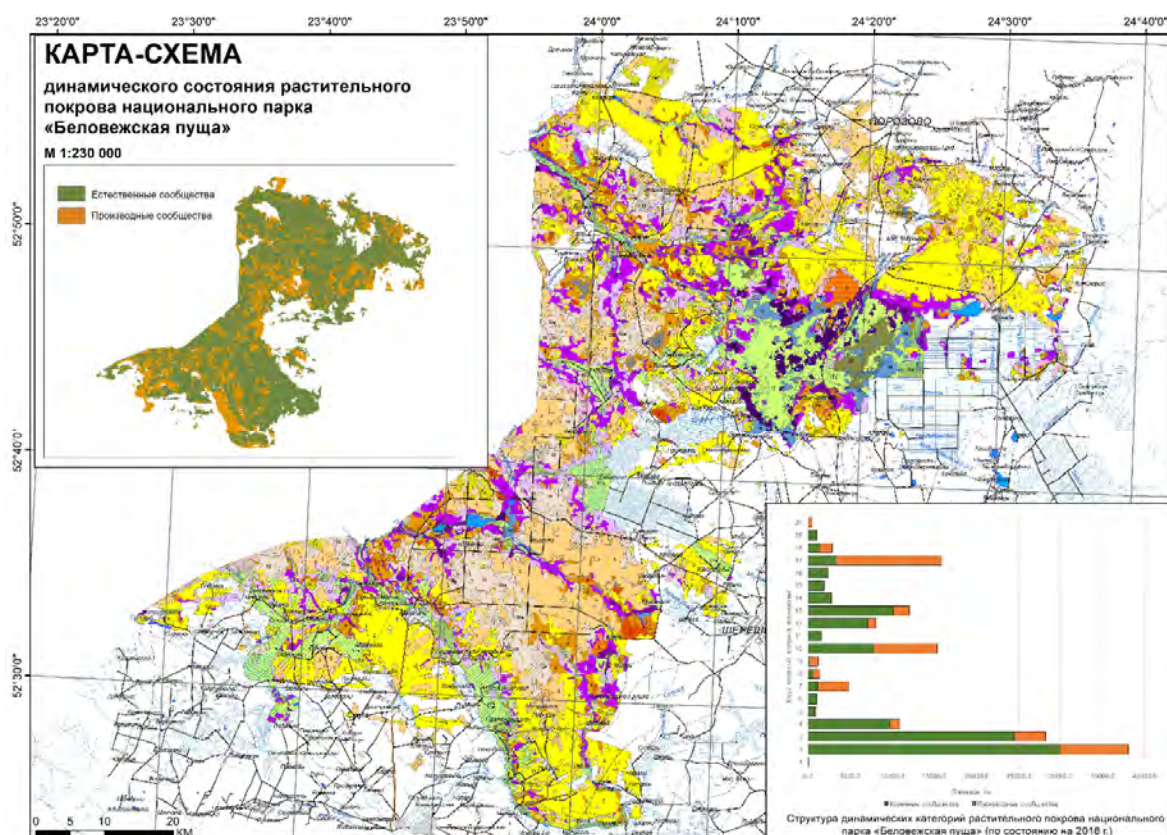


Рис. 19. Карта-схема динамического состояния растительного покрова национального парка «Беловежская пуща»

Fig. 19. Dynamic vegetation cover state map of the National Park “Belovezhskaya Pushcha”

ляющими факторами являются состав и характеристики древесного яруса, поэтому в растительных сообществах с участием деревьев процессы определяются по изменению состава древостоя, или по признаку появления/выпадения древесного яруса. Как правило, другие ярусы растительного сообщества при этом закономерно (для данного местоположения) изменяются. В растительных сообществах (болотных, луговых, сегетальных и др.), где древесная растительность не играет заметной роли, учитывались изменения в кустарниковом, травяно-кустарниковом и моховом ярусах [88].

Рассмотрим на примере модельной территории (Рамсарская территория «Болото Дикое») методические аспекты картографирования сукцессий растительности на основе параметров тренда значений вегетационного индекса NDVI. Работа состояла из 3 этапов [89].

На *первом этапе* был проведен первичный скрининг наличия в растительном покрове зон с высоким потенциалом трансформации. Для лесопокрытой территории выделение аномальных участков проводилось на основе анализа архивных данных геоботанического обследования территории (1976–2018 гг.), материалов 3 последних туров лесоустройства (1994, 2004, 2014 гг.), дендрохронологических измерений и разновременных данных дистанционного зондирования.

Для нелесопокрытых участков (травяные, осокково-моховые болота, бывшие сельскохозяйственные земли) оценка изменений проводилась с использованием данных разновременной спутниковой съемки. При этом в качестве индикатора возможных смен нами использовался нормализованный разностной индекс растительности (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)).

В своих теоретических предположениях мы исходили из-то, что многолетний тренд увеличения (уменьшения) NDVI маркирует «аномальные» зоны с тенденцией увеличения (уменьшения) продуктивности растительных сообществ. Данная тенденция в условиях водно-болотного угодья может быть напрямую связана с трансформацией гидрологического режима (подсушкой или заболачиванием) природного комплекса.

В качестве индикаторного показателя динамики использовалось относительное изменение медианы для выборки значений NDVI (июль-август) за период 2014–2018 гг. к таковому за 1984–1988 гг. Достоверность различий между выборками оценивалась с использованием U-критерия Манна-Уитни. Исходными данными служили сцены за соответствующие периоды из коллекций Landsat 5 SR и Landsat 8 SR, получение и обработка которых выполнялась с использованием

платформы облачных вычислений Google Earth Engine (рис. 20).

В результате анализа временного ряда изображения NDVI были выделены несколько зон с высоким потенциалом изменений растительного покрова. Эти участки приурочены к восточному и центральному секторам низинного болота, а также размещаются вдоль канализированного русла р. Нарев.

На *втором этапе* при наземном обследовании выполнялась съемка индикаторов сукцессий растительного покрова. В качестве контурной основы использовались выдела актуальной геоботанической карты, которые насыщались информацией об изменениях компонентов фитоценозов.

На *заключительном этапе* в соответствии с разработанной легендой была построена и проанализирована карты сукцессионных процессов в растительном покрове ЛБК «Болото Дикое» (рис. 21, 22, табл. 11).

Анализ тематических карт показывает, что в лесах Рамсарской территории «Болото Дикое» (см. рис. 21, 22, табл. 11) преобладают (7762,7 тыс. га или 54,5% лесопокрытой площади) процессы сохранения и усиления роста основной древесной породы (эдификатора фитоценоза). Однако на значительной лесопокрытой площади (1505,2 га – 10,3%) отмечается отмирание ели в составе древостоя в результате существенного изменения почвенно-гидрологических и климатических условий в регионе (см. рис. 21).

В болотных растительных сообществах основные направления динамики связаны с зарастанием (см. рис. 21, табл. 11) открытых участков болота кустарниковыми ивами, ольхой черной и березой (3949,4 га или 17,1% площади ВБУ).

Зоны наиболее активного зарастания древесно-кустарниковой растительностью размещаются в восточной и юго-западной частях угодья (см. рис. 21). На участке низинного болота протекают процессы заболачивания (1837,4 га – 8,0%), которые маркируются активным внедрением тростника и других видов-гигрофитов, увеличением фитоценотической значимости крупноосоковых сообществ (главными ценообразователями которых являются *Carex elata*, *C. acuta*, *C. rostrata*, *C. cespitosa*). Стабильное состояние болотных фитоценозов отмечено на площади 2479,7 га (10,7%).

В луговых фитоценозах преобладают процессы сохранения формации (56,3 га – 0,3%), а также заболачивания (36,7 га – 0,2%). Небольшие площади занимают участки, где отмечены процессы рудерализации (бурьянизации) и зарастания древесно-кустарниковой растительностью (см. рис. 21, табл. 11). В рудеральных сообще-

ствах наиболее активно проявляются процессы, связанные с их зарастанием древесно-кустарниковой растительностью (87,3 га – 0,4%), а также восстановительные сукцессии на залежах (4,3 га – <0,1%) (см. рис. 21, табл. 11).

Также в ходе исследований разработаны методические подходы к картографированию сукцессий растительности на основе: а) контролируемой классификация разновременных спутниковых снимков; б) анализа средствами ГИС разновременных геоботанических карт [74].

Разработаны научно-методические подходы оценки состояния растительного покрова с использованием ключевых индикаторов (рис. 23, табл. 12): 1) (лесистость (L), доля

сельскохозяйственных земель (D_{AGL}), индекс фрагментарности лесов (Fr), соотношение площадей коренных и производных лесов (Fk/p), соотношение площадей коренной и производной растительности) в разрезе регулярных территориальных единиц (V_{kp}), доля погибших лесов (D_{FD}) [90]; 2) стадий нарушенности (деградации) по критериям отклонения состава и структуры растительных сообществ от естественного их состояния или от выбранного состояния на определенный момент времени (рис. 24, см. табл. 9) [75].

Показано, что использование картографического метода является эффективным инструментом изучения экологических параметров местобитаний. Фитоиндикационное картографирова-

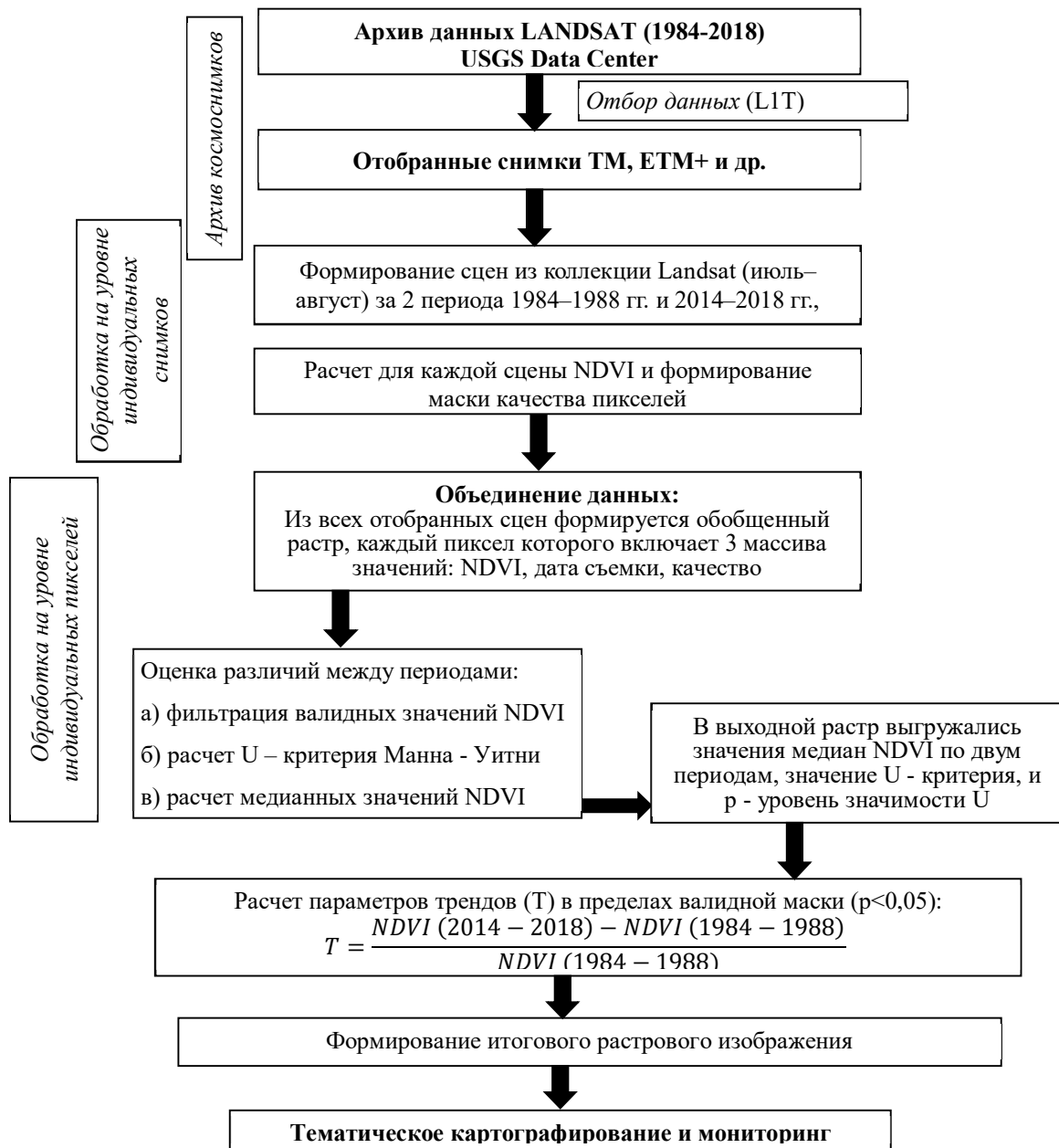


Рис. 20. Схема последовательной обработки архива космических снимков

Fig. 20. Sequential processing of space image archive scheme

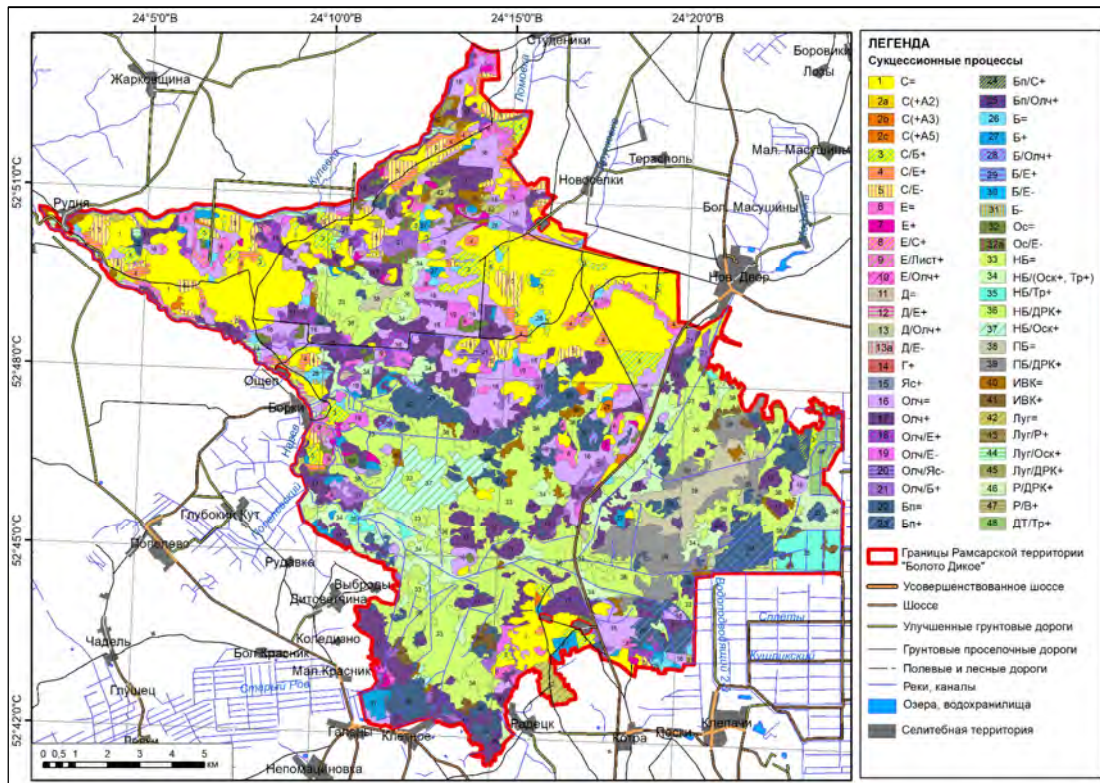


Рис. 21. Карта сукцессионных процессов в растительном покрове Рамсарской территории «Болото Дикое» (расшифровку сукцессионных процессов см. в табл. 11)

Fig. 21. Successional processes map in the vegetation cover of Ramsar Site “Dikoe Fen Mire” (decoding successional processes see Table 11)

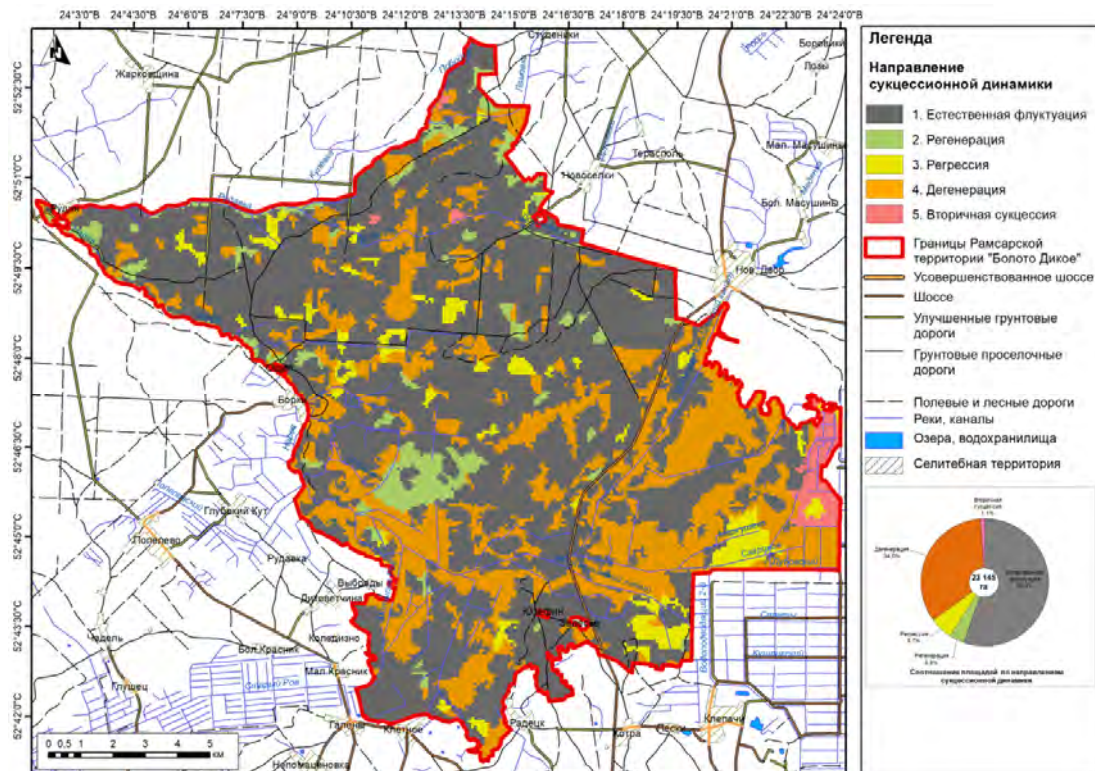


Рис. 22. Карта-схема направлений динамических тенденций в экосистемах Рамсарской территории «Болото Дикое»

Fig. 22. Dynamic trends directions map in ecosystems Ramsar Site “Dikoe Fen Mire”

Таблица 11. Соотношение площадей по направлениям сукцессионных процессов в растительных сообществах Рамсарской территории «Болото Дикое» (2017 г.)

Table 11. Areas ratio according to the successional processes directions in plant communities of the Ramsar Site “Dikoe Fen Mire” (2017)

№	Процесс (фаза)	Код процесса	Динамические тенденции	Площадь	
				га	%
<i>Процессы в лесах с преобладанием сосны</i>					
1.	Стабильное лесное сообщество с хорошо сохранившейся структурой, климатически и эдафически обусловленное	С=	Естественная флуктуация	3662,3	15,8
2.	Увеличение фитоценотической роли и/или запаса сосны				
2a	на бедных песчаных почвах неустойчивого увлажнения: усиление процессов возобновления сосны, ели, дуба, увеличение фитоценотической значимости (встречаемости, проективного покрытия, биомассы) орляка, вейника тростникового, земляники	С(+А2)	Естественная флуктуация	4,6	<0,1
2b	на относительно богатых почвах повышенного увлажнения: увеличение фитоценотической значимости малины, куманики, внедрение видов нарушенных местообитаний (зверобой, кипрей)	С(+А3)	Дегенерация	27,4	0,1
2с	на торфах верхового типа: увеличение фитоценотической значимости кустарничков (багульника, голубики, черники) и зеленых мхов, сокращение проективного покрытия сфагнового покрова	С(+А5)	Дегенерация	25,7	0,1
3.	Усиление роста березы, внедрение лесолуговых, луговых и сорных видов	С/Б+	Дегенерация	590	2,5
4.	Усиление роста ели (формирование второго яруса ели), обеднение видового состава нижних ярусов растительности	С/Е+	Регенерация	362,9	1,6
5.	Отмирание ели в составе древостоя, внедрение лесолуговых, луговых и сорных видов	С/Е-	Дегенерация	604,3	2,6
<i>Процессы в лесах с преобладанием ели</i>					
6.	Стабильное лесное сообщество с хорошо сохранившейся структурой и надлежащим видовым составом, климатически и эдафически обусловленное	Е=	Естественная флуктуация	157,7	0,7
7.	Увеличение фитоценотической роли и/или запаса ели в древесном ярусе, обеднение видового состава нижних ярусов растительности	Е+	Естественная флуктуация	51,7	0,2
8.	Отмирание ели в составе древостоя, увеличение фитоценотической роли и/или запаса сосны, малины, куманики, внедрение видов нарушенных местообитаний (зверобой, кипрей)	Е/С+	Дегенерация	24	0,1
9.	Отмирание ели в составе древостоя, увеличение фитоценотической роли и/или запаса лиственных пород (осина, береза), внедрение лесолуговых и сорных видов	Е/Лист+	Дегенерация	307,7	1,3
10.	Отмирание ели в составе древостоя, усиление роста ольхи черной, увеличение встречаемости и обилия нитрофильных видов	Е/Олч+	Дегенерация	41,0	0,2
<i>Процессы в лесах с преобладанием дуба</i>					
11.	Стабильное лесное сообщество с хорошо сохранившейся структурой и видовым составом	Д=	Естественная флуктуация	15,2	0,1
12.	Усиление роста ели в древесном ярусе, формирование 2 яруса ели, обеднение видового состава травяно-кустарничкового яруса	Д/Е+	Естественная флуктуация	2,1	<0,1
13.	Усиление роста ольхи черной, увеличение встречаемости и обилия нитрофильных видов	Д/Олч+	Дегенерация	2,3	<0,1
13a	Отмирание ели в составе древостоя, внедрение лесолуговых видов	Д/Е-	Регрессия	8,4	<0,1
<i>Процессы в лесах с преобладанием граба</i>					
14.	Усиление роста граба в древесном ярусе	Г+	Естественная флуктуация	2,5	<0,1
<i>Процессы в лесах с преобладанием ясеня</i>					
15.	Усиление роста ясеня в древесном ярусе	Яс+	Естественная флуктуация	8,3	0,1
<i>Процессы в лесах с преобладанием ольхи черной</i>					
16.	Стабильное лесное сообщество с хорошо сохранившейся структурой, климатически и эдафически обусловленное	Олч=	Естественная флуктуация	2100,1	9,1
17.	Усиление роста ольхи черной	Олч+	Естественная флуктуация	2440,1	10,5

№	Процесс (фаза)	Код процесса	Динамические тенденции	Площадь	
				га	%
18.	Усиление роста ели в верхнем древесном ярусе и/или формирование второго яруса ели, обеднение видового состава нижних ярусов растительности	Олч/Е+	регрессия	256,0	1,1
19.	Отмирание ели в составе древостоя	Олч/Е-	Регрессия	505,7	2,2
20.	Отмирание ясеня в составе древостоя	Олч/Яс-	Дегенерация	20,4	0,1
21.	Усиление роста березы, осок, гидрофильного болотного разнотравья, снижения встречаемости и проективного покрытия нитрофильных видов	Олч/Б+	Дегенерация	484,1	2,1
<i>Процессы в лесах с преобладанием березы пушистой</i>					
22.	Стабильное лесное сообщество с хорошо сохранившейся структурой и видовым составом	Бп=	Естественная флуктуация	1500,8	6,5
23.	Усиление роста березы пушистой, увеличение встречаемости и обилия видов гидрофильного болотного разнотравья	Бп+	Регрессия	535,0	2,3
24.	Усиление роста сосны, увеличение встречаемости и обилия кустарничков (багульника, голубики, черники) и зеленых мхов, развитие сфагнового покрова	Бп/С+	Дегенерация	14,8	0,1
25.	Усиление роста ольхи черной, увеличение встречаемости и обилия нитрофильных видов	Бп/Олч+	Дегенерация	52,8	0,2
<i>Процессы в лесах с преобладанием березы повислой</i>					
26.	Стабильное лесное сообщество с хорошо выраженной структурой вторичных лесных сообществ, несвойственные коренным сообществам элементы устойчивы и в нижних ярусах растительности	Б=	Естественная флуктуация	209,9	0,9
27.	Усиление роста березы повислой (в т.ч. на стадии порослевого возобновления и молодняка), сохранение и увеличение фитоценотической значимости несвойственных коренным сообществам элементов в нижних ярусах растительности	Б+	Дегенерация	275,0	1,2
28.	Усиление роста ольхи черной, увеличение встречаемости и обилия осок, гидрофильного болотного разнотравья, нитрофильных видов	Б/Олч+	Регенерация	60,8	0,3
29.	Усиление роста ели в древесном ярусе, формирование 2 яруса ели, обеднение видового состава травяно-кустарничкового яруса	Б/Е+	Регенерация	4,4	<0,1
30.	Отмирание ели в составе древостоя	Б/Е-	Дегенерация	5,7	<0,1
31.	Отмирание древостоя березы повислой в результате заболачивания	Б-	Дегенерация	12,8	0,1
<i>Процессы в лесах с преобладанием осины</i>					
32.	Стабильное лесное сообщество с хорошо сохранившейся структурой	Ос=	Естественная флуктуация	121,2	0,5
32a	Отмирание ели в составе древостоя, внедрение лесолуговых, луговых и сорных видов	Ос/Е-	Дегенерация	29,4	0,1
<i>Процессы на безлесных и слабооблесенных низинных болотах, литоральной зоне водоемов</i>					
33.	Стабильное болотное сообщество с хорошо сохранившейся структурой и видовым составом	НБ=	Естественная флуктуация	2066,9	8,9
34.	Усиление фитоценотической значимости крупных осок, внедрение тростника, выпадение древесного яруса	НБ/(Оск+, Тр+)	Дегенерация	1131,8	4,9
35.	Внедрение и(или) увеличение фитоценотической значимости тростника	НБ/Тр+	Дегенерация	277,2	1,2
36.	Заращение кустарниковыми ивами, березой, ольхой черной	НБ/ДРК+	Дегенерация	2495,1	10,8
37.	Увеличение фитоценотической значимости осок, гидрофильного болотного разнотравья	НБ/Оск+	Регенерация	428,4	1,9
<i>Процессы на безлесных и слабооблесенных переходных болотах</i>					
38.	Стабильное болотное сообщество с хорошо сохранившейся структурой и видовым составом	ПБ=	Естественная флуктуация	412,8	1,8
39.	Заращение сосной, березой, кустарниковыми ивами	ПБ/ДРК+	Дегенерация	666,7	2,9
<i>Процессы ивовых зарослях</i>					
40.	Стабильное кустарниковое сообщество с хорошо сохранившейся структурой и видовым составом	ИВК=	Дегенерация	600,9	2,6
41.	Усиление роста кустарниковых ив	ИВК+	Дегенерация	186,7	0,8
<i>Процессы в луговых сообществах</i>					
42.	Стабильное луговое сообщество с хорошо сохранившейся структурой и видовым составом	Луг=	Естественная флуктуация	56,3	0,2
43.	Рудерализация (бурьянизация) суходольных луговых сообществ	Луг/Р+	Вторичная сукцессия	2	<0,1
44.	Усиление фитоценотической значимости крупных осок, внедрение тростника,	Луг/Оск+	Регенерация	36,7	0,2

№	Процесс (фаза)	Код процесса	Динамические тенденции	Площадь	
				га	%
45.	Заращение сосной, березой, кустарниковыми ивами	Луг/ДРК+	Вторичная сукцессия	9,9	<0,1
<i>Процессы в рудеральных сообществах, вырубках</i>					
46.	Заращение древесно-кустарниковой растительностью	Р/ДРК+	Вторичная сукцессия	87,3	0,4
47.	Восстановительные сукцессии на залежах	Р/В+	Вторичная сукцессия	4,3	<0,1
<i>Процессы на нарушенных торфяниках</i>					
48.	Внедрение тростника	ДТ/Тр+	Вторичная сукцессия	153,5	0,7

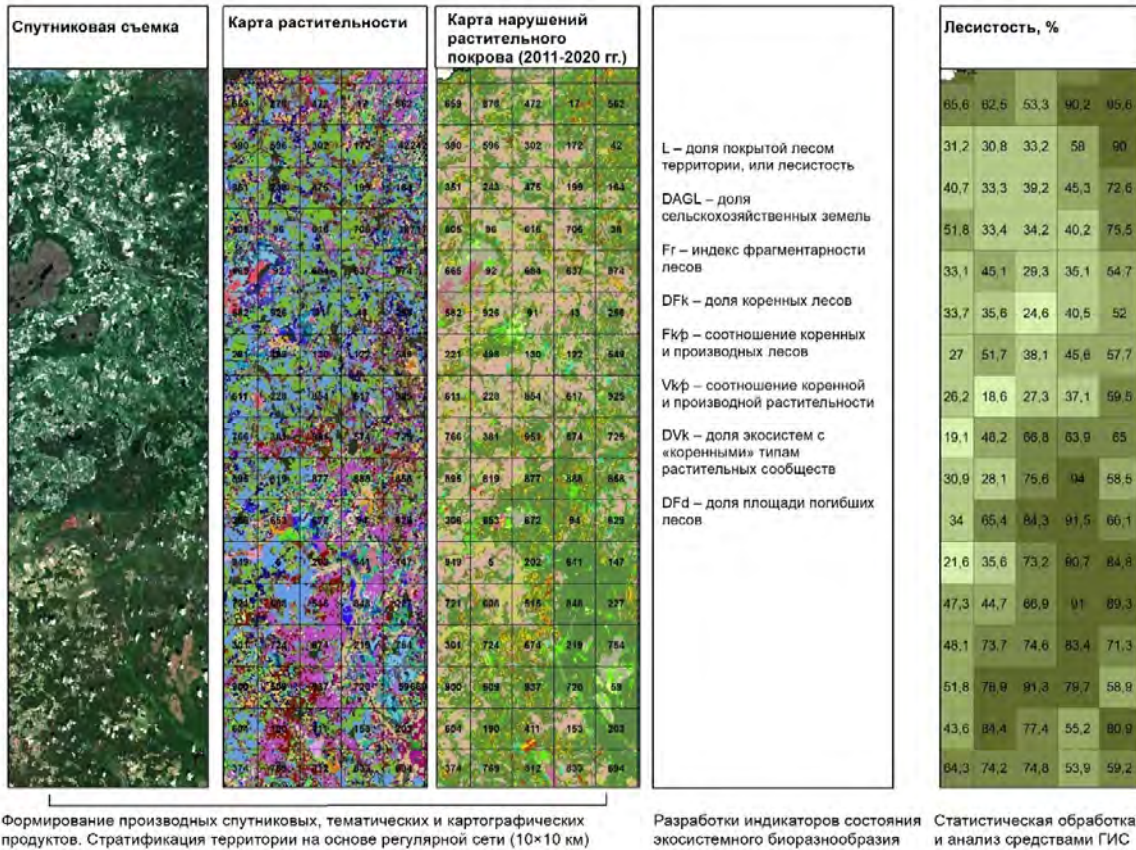


Рис. 23. Схема исследований по оценке состояния экосистемного биоразнообразия на региональном уровне

Fig. 23. Scheme of research to assess the ecosystem biodiversity state at the regional level

Таблица 12. Статистические показатели состояния растительного покрова северной геоботанической подзоны Беларуси

Table 12. Statistical indicators of the biodiversity state in the northern geobotanical subzone of Belarus

Статистические показатели	Индикаторы состояния биоразнообразия наземных экосистем*					
	L	D _{AGL}	Fr	F _{kp}	V _{kp}	D _{FD}
Модельная территория в целом (n=810)						
M	49,1	37,6	0,82	3,5	1,0	5,4
±m	0,8	0,7	0,03	0,2	0,1	0,2
Me	47,3	38,0	0,61	2,2	0,6	4,3
σ	21,7	20,3	0,8	4,4	1,3	4,4
Особо охраняемые природные территории в границах модельной территории (n=47)						
M	63,1	22,8	0,43	3,9	1,7	2,4
±m	2,7	1,6	0,06	0,5	0,2	0,5
Me	65,6	21,5	0,31	2,9	1,2	0,8
σ	18,8	18,4	0,38	3,1	1,6	3,4

*Условные обозначения см. рис. 23

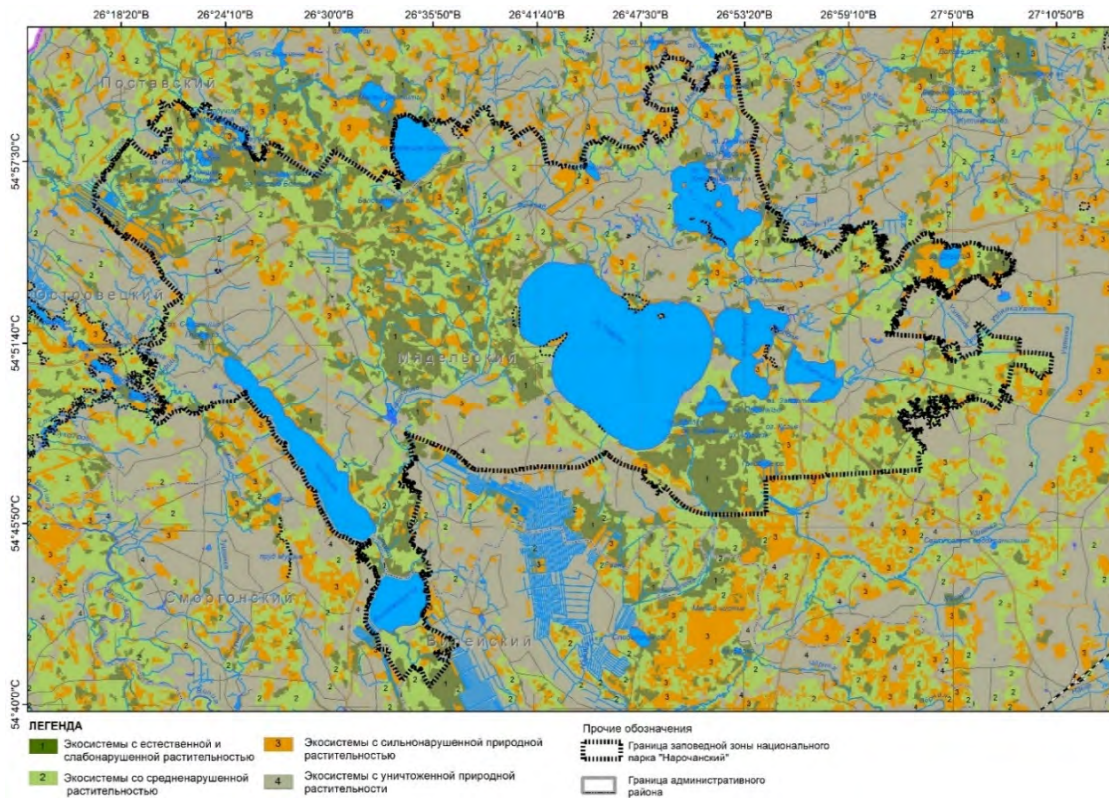


Рис. 24. Фрагмент карты состояния растительного покрова модельных территорий северной геоботанической подзоны Беларуси

Fig. 24. Vegetation cover state map of the model territories in northern geobotanical subzone of Belarus (fragment)

ние экологических режимов в наших исследованиях осуществлялось по 2 направлениям с использованием: а) интерполяционных расчетов; б) геоботанической карты. На основе фитоиндикационных данных составлены и проанализированы карты экологических режимов модельных территорий [91].

Оценка экологического и ресурсного потенциала растительного покрова. С использованием ДДЗ и наземного обследования ресурсов ключевых (фитоценологически и экономически значимых) видов растений разработана оригинальная методика картирования урожайности и запаса растительных ресурсов. Методика состоит из 4 основных этапов (рис. 25). На основе исследований проведен учет урожайности и запаса некоторых экономически востребованных видов (дикорастущие ягоды, лекарственное сырье), а также составлены комплексные карты приоритетных мест заготовки растительного сырья [92–95].

Разработаны методические подходы к оценке экологического потенциала растительности, связанного с современными представлениями о многофункциональной средообразующей роли растительных сообществ в природных комплексах. В картографическом исполнении эта задача

решается путем создания карты приоритетных функций. Создается на основе универсальной типологической карты растительности. Геоботаническое содержание выделов карты сопоставляется с физико-географическими факторами, средозащитными, ресурсными свойствами, степенью их нарушенности. В ходе исследований составлены специализированные тематические карты для модельных территорий (национальный парк «Нарочанский» и республиканский заказник «Ельня»), отражающие широкий спектр экологических функций (газорегуляторная, водоохранная, фильтрующая, биоресурсная, торфоформирующая и др.) [74].

На основе картографического подхода и разработанной оригинальной методики проведена оценка природного рекреационного потенциала лесного фонда Беларуси. Дана оценка высокой степени детализации: средневзвешенные значения, характеризующие природный рекреационный потенциал, рассчитывались для каждого лесного выдела, квартала, а также для всей иерархической системы субъектов лесопользования: лесничество, лесохозяйственное (лесхоз) или природоохранное учреждение (заповедник, национальные парки), государственные производственные лесохозяйственные объединения.

С использованием данных дистанционного зондирования предложены методические подходы к оценке эмиссий парниковых газов нарушенных торфяников на основе методики GEST. (тип местности с определенной эмиссией парниковых газов (ПГ) – Greenhouse Gas Emission Site Type). В результате исследований, установлено, что в настоящее время объем эмиссий ПГ с нарушенных торфяников Беларуси составляет 2223,4 тыс. т CO_2 -экв. год⁻¹). В базовом сценарии (без восстановления) к 2050 году объем выбросов ПГ составит 2467 тыс. т CO_2 -экв. год⁻¹, при экологической реабилитации – 1833,1 тыс. т CO_2 -экв. год⁻¹. На основании прогноза проведено ранжирование нарушенных торфяников по степени прогнозируемого эффекта для сокращения объема эмиссий парниковых газов.

На основе пространственного анализа разработан методический подход стоимостной оценки биологического разнообразия и экосистемных услуг особо охраняемых и хозяйственно используемых территорий. На примере модельной территории (республиканский заказник «Ольманские болота») рассчитана стоимостная оценка природного комплекса (рис. 26). Показано, что общая стоимость услуг природных экосистем на

момент исследований составляла 23 572 195 USD/год. Вклад лесов в балансовую стоимость экосистемных услуг составляет 13,3%, водных – 12,5%, болот (включая болотные леса) – 74,2%. Стоимость урожая ягод клюквы составляла в среднем 1 327,0 тыс. USD/год. [75, 96].

3. Прогнозное картографирование для решения эколого-биологических проблем. Разработаны научно-методические основы и составлены прогностические карты 3 типов (временные, факторные, комплексные).

Временной прогноз пространственной структуры и динамики растительного покрова составлен для национального парка «Беловежская пуша». В прогнозной структуре потенциального растительного покрова модельной территории выделено 20 вариантов коренных ядерных ассоциаций (лесных – 17, кустарниковых – 1, болотных 2). Основные направления формирования потенциальной растительности модельной территории являются: развитие лесной растительности (+23,6 тыс. га или +15,8% общей площади ООПТ) за счет зарастания ранее нелесных территорий (поймы рек, открытые нелесные болота, бывшие сельскохозяйственные земли и производные суходольные луга) (рис. 27, 28).

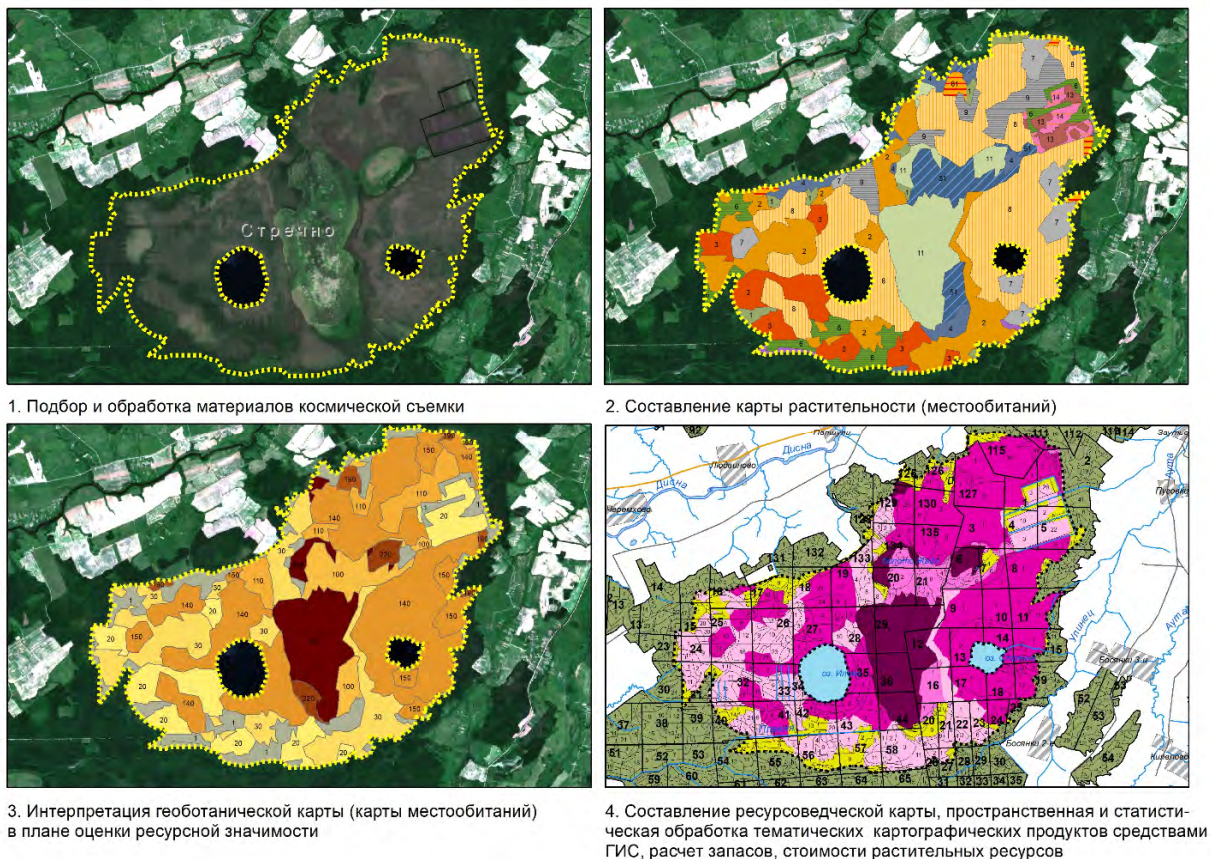


Рис. 25. Этапы создания ресурсоведческих карт с использованием данных дистанционного зондирования

Fig. 25. Stages of resource maps creating using remote sensing data

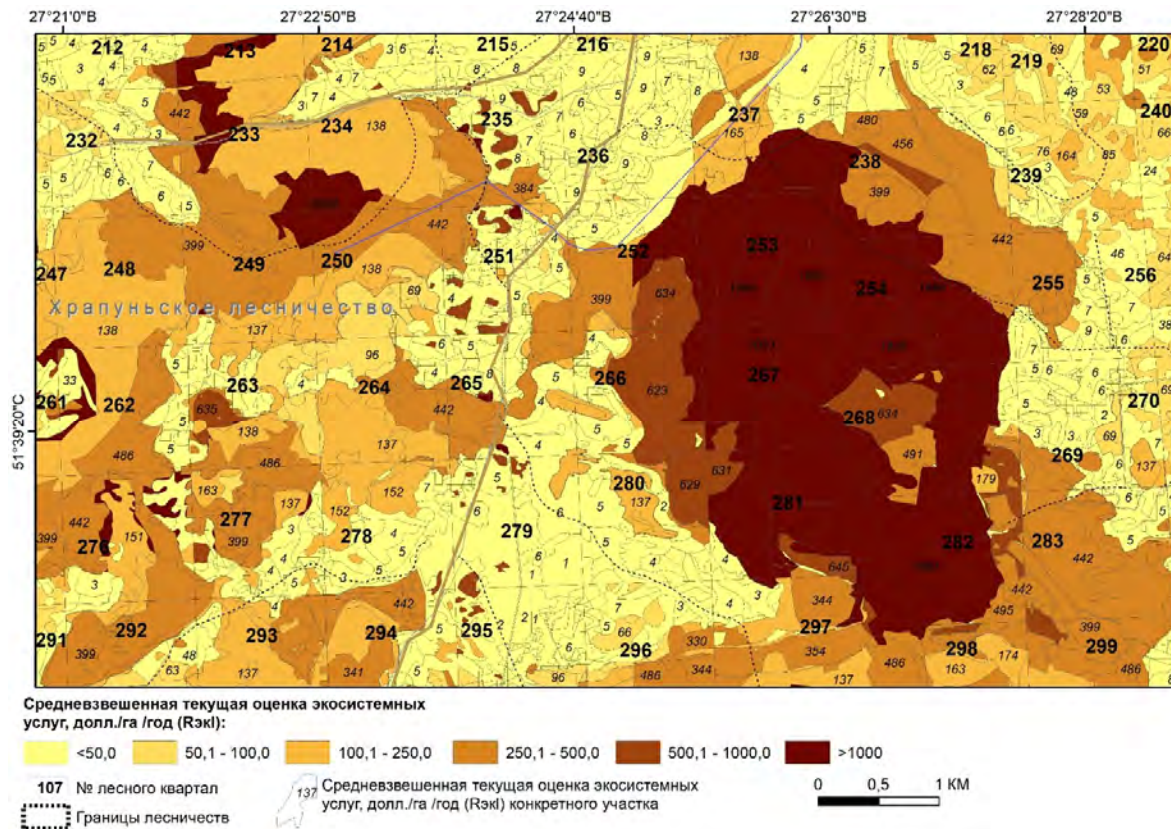


Рис. 26. Фрагмент итоговой карты текущей оценки экосистемных услуг республиканского заказника «Ольманские болота»

Fig. 26. Final map of the ecosystem services current assessment Olmany Mires Republican Nature Reserve (fragment)

Особое внимание в исследованиях уделяли вопросам факторного прогнозирования, прежде всего потенциала возникновения лесных и торфяных пожаров. Разработана методика скрининга пожароопасности, которая включает полную «технологическую цепочку» от получения космического снимка до создания специализированных тематических карт пожарной устойчивости. Проведено противопожарное зонирование торфяного фонда Беларуси (рис. 29), которое показало, что распределение площадей по потенциалу возникновения пожаров следующее: I класс (наименее устойчивые) – 3,0%; II (неустойчивые) – 5,9%; III (среднеустойчивые) – 21,4%; IV (устойчивые) – 38,0%; V (наиболее устойчивые) – 31,7% [87, 97, 98].

Для ряда экологически опасных территорий (зона аварии на ЧАЭС, район размещения БелаЭС и др.) выполнена комплексная оценка и произведено картографирование горючих растительных материалов (рис. 30).

Разработаны методические подходы к прогнозированию распространения чужеродных видов растений. На примере территории Полесского радиационно-экологического заповедника показано, что потенциальные коридоры проникновения ин-

вазионных и синантропных видов занимают площадь 62,4 тыс. га (28,5% площади ППРЭЗ). Естественные барьеры для наземных видов (воды, леса с сформированным древесным пологом, водно-болотные угодья) занимают площадь 145 тыс. га (66,4%).

Составлен комплексный прогноз динамики биоразнообразия растительного покрова болот Беларуси в связи с изменением климата. Прогнозируется: а) сокращение площадей болот, наиболее зависимых от климата, – открытых (нелесных) таежных верховых болот, пойменных болот; б) уменьшение биотопического (экосистемного) разнообразия болот и упрощение их внутренней пространственной структуры; изменение их флористического состава. Согласно прогнозной оценке к 2050 г. доля стабильных открытых болот в стране будет составлять около 5% от общей площади, а болотные леса и кустарниковые заросли будут абсолютно доминировать в спектре фитоценологического и экосистемного разнообразия болот – 80,0% [98].

Важнейшим направлением в наших исследованиях являлись вопросы геопространственного моделирования – вероятностные оценки пространственного распространения ключевых для

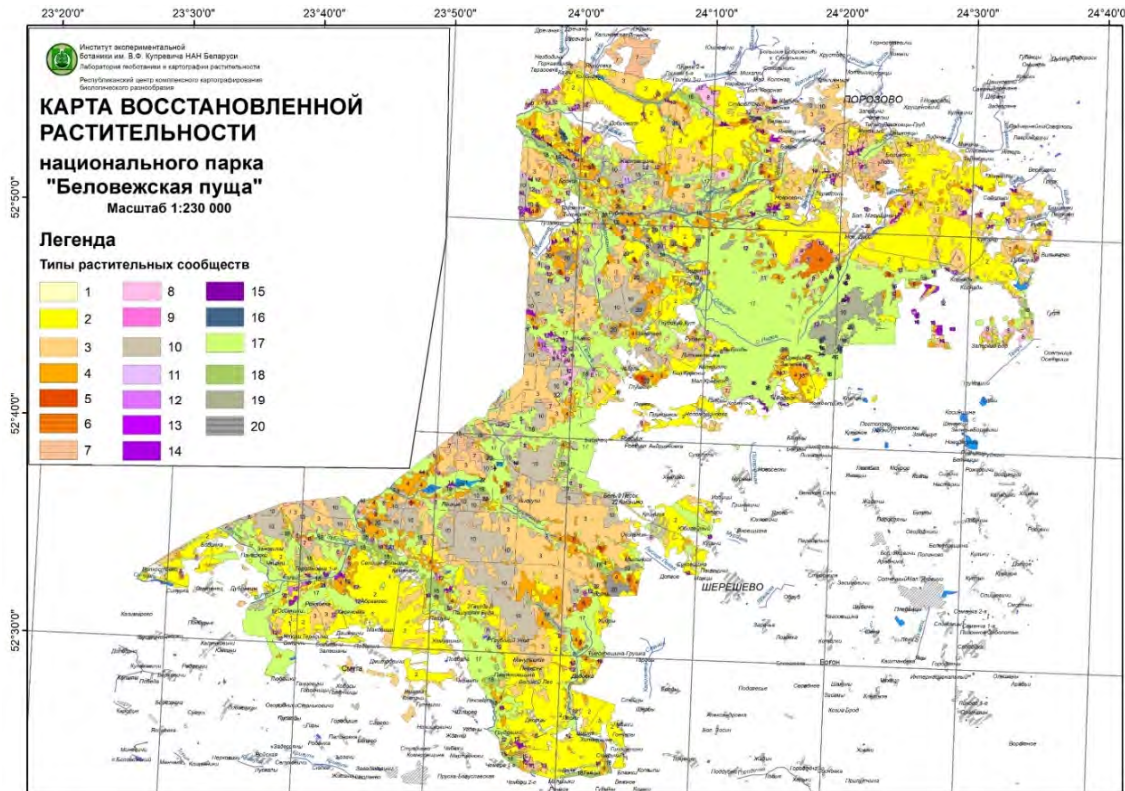


Рис. 27. Карта восстановленной растительности национального парка «Беловежская пушча» (по состоянию на 1920 г.)

Fig. 27. Restored vegetation map National Park "Belovezhskaya Pushcha" (as of 1920)

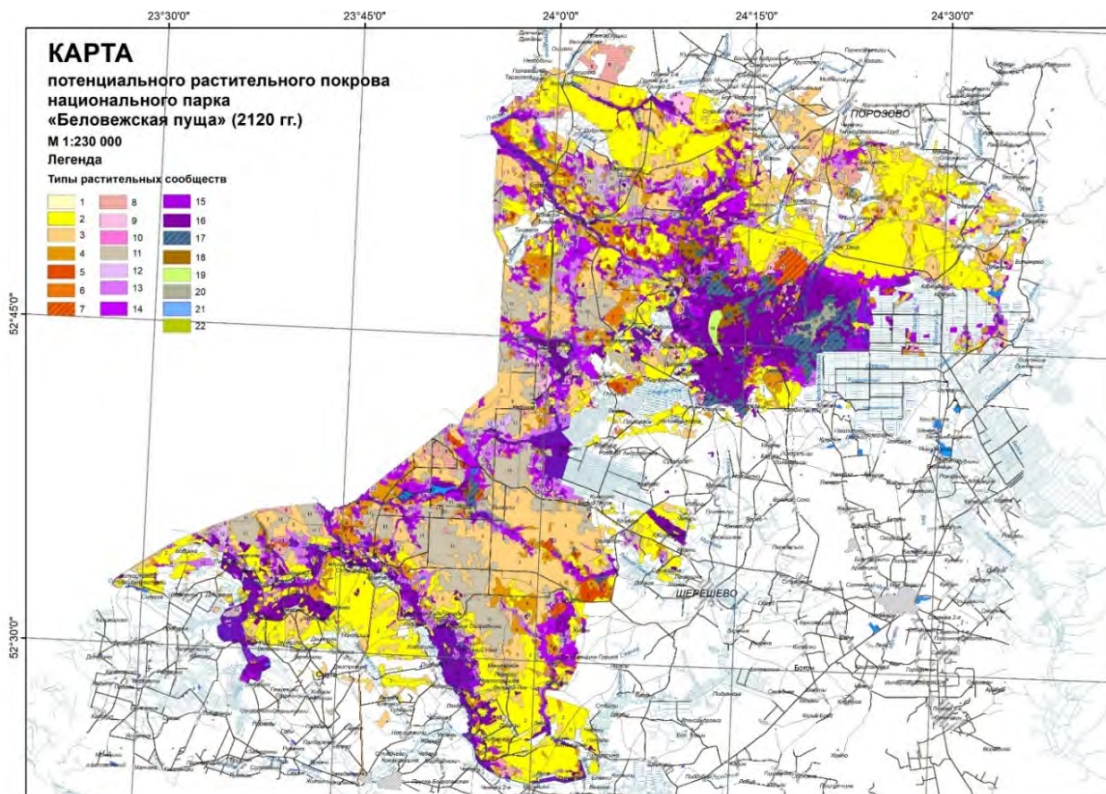


Рис. 28. Карта потенциальной растительности национального парка «Беловежская пушча» (прогноз на 2120 г.)

Fig. 28. Potential vegetation map National Park "Belovezhskaya Pushcha" (forecast for 2120)

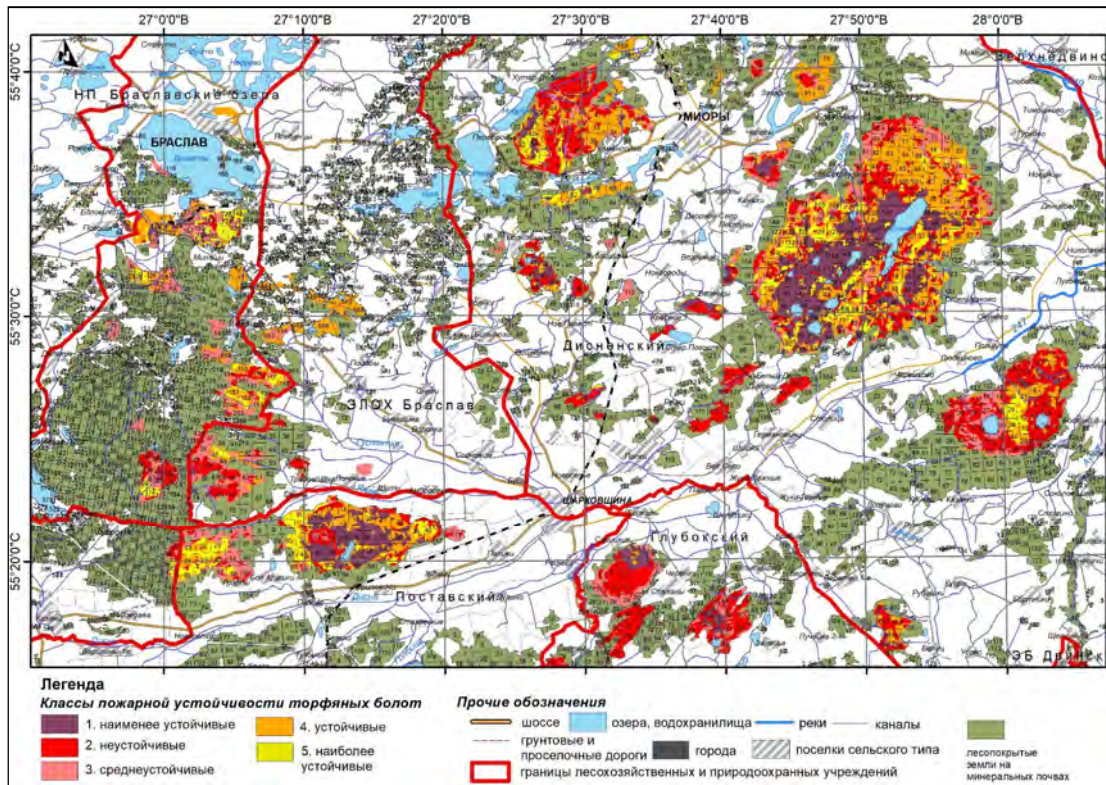


Рис. 29. Фрагмент карты оценки пожароопасности торфяников Беларуси

Fig. 29. Hazard assessment fire map for peatlands in Belarus (fragment)

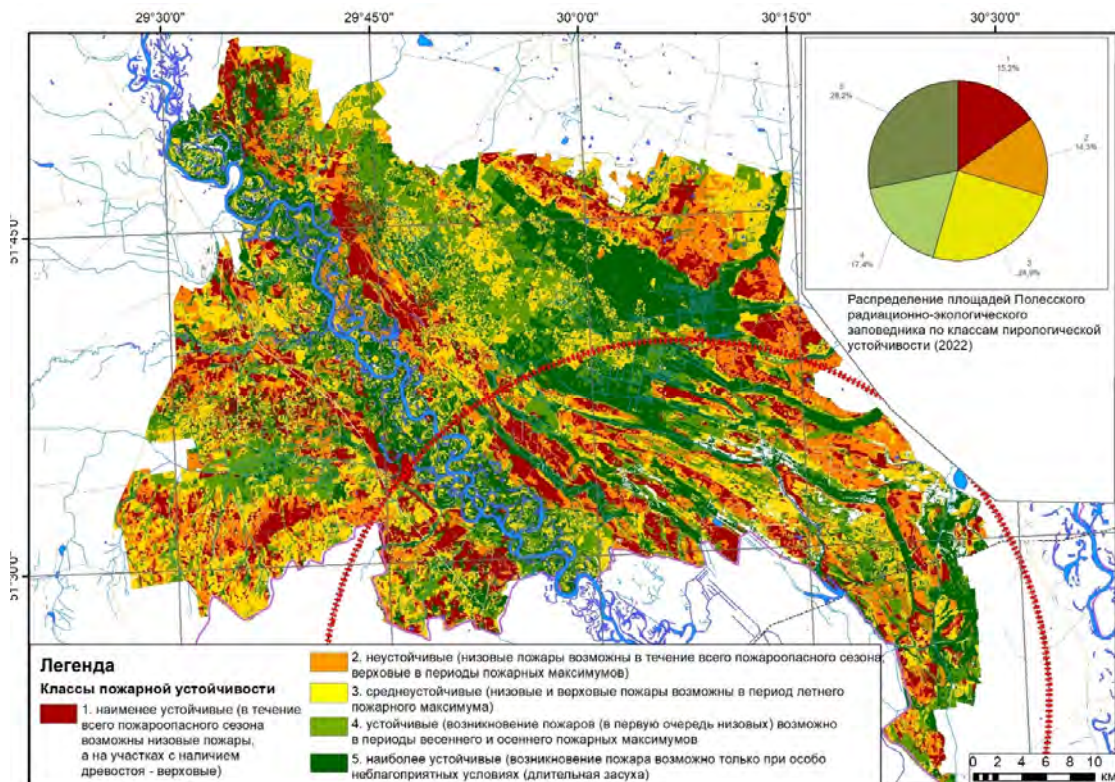


Рис. 30. Прогнозирование пожарного риска в природных экосистемах с использованием пирологической устойчивости растительных материалов (на примере Полесского радиационно-экологического заповедника)

Fig. 30. Fire risk guessing in natural ecosystems using the plant materials pyrological resistance (case study the Polesie Radiation-Ecological Reserve)

сохранения биоразнообразия местообитаний на основе комбинации данных наземных обследований, серии спутниковых изображений и почвенных характеристик местности, включая определение оптимального состава исходных индикаторов (признаков) и степени надежности получаемых результатов. Итоговая точность полученных вероятностных оценок распространения ключевых биотопов для тестовой территории – национальный парк «Нарочанский» – составила в среднем 84%, что характеризует ее как достаточно надежную. Общая площадь, занимаемая ключевыми биотопами, составила 23,8 тыс. га, или 4,2% от площади исследуемой территории [99].

На основе наземно-дистанционных данных разработана методика вероятностной оценки выявления мест произрастания редких видов [100]. Результаты полевой верификации модели, показали ее адекватность для прогнозирования обнаружения тестовых объектов. В зависимости от вида вероятность обнаружения в приоритетных местообитаниях составила от 88,5% до 100%.

4. Научные и методические основы природоохранного картографирования. Исследования для обеспечения природоохранной деятельности обобщают всю имеющуюся инвентаризационную, оценочную и прогнозную информацию по растительности и являются завершающим этапом целевых картографических работ.

На основе синтеза тематических карт для модельных территорий (национальные парки «Нарочанский», «Беловежская пушча») проведена идентификация ключевых (важных для сохранения биоразнообразия) местообитаний для целей организации территориальной системы охраны и разработки научно-обоснованного подхода к функциональному зонированию модельных ООПТ.

Работа состояла из 2 этапов: «инвентаризационного» и «синтетического» [72].

Первый этап «Инвентаризационный» предусматривал составление крупномасштабных (М 1: 100 000) аналитических карт, отражающих современное состояние и функции элементов биологического разнообразия модельных территорий (рис. 31).

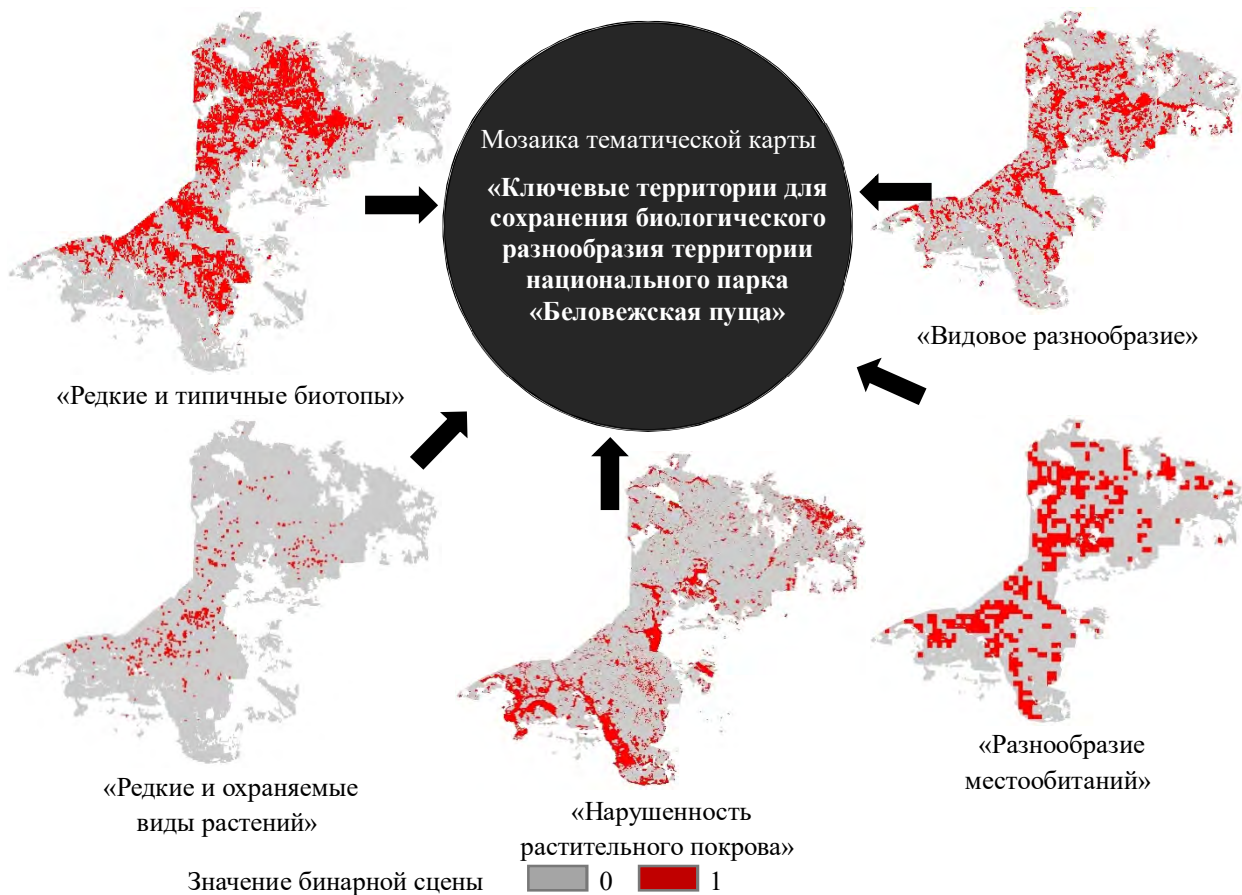


Рис. 31. Схема формирования мозаики синтетической карты местообитаний, важных для сохранения биологического разнообразия национального парка «Беловежская пушча»

Fig. 31. Mosaic formation scheme of synthetic map habitats important of biological diversity conservation of the Belovezhskaya Pushcha National Park

Второй этап «Синтетический» предусматривал интеграцию поэлементных тематических карт в итоговую комплексную карту. Для этих целей: а) были получены бинарные сцены, отражающих наличие или отсутствие признака (табл. 13); б) векторные тематические карты конвертировали в растр (см. рис. 31).

Затем из бинарных сцен формировалась единая мозаика (рис. 32) по следующей формуле (условные обозначения см. в табл. 10):

$$I = BioD * Tr \quad (1), \quad (2)$$

$$\text{где } BioD = \Sigma(50\% * RB) + (30\% * RS) + (10\% * \alpha) + (10\% * \beta)$$

Таблица 13. Значение в бинарных сценах, используемых для построения синтетической карты значимости территории для сохранения биологического разнообразия

Table 13. Value in binary scenes used to construct an area significance for biodiversity conservation synthetic map

Тематическая карта	Код признака	Признак	Значение бинарной сцены
Редкие и типичные биотопы	RB	присутствуют отсутствует	1 0
Редкие и охраняемые виды растений и животных	RS	присутствуют отсутствует	1 0
Видовое разнообразие растительного покрова (количество видов на единицу площади)	α	высокое (≥ 35 видов / 100 м ²)	1
		низкое и среднее (<35 видов / 100 м ²)	0
Разнообразие местообитаний	β	высокое (≥ 15 типов местообитаний / 1 км ²)	1
		низкое и среднее (<15 типов местообитаний / 1 км ²)	0
Нарушенность растительного покрова	Tr	слабо- и средненарушенная растительность	1
		сильнонарушенная и полностью уничтоженная природная растительность	0

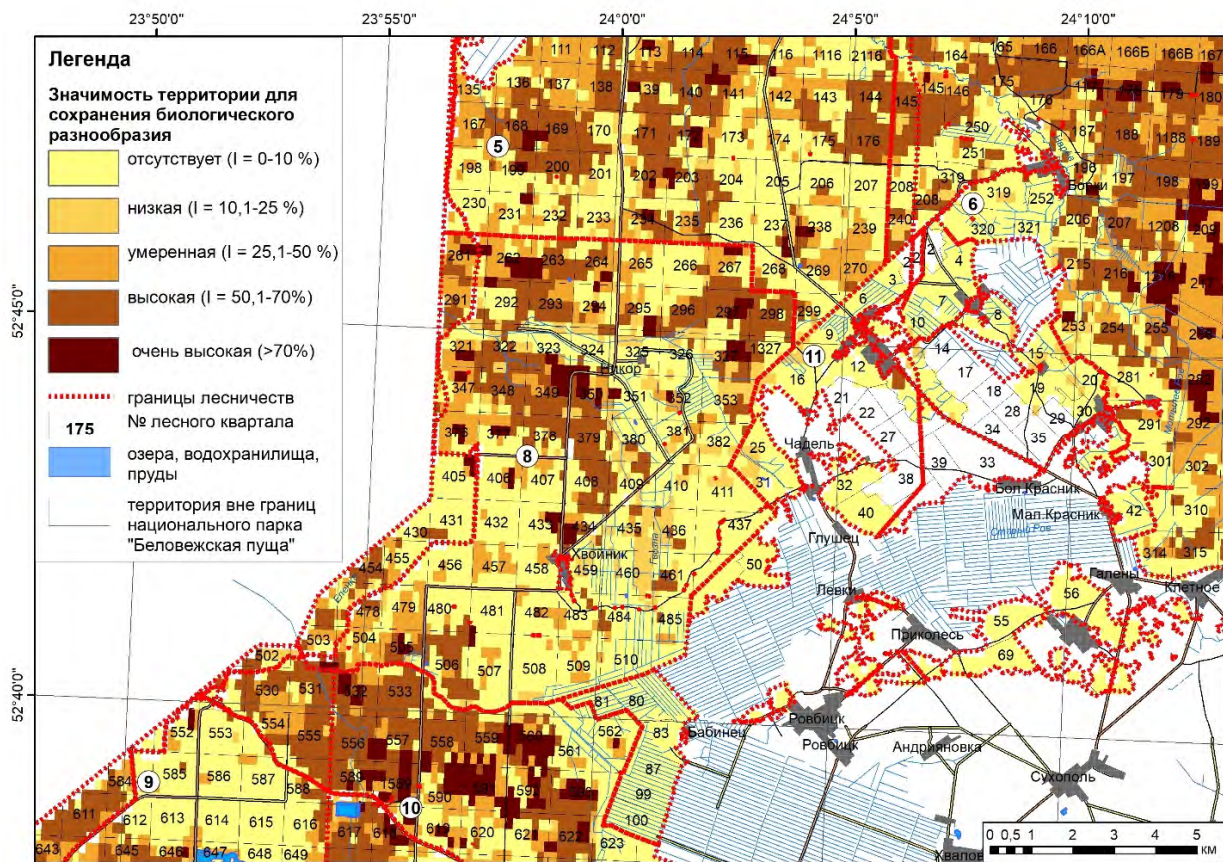


Рис. 32. Фрагмент карты значимости территории для сохранения биологического разнообразия национального парка «Беловежская пушча»

Fig. 32. Significance maps for the biological diversity conservation of the Belovezhskaya Pushcha National Park territory (fragment)

На заключительном этапе проводилась стратификация модельных территории по уровню значимости для сохранения биологического разнообразия. Для этих целей модельные территории ООПТ разбивалась на сеть с размером ячейки 1×1 км и рассчитывалось средневзвешенное значение комплексного показателя (рис. 33). С использованием интегральной карты нами разработан перспективный вариант оптимизации функционального зонирования национальных парков «Беловежская пушча», «Нарочанский».

Для национального парка «Нарочанский» результаты исследований показали, что наиболее ценные территории для сохранения биологического разнообразия территориально приурочены к южному, центральному и северо-западному секторам национального парка. В разрезе функциональных зон показатель значимости территории для сохранения составил: заповедная зона 33,1%, зона регулируемого использования – 15,5%, рекреационная зона – 8,7%, хозяйственная зона 1,1%, охранная зона – 2,8%.

На территории национального парка «Беловежская пушча» приоритетные места для сохранения биологического разнообразия территориально приурочены к южному, центральному и восточному секторам. В разрезе функциональных зон показатель значимости территории для сохра-

нения составил: заповедная зона 36,0%, зона регулируемого использования – 20,5%; рекреационная зона – 8,0%, хозяйственная зона – 4,4%, охранная зона – 2,8%, ЛОХ «Шерешевское» – 6,7%.

При выделении приоритетных площадей, подлежащих особой охране в пределах биосферного резервата «Припятское Полесье», в качестве индикаторов использованы данные о пространственном распределении охраняемых биотопов. Как показали результаты исследований (рис. 34) именно охраняемые местообитания являются надежными индикаторами экологического потенциала территории: для модельных территорий в зонах с высокими уровнями значимости количество выявленных локалитетов видов растений и животных, включенных в Красную книгу Республики Беларусь (2015) составило 71–75% от общего количества выявленных.

Оценка природоохранной значимости территории региона Припятского Полесья позволила разработать стратегию развития системы ООПТ. Реализация мероприятий в границах района исследования позволит увеличить: а) площадь особо охраняемых природных территорий на 21,7 тыс. га (с 250,8 тыс. га в 2020 до 272,5 тыс. га); в) долю обеспеченности охраной редких и типичных биотопов (соответствующих критериям ТКП 17.12-06-2021) на 6,8% (с 82,3% до 89,1%).

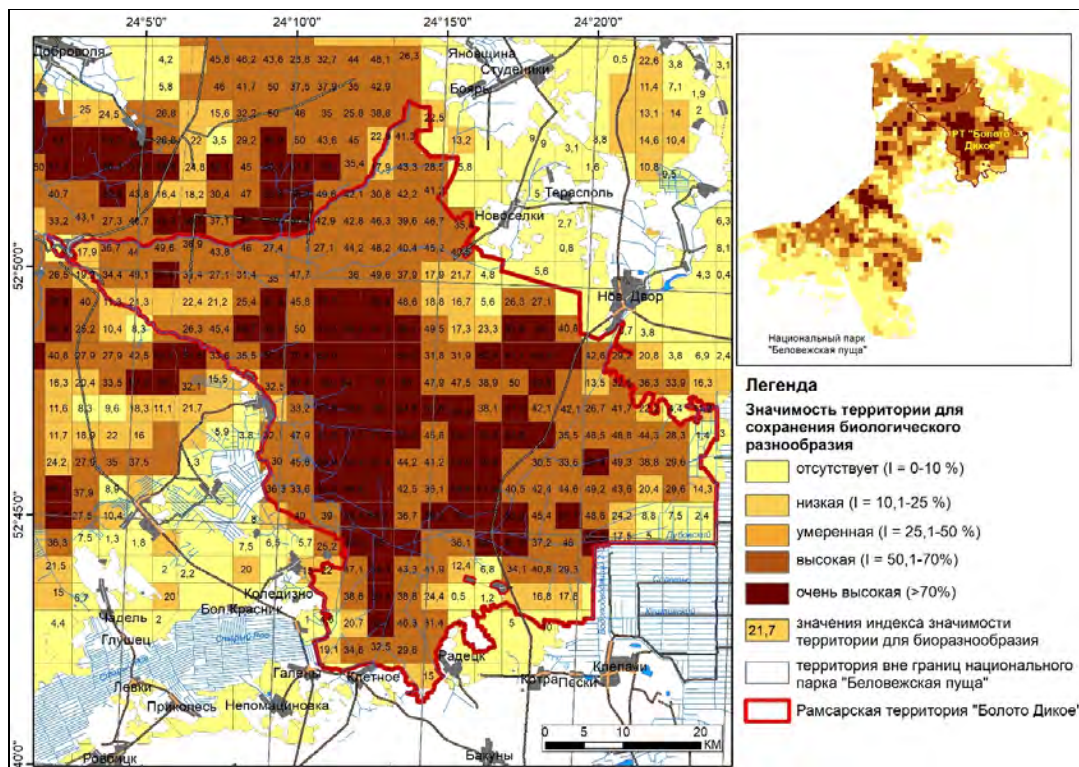


Рис. 33. Фрагмент карты стратификации территории национального парка «Беловежская пушча» по уровню значимости (I) для сохранения биологического разнообразия

Fig. 33. The stratification map of the Belovezhskaya Pushcha National Park territory by level of significance (I) for the biological diversity conservation (fragment)

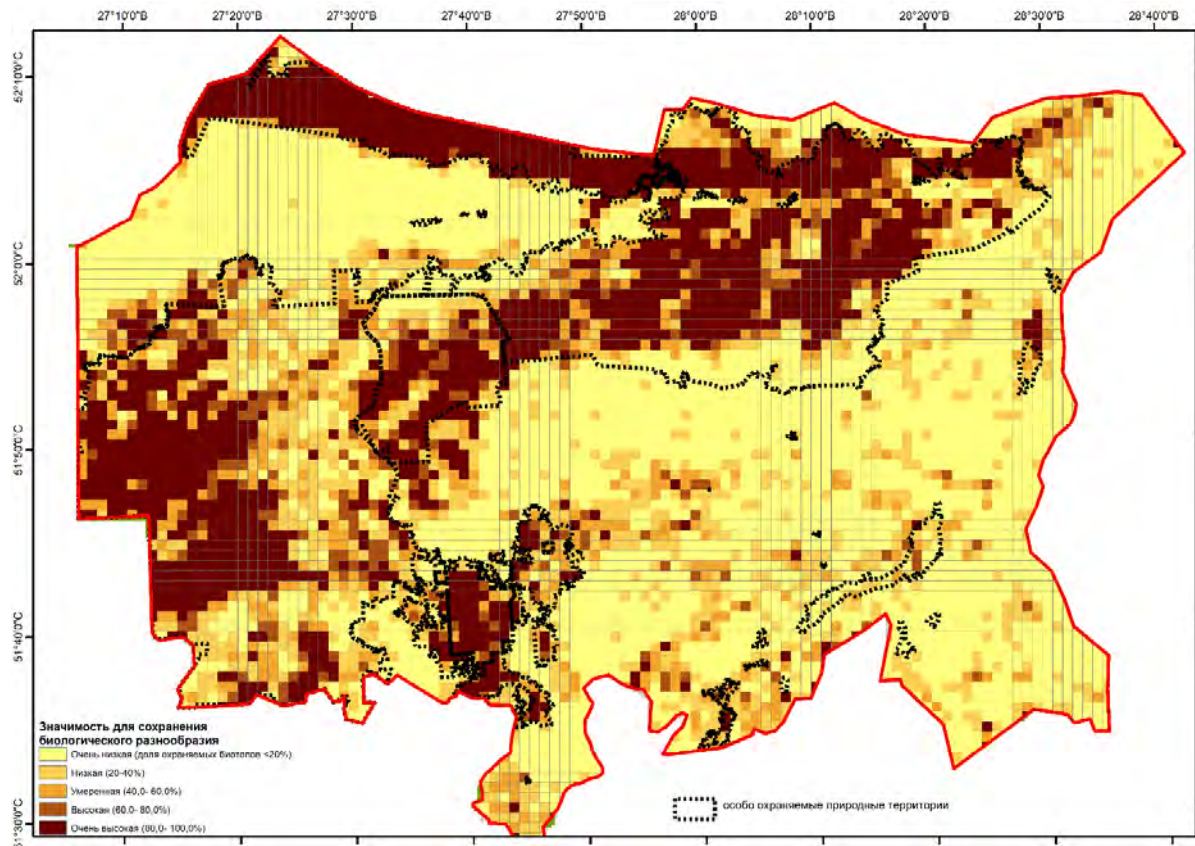


Рис. 34. Стратификация территории Припятского Полесья по значимости для сохранения биологического разнообразия

Fig. 34. Pripjat Polesie territory stratification by the importance for biological diversity conservation

Комплексный анализ проведен для разработки стратегии развития национальной системы ООПТ. Реализация природоохранных инициатив позволит создать до 2035 г. 34 новых ООПТ, в т.ч. 25 заказников местного значения и 9 – заказников республиканского значения на общей площади 309,97 тыс. га или 0,86% территории Беларуси [101].

Разработаны научно-методические подходы по картографическому обеспечению планов управления ООПТ. На основе таких работ для модельных территорий оцениваются экологические эффекты и экономические затраты для запланированных хозяйственных и природоохранных мероприятий [75].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. Пространственное изучение растительного покрова характеризуется системностью и прикладной направленностью. Каждый этап геоботанического картографирования (инвентаризационного или специального – оценочного, прогнозного, территориально-планировочного) имеет свою научно-методическую основу, но они взаимосвязаны, делая эколого-биологические исследования системными и обеспечивают получение разнообразной объективной информацией о составе, структуре и динамике растительности и биоты в целом. Разработанная концепция, научно-методические принципы изучения растительности открывает перспективы для успешного решения задачи по изучению ботанико-гео-

графических и зональных особенностей растительного покрова Беларуси, разработке стратегий устойчивого природопользования, развития системы дистанционного мониторинга биоты.

2. Созданы региональные геоботанические карты, отражающие фитоценотические, динамические и эколого-географические особенности, этапы становления растительного покрова.

При этом были решены следующие фундаментальные и прикладные задачи:

- разработаны научно-методические основы составления цифровых карт растительности с использованием ДДЗ и ГИС-технологий;

- разработаны принципы иерархической системы классификации растительности модельных территорий с учетом естественных и антропогенных изменений;

– составлены актуальные крупномасштабные (М 1:60 000 – 1:100 000) карты растительности районов исследований, общей площадью 54,4% территории страны, в т.ч. болот Беларуси, северной (дубово-темнохвойных лесов) геоботанической подзоны, карты национальных парков «Нарочанский», «Беловежская пуща», Березинского биосферного заповедника, биосферного резервата «Припятское Полесье»;

– выполнен количественный и качественный анализ биоразнообразия (видовое, ценогическое, экосистемное) модельных территорий в разрезе опорных единиц: регулярная сеть; единиц геоботанического районирования; подразделений ландшафтной структуры; функционального зонирования ООПТ;

3. Разработаны принципы и методы прикладного картографирования биоразнообразия растительного покрова. В основе составления тематических серий специального содержания (оценочного, прогнозного, территориально-планировочного) положены универсальные геоботанические карты, построенные на динамических принципах анализа ценогической структур современного растительного покрова. Это обеспечивает системность и достоверность эколого-биологических исследований и повышает практическую значимость рекомендации по охране и рациональному использованию биоразнообразия растительного покрова и биоты в целом.

4. В ходе оценочно-картографических исследований были изучены вопросы оценки состояния и динамики растительного покрова. В ходе этих работ были составлены и проанализированы разномасштабные динамические карты на основе:

– архива снимков серии LANDSAT (1985–2020 гг.): а) динамики лесного покрова Беларуси; б) динамики пахотных земель Беларуси; в) динамики растительности болот Беларуси; г) карты динамики земель (на примере северной геоботанической подзоны Беларуси);

– выделения: а) стадий эколого-динамического состояния растительного покрова (коренных, условно-коренных, коротко- и длительно-производных и серийных сообществ), отражающих скорость восстановления коренной или потенциальной растительности; б) серийных и трансформационных рядов по отношению к коренным ядерным ассоциациям;

– картографирования сукцессий растительности методами: а) контролируемой классификация разновременных спутниковых снимков; б) анализа средствами ГИС разновременных геоботанических карт; в) определение параметров трендов на основе разногодичных значений вегетационного индекса NDVI.

Вопросы состояния (нарушенности) состава и структуры растительности модельных территории изучали с использованием:

– ключевых индикаторов (лесистость, доля сельскохозяйственных земель, индекс фрагментарности лесов, соотношение площадей коренных и производных лесов, соотношение площадей коренной и производной растительности) в разрезе регулярных территориальных единиц (ячейки размером 1–10 км²);

– стадий нарушенности (деградации) по критериям отклонения состава и структуры растительных сообществ от естественного их состояния или от выбранного состояния на определенный момент времени.

Для выявления взаимоотношения растительных сообществ с факторами природной среды (включая антропогенное воздействие)

– обосновано направление фитоиндикационного картографирования на основе метода стандартных экологических шкал;

– разработаны оригинальные методики для идентификации в оперативном режиме на основе ДДЗ и ГИС-технологий широкого спектра угроз биологического разнообразия: пожары, рубки леса, изменение гидрологического режима, зарастание открытых болот и лугов древесно-кустарниковой растительностью, нецелевое использование земель, нарушения правового режима ООПТ и других особо защитных территорий, рекреационная нагрузка, техногенное загрязнение и др.

5. На основе разработанных научно-методических принципах составлены и проанализированы карты, отражающие экологический и ресурсный потенциал растительного покрова, включая карты ресурсов растительного мира (урожайность, биологический и эксплуатационный запас) ключевых (фитоценогически и экономически значимых) видов растений; экологических функций (показывают выполнение приоритетных функций (газорегуляторная, водоохранная, фильтрующая, биоресурсная, торфоформирующая и др.) растительного покрова; рекреационного потенциала лесного фонда Беларуси; потенциала эмиссий парниковых газов на торфяных болотах; стоимостную оценку биоразнообразия и экосистемных услуг.

6. Прогнозное картографирование является ключевым звеном системного геоботанического картографирования. Разработана научно-методическая основа построения 3 типов прогностических карт: *временные* (составляются для потенциальной растительности, которая будет развиваться в конкретных условиях при определённом виде воздействия в пределах ограниченного периода времени), *факторные* (время, место и спо-

соб возникновения внешних факторов), *комплексные* (на основе синтеза временных и факторных моделей). На основе геопространственного моделирования разработаны прогнозные модели для выявления локализации ключевых биотопов, мест произрастаний редких и охраняемых видов растений, выделения перспективных природоохранных объектов, функционального зонирования ООПТ.

7. Территориально-планировочное картографирование обобщает всю имеющуюся инвентаризационную, оценочную и прогнозную информацию по растительности и являются завершающим этапом целевых картографических работ. Территориально-планировочные карты имеют существенное значение для решения многих эколого-биологических проблем охраны и использования растительности Беларуси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов, А. В. Картографическое изучение биоты / А. В. Белов, В. Ф. Лямкин, Л. П. Соколова. – Иркутск: Облмашинформ, 2002. – 160 с.
2. Faliński J. B. Kartografia geobotaniczna. T.3. Zagadnienia ogólne // Kartografia florystyczna i fitogeograficzna. – Warszawa-Wrocław: PPWK, 1990. – 355 s.
3. Pedrotti, F. Cartografia geobotanica / F. Pedrotti. – Bologna: Pitagora, 2004. – 236 p.
4. Юрковская, Т. К. Растительность в географическом пространстве / Т. К. Юрковская // Актуальные проблемы геоботаники: сборник статей и лекций IV Всероссийской школы-конференции. –Уфа: Издательский центр «Медиа-Принт», 2012 – 620 с.
5. Спутниковое картографирование растительного покрова России / С. А. Барталев [и др.]. – М.: ИКИ РАН, 2016. – 208 с.
6. Белов, А. В. Картографирование растительности и эколого-географические проблемы юга Восточной Сибири : дис. ... д-ра геогр. наук : 25.00.23 / А. В. Белов; Рос. акад. наук, Ин-т географии. – Иркутск, 2003. – 395 с.
7. Голод, Д. С. Геоботанические карты Белорусской ССР и их использование в практике народного хозяйства / Д. С. Голод // Геоботаническое картографирование. – Л.: Наука, 1983. – С. 46–50.
8. Котлов, И. П. Пространственная структура лесного покрова Московской области (оценка на основе количественных метрик фрагментации) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 1.5.15 / И. П. Котлов ; Рос. акад. наук, Ин-т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова. – М., 2023. – 25 с.
9. Сочава, В. Б. Растительный покров на тематических картах / В. Б. Сочава. – Новосибирск: Наука, 1979. – 189 с.
10. Грибова, С. А. Картирование растительности в съемочных масштабах / С. А. Грибова, Т. И. Исаченко // Полевая геоботаника. – Т. IV. – Л., 1972. – С. 137–334.
11. Огуреева, Г. Н. Экологическое картографирование / Г. Н. Огуреева, Т. В. Котова, Л. Г. Емельянова / М.: Геофак МГУ, 2010. – 160 с.
12. Атлас особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга / Отв. ред. В. Н. Храмцов, Т. В. Ковалева, Н. Ю. Нацваладзе. – СПб., 2013. – 176 с.
13. Холод, С. С. Карта растительности государственного природного заповедника «Остров Врангеля» (Пояснительный текст и легенда к карте) / С. С. Холод. – СПб. : Астерион, 2015. – 56 с.
14. География и мониторинг биоразнообразия / колл. авторов. – М.: Из-во науч. и уч.-метод. центра, 2002. – 432 с.
15. Оценка биоразнообразия Центрального федерального округа по спутниковой карте наземных экосистем / Д. В. Ершов [и др.] // Лесоведение. – 2015. – № 6. – С. 403–416.
16. Сочава В. Б. Вопросы классификации растительности, типологии физико-географических фаций и биогеоценозов / В. Б. Сочава // Вопросы классификации растительности. – Свердловск, 1961. – С. 5–22.
17. Сочава В. Б. Вопросы картографирования в геоботанике / В. Б. Сочава // Принципы и методы геоботанического картографирования. – М.-Л., 1962. – С. 5–27.
18. Сочава В. Б. Классификация растительности как иерархия динамических систем / В. Б. Сочава // Геоботаническое картографирование, – Л., 1972. – С. 3–18.
19. Александрова, В. Д. Классификация растительности / В. Д. Александрова. Л. : Наука, 1969. – 275 с.
20. Грибова, С. А. Принципы показа динамики растительности на крупномасштабных картах / С.А. Грибова, Т.И. Исаченко, А.С. Карпенко // Крупномасштабное картографирование растительности. – Новосибирск: Наука, 1970. – С. 66–76.
21. Карамышева, З. В. Современное состояние геоботанического картографирования в СССР и за рубежом // З. В. Карамышева, И. Т. Федорова // Итоги науки и техники. Ботаника. – Т.10. – М., 1990. – 174 с.
22. Легенда к карте растительности европейской части СССР М.1: 2 500 000 в пределах Восточно-Европейской равнины / С. А. Грибова [и др.] // Бот. Журн. – 1972. – Т.55, № 11. – С. 648–662.
23. Грибова, С. А. Значение карт растительности для создания оценочных карт природных условий и растительных ресурсов / С. А. Грибова, Т. И. Исаченко // тез. докл. IV конф. по прикл. Картографии. – М., 1971. – С. 18–20.
24. Юрковская Т. К. Геоботаническое картографирование и составление аналитических карт растительности / Т. К. Юрковская // Актуальные проблемы геоботаники. Лекции. – Петрозаводск, 2007. – С. 43–71.
25. Карта растительности Европы и вопросы классификации / С. А. Грибова [и др.] // Геоботаническое картографирование. – Л. : Наука, 1988. – С. 3–13.

26. Юрковская Т. К. О некоторых принципах построения легенды карты растительности болот / Т. К. Юрковская // Геоботаническое картографирование. – Л.: Наука, 1968. – С. 44–51.
27. Озанда, П Картография растительности и фитоэкологическое картографирование в лаборатории биологии растительности Альп Гренобльского университета, Франция / П. Озанда // Геоботаническое картографирование. – СПб.: Наука, 1996. – С. 31–39.
28. Wetlands: monitoring, modelling and management / T. Okruszko [et al.]. – Balkema: Taylor & Francis Editors, 2007. – 362 p.
29. Potential natural vegetation of the Czech Republic / Z. Neuhäuslová [et al.] // *Braun-Blanquetia*. – 2001. – vol. 30, No 1. – P. 1–80.
30. Pedrotti, F. Plant and Vegetation Mapping / F. Pedrotti. – Berlin, Heidelberg: Springer – 2013. – 294 p.
31. Map of the Natural Vegetation of Europe. Scale 1: 2 500 000 / U. Bohn [et al.] / Federal Agency for Nature Conservation. – Bonn, Germany, 2004. – [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.flo-raweb.de/vegetation/dnld_eurovegmap.html. – Date of access: 1.02.2023.
32. Экологическое картографирование природной среды / Д. Груммо [и др.] // Наука и инновации. – 2012. – № 7. – С. 62–68.
33. Рачковская Е. И. Использование дистанционных методов для оценки степени антропогенной трансформации пастбищ / Е. И. Рачковская, С. С. Темирбеков, Р. Е. Садвокасов // Геоботаническое картографирование. – СПб., 2000. – С. 16–26.
34. Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Байкальская природная территория / А. Н. Антипов [и др.]. – Иркутск, 2002. – 103 с.
35. Белов, А. В. Картографирование растительности в решении экологических проблем юга Восточной Сибири: итоги и перспективы / А. В. Белов, Л. П. Соколова // Геоботаническое картографирование. – СПб., 2013. – С. 3–31.
36. Белов, А. В. Устойчивость растительности в системе геоботанического прогнозирования / А. В. Белов, Л. П. Соколова // География и природные ресурсы. – 2008. – № 2. – С. 29–40.
37. Белов, А. В. Функциональная организация растительности в системе картографического прогнозирования / А. В. Белов, Л. П. Соколова // География и природные ресурсы. – 2009. – № 1. – С. 11–18.
38. Белов, А. В. Системная оценка растительности при выявлении рекреационного потенциала территории (на примере западного побережья Байкала) / А. В. Белов, Л. П. Соколова // География и природные ресурсы. – 2010. – № 3. – С. 44–56.
39. Лавренко Н. Н. Опыт составления карты ландшафтнозащитных и ресурсных функций растительного покрова зоны Байкало-Амурской магистрали / Н. Н. Лавренко // Геоботаническое картографирование. – Л., 1977. – С. 29–33.
40. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa / H. Ellenberg [et al.] // *Scr. geobot.* – N 18, 1992. – S. 1–258.
41. Manual of Digital Earth / ed. H. Guo, M. F. Goodchild, A. Annoni. – Singapore: Springer, 2020. – 852 p.
42. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки / Л. Б. Заугольнова, Т. Ю. Браславская (отв. ред.). – М: Тов-во научн. изд. КМК, 2010. – 383 с.
43. Груммо, Д. Г. Опыт развития прикладного тематического картографирования для решения задач мониторинга и прогнозирования состояния природных экосистем и растительных ресурсов / Д. Г. Груммо // Мат-лы конф. «Российская геоботаника: итоги и перспективы» (к 100-летию Отдела геоботаники БИН). 26–30 сентября 2022 г., Санкт-Петербург. – СПб., 2022. – С. 212–214.
44. Груммо, Д. Мониторинг особо охраняемых природных территорий / Д. Груммо, Д. Коробушин, Е. Малащенко // Наука и инновации. – 2018. – № 10. – С. 63–69.
45. Груммо, Д. Г. Картографирование растительности: опыт, практический аспект перспективы / Д. Г. Груммо // Проблемы лесоведения и лесоводства: сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. – 2014. – Вып. 74. – С. 409–430.
46. Груммо, Д. Опыт мониторинга растительности при экологических катастрофах / Д. Груммо, М. Ильчюк, Н. Зеленкевич // Наука и инновации. – 2008. – № 3. – С. 28–31.
47. Лупян, Е. А. Современные возможности организации распределенной обработки данных дистанционного зондирования / Е. А. Лупян, И. В. Балашов, М. А. Бурцев // Мат-лы Всерос. науч. конф. (с межд. участием) «Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве», Санкт-Петербург, 16–17 сентября 2015. – СПб, 2015. – С. 89–94.
48. Ершов, Д. В. Основные принципы построения информационной системы дистанционного мониторинга биологического разнообразия лесов России / Д. В. Ершов, Н. В. Лукина // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т. 10. – № 2. – С. 46–60.
49. Cavender-Bares, J. The use of remote sensing to enhance biodiversity monitoring and detection: A critical challenge for the twenty-first century / J. Cavender-Bares, J. A. Gamon, P. A. Townsend // *Remote Sensing of Plant Biodiversity*. – Springer International Publishing, 2020. – P. 1–12.
50. Applying Remote Sensing to Biodiversity Science / J. Cavender-Bares [et al.] // *Remote Sensing of Plant Biodiversity*. – Springer International Publishing, 2020. – P. 13–42.
51. Landsat continuity: Issues and opportunities for land cover monitoring / M. A. Wulder [et al.] // *Remote Sensing of Environment*. – 2008. – V. 112 (3). – P. 955–969.
52. Анализ динамики лесного покрова Восточной Европы на основе спутниковых данных с 1985 по 2012 / С. А. Турубанова [и др.] // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. – 2017. – Vol. 2 (1). – С. 1–11.

53. Global Land Analysis & Discovery. – [Electronic resource]. – Mode of access: <http://glad.geog.umd.edu/>. – Date of access: 24.01.2023.
54. Eastern Europe's forest cover dynamics from 1985 to 2012 quantified from the full Landsat archive / P. V. Potapov [et al.] // *Remote Sensing of Environment*. – 2014. – V. 159. – P. 28–43.
55. Wulder, M. A. Satellites: Make Earth observations open access / M. A. Wulder, N. C. Coops // *Nature*. – 2014. – V. 513. – P. 30–31.
56. Conterminous U.S. and Alaska Forest Type Mapping Using Forest Inventory and Analysis Data / B. Ruefenacht [et al.] // *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. – 2008. – V. 74. – P. 1658–1677.
57. Multi-Source National Forest Inventory – Methods and Applications / E. Tomppo [et al.]. – Springer Science + Business Media, 2008. – 373 p.
58. DeFries, R. S. Multiple criteria for evaluating machine learning algorithms for land cover classification from satellite data / R. S. DeFries, J. C. Chan // *Remote Sensing of Environment*. – 2000. – V. 74(3). – P. 503–515.
59. Global land cover classifications at 8 km spatial resolution: The use of training data derived from Landsat imagery in decision tree classifiers / R. DeFries [et al.] // *International Journal of Remote Sensing*. – 1998. – V. 19(16). – P. 3141–3168.
60. Remote sensing for conservation monitoring: Assessing protected areas, habitat extent, habitat condition, species diversity and threats / H. Nagendra [et al.]. – *Ecological Indicators*. – 2013. – Vol. 33. – P. 45–59.
61. Johansen, K. Mapping woody vegetation clearing in Queensland, Australia from Landsat imagery using the Google Earth Engine / K. Johansen, S. Phinn, M. Taylor // *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. – 2015. – Vol. 1. – P. 36–49.
62. Landsat continuity: Issues and opportunities for land cover monitoring / M. A. Wulder [et al.] // *Remote Sensing of Environment*. – 2008. – V. 112 (3). – P. 955–969.
63. Potapov, P. Regional-scale boreal forest cover and change mapping using Landsat data composites for European Russia / P. Potapov, S. Turubanova, M. C. Hansen // *Remote Sensing of Environment*. – 2011. – V. 115 (2). – P. 548–561.
64. New Global Forest/non-forest Maps from ALOS PALSAR Data (2007–2010) / M. Shimada [et al.] // *Remote Sensing of Environment*. – 2014. – V. 155. – P. 13–31.
65. Hansen, M. C. A Review of Large Area Monitoring of Land Cover Change using Landsat Data / M. C. Hansen, T. R. Loveland // *Remote Sensing of Environment*. – 2012. – V. 122. – P. 66–74.
66. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change / M. C. Hansen [et al.] // *Science*. – 2013. – V. 342. – P. 850–853.
67. Mcbratney A. On Digital Soil Mapping / A. Mcbratney, S. M. Mendonça, M. Budiman // *Geoderma*. – 2003. – Vol. 117. – P. 3–52.
68. Крышень, А. М. Сопоставление и взаимная верификация геоинформационной и эколого-динамической моделей разнообразия лесных экосистем / А. М. Крышень, П. Ю. Литинский // *Труды КарНЦ РАН*. – 2013. – No 2., Сер. Биogeография. – Вып. 14. – С. 86–91
69. Груммо, Д. Г. Методические подходы к созданию крупномасштабной карты растительности с использованием данных дистанционного зондирования и современных информационных технологий / Д. Г. Груммо // *Ботаника (исследования)*. – 2014. – Вып. 43. – С. 48–74.
70. Растительность и биотопы национального парка «Нарочанский» с картой наземной растительности (М 1:60 000) и картой биотопов (М 1:60 000) / Д. Г. Груммо [и др.]. – Минск: Колорград, 2017. – 82 с.
71. Груммо, Д. Г. К вопросу создания карты растительности торфяных болот и заболоченных земель Беларуси / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, С. Г. Русецкий // *Ботаника: исследования*. – 2020. – Вып. 49. – С. 37–49.
72. Карта растительности национального парка «Беловежская пуща»: опыт создания и практического использования / Д. Г. Груммо [и др.] // *Геоботаническое картографирование*. – 2019. – С. 18–38.
73. К вопросу создания крупномасштабной карты растительности национального парка «Беловежская пуща» / Д. Г. Груммо [и др.] // *Ботаника (исследования)*. – 2019. – № 48. – С. 94–117.
74. Флора и растительность ландшафтного заказника «Ельня» / Д. Г. Груммо [и др.]. – Минск: Минсктиппроект, 2010. – 200 с.
75. Наземные и дистанционные методы оценки состояния экосистем особо охраняемых природных территорий / Д. Г. Груммо [и др.]; под ред. Д. Г. Груммо, А. В. Судника. – Минск: Беларуская навука, 2023. – 351 с.
76. Дылис, Н. В. Программа и методика биогеоценологических исследований / Н. В. Дылис. – М.: Наука, 1974. – 404 с.
77. Мальшев, Л. И. Количественный анализ флоры: пространственное разнообразие, уровень видового богатства и репрезентативность участков обследования / Л. И. Мальшев // *Ботан. журн.* – 1975. – Т. 60, № 11. – С. 1537–1550.
78. Мальшев Л. И. Флористическое богатство СССР / Л. И. Мальшев // *Актуал. пробл. сравнит. изуч. флор*. – СПб, 1994. – С. 34–86.
79. Матюшкин Е. Н. География биоразнообразия: к уточнению подходов / Е. Н. Матюшкин // *Биogeография*. – Вып. 8., География биоразнообразия. – М., 2000. – С. 8–11.
80. O'Brien, E. M. Climatic Gradients in Woody Plant Species Richness: Towards an Explanation Based on an Analysis of Southern Africa's Woody Flora / E. M. O'Brien // *J. of Biogeogr.* – 1993. – V. 20. – P. 181–198.
81. Chapman, A. D. Linking Plant Species In formation to Continental Biodiversity Inventory, Climate Modeling and Environmental Monitoring / A. D. Chapman, J. R. Busby // *Mapping the Diversity of Nature*. – L.: Chapman Hall, 1994. – P.179–195.

82. Микляева, И. М. Картографический подход к оценке изменения видового и ценотического разнообразия растительности России / И. М. Микляева, Т. В. Котова // Биogeография. – Вып. 8, География биоразнообразия. – М., 2000. – С. 35–37.
83. Malyshev, L. I. Essays on the Modelling of Spatial Floristic Diversity in Europe. British Isles, West Germany and East Europe / L. I. Malyshev, P. L. Nimis, G. Bolognini // Flora. – 1994. V. 189. – P. 79–88.
84. Wohlgemuth, T. A biogeographical division of Switzerland based on a floristical approach / T. Wohlgemuth // Bot. Helv. – 1996. – V. 106. – P. 227–260.
85. Анализ динамики лесного растительного покрова Беларуси на основе данных дистанционного зондирования / Д. Г. Груммо [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сэрыя біялагічных навук. – 2022. – Т. 67, № 3. – С. 293–303.
86. Картографирование и анализ динамики лесного растительного покрова Беларуси на основе данных дистанционного зондирования с 1985 по 2020 гг. / Д. Г. Груммо [и др.] // Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. – 2022. – Вып. 82. – С. 109–128.
87. Груммо, Д. Г. Оценка современного состояния экосистем болот Беларуси и прогноз динамики в связи с изменением климата / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, С. Г. Русецкий // Природные ресурсы. – 2023. – № 1. – С. 46–60.
88. Юнтоловский региональный комплексный заказник / под ред. Е. А. Волковой, Г. А. Исаченко, В. Н. Храмова. – СПб.: ООО «Бостон-Спектр», 2005. – 202 с.
89. Рамсарские территории Беларуси: «Болото Дикое» / Д. Г. Груммо [и др.]. – Минск: Колорград, 2020. – 260 с.
90. Груммо, Д. Г. Оценка биоразнообразия наземных экосистем на основе цифровой карты растительности / Д. Г. Груммо // Ботаника: исследования. – 2021. – Вып. 50. – С. 155–170.
91. Груммо, Д. Г. Фитоиндикационное картографирование: теоретические аспекты метода применения при мониторинге природных экосистем / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич // Ботаника: исследования. – 2023. – Вып. 52. – С. 38–70.
92. Груммо, Д. Г. Создание ресурсных карт *Ledum palustre* (Ericaceae) на основе геоинформационных технологий / Д. Г. Груммо, О. В. Созинов // Растительные ресурсы. – 2015. – Т. 51, № 4. – С. 564–582.
93. Созинов, О. В. Эколого-ценотическая и ресурсоведческая характеристика *Comarum palustre* (Rosaceae) в условиях пойменного болота Споровское (Республика Беларусь) / О. В. Созинов, Д. Г. Груммо // Растительные ресурсы. – 2016. – Т. 52, № 3. – С. 321–338.
94. Ресурсная оценка *Menyanthes trifoliata* (Menyanthaceae) лесоболотного комплекса «Дикое» (Беловежская Пуща) / Д. Г. Груммо [и др.] // Растительные ресурсы. – 2022. – Т. 58, № 1. – С. 20–28.
95. Зеленкевич, Н. А. Определение урожайности и запасов клековки болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) на территории Ольманских болот / Н. А. Зеленкевич, Д. Г. Груммо // Ботаника: исследования. – 2020. – Вып. 49. – С. 73–85.
96. Трансграничная Рамсарская территория Ольманы-Переброды» (Olmany-Perebrody) / под общ. ред. А. А. Сидорович. – Минск, 2019. – 152 с.
97. Груммо, Д. Г. Опыт применения космической съемки высокого разрешения для определения пожароопасности торфяных болот / Д. Г. Груммо, С. Г. Русецкий // Проблемы лесоведения и лесоводства: сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. – 2015. – Вып. 75. – С. 534–551.
98. Прогноз состояния природной среды Беларуси на период до 2035 года / под общ. ред. В. С. Хомича. – Минск: Беларуская навука, 2022. – 332 с.
99. Груммо, Д. Г. Вероятностная оценка пространственного распределения ключевых биотопов национального парка «Нарочанский» на основе наземно-дистанционных прогностических параметров / Д. Г. Груммо, С. Г. Русецкий, Н. А. Зеленкевич // Ботаника: исследования. – 2022. – Вып. 51. – С. 49–69.
100. Прогнозирование местообитаний редких видов растений с использованием современных информационных технологий / Д. Г. Груммо [и др.] // Ботаника (исследования). – 2019. – Вып. 48. – С. 118–125.
101. Интеграция принципов Изумрудной сети в систему и схемы охраны природы Республики Беларусь / Н. А. Зеленкевич [и др.] // Природные ресурсы. – 2022. – № 1. – С. 79–92.

Поступила в редакцию 05.01.2024 г.

УДК 581.15:575.22.015-025.25

Н. В. ГУДНАЯ, А. Н. МЯЛИК, Т. Г. КУЛАГИНА, В. В. ТИТОК

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ПЫЛЬЦЕГОЛОВНИКА ДЛИННОЛИСТНОГО (*CEPHALANTHERA LONGIFOLIA* (L.) FRITSCH) В БЕЛАРУСИ

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

Аннотация. С использованием молекулярных iPBS-маркеров выполнена оценка генетического разнообразия популяций *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch (пыльцеголовника длиннолистного), находящихся в различных частях ареала данного вида в пределах Беларуси. Исследования показали, что ряд популяций, расположенных вблизи северной границы ареала (Замковый лес, Березинский заповедник) характеризуются более низким уровнем генетического разнообразия Нея (0,08) в сравнении с популяциями из оптимальной зоны (Стрельск (0,17)). Результаты кластерного анализа позволяют выделить в Беларуси 2 генетически обособленные группы *Cephalanthera longifolia*, что объясняется особенностями развития флоры региона в период голоцена.

Ключевые слова: популяционная генетика, орхидные, *Cephalanthera longifolia*, пыльцеголовник длиннолистный, вид на границе ареала, iPBS-маркеры, генетическое разнообразие.

N. V. HUDNAYA, A. N. MIALIK, T. G. KULAHINA, V. V. TITOK

GENETIC VARIABILITY OF *CEPHALANTHERA LONGIFOLIA* (L.) FRITSCH POPULATIONS IN BELARUS

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

Annotation. An assessment of the genetic diversity of populations of *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch located in different parts of the range of this species within Belarus was carried out using molecular iPBS-markers. Studies have shown that a number of populations located near the northern border of the range (Zamkovyy les, Berezinskiy zapovednik) are characterized by a lower level of Nei's gene diversity (0.08) in comparison with populations from the optimal zone (Strelsk (0.17)). The results of cluster analysis allow to identify 2 genetically distinct groups of *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch in Belarus, which is explained by the peculiarities of the development of the country's flora during the Holocene.

Keywords: population genetics, orchids, *Cephalanthera longifolia*, long-leaved helleborine, species at the edge of its range, iPBS-markers, genetic diversity.

ВВЕДЕНИЕ

Аборигенная флора любой природной территории подвержена динамическим процессам под воздействием как природных, так и антропогенных факторов. В настоящее время известно, что они особенно ярко проявляются во флорах пограничных территорий, к которым относятся переходные зоны между физико-географическими, геоботаническими, климатическими и другими районами различного ранга [1]. Расположением территории Беларуси на границах геоботанических подзон, обусловлено значительное участие в составе ее флоры около 300 пограничных видов, отличающихся повышенной уязвимостью к антропогенным факторам и климатическим изменениям. Следствием последних является полное исчезновение на юге страны некоторых уязвимых

видов из семейства Orchidaceae (*Listera cordata* (L.) R. Br., *Malaxis monophyllos* (L.) Sw.), либо значительное сокращение численности некоторых из них (*Neottianthe cucullata* (L.) Schltr., *Corallorhiza trifida* Châtel.) в пределах всей территории. При этом некоторые бореальные представители данного семейства (*Goodyera repens* (L.) R.Br.) сохраняют свои позиции во флоре даже на южной границе ареала. В 4-ое издание Красной книги Республики Беларусь [2] включено 24 вида из семейства Орхидные, которые имеют категорию охраны национального значения, еще 11 видов данного семейства находятся в списке растений, нуждающихся в профилактической охране. Современные подходы к сохранению ряда видов (*Herminium monorchis* (L.) R.Br., *Epipogium aphyllum* Sw., не

приносят положительного эффекта, что подтверждается сокращением численности ранее известных популяций. В то же время на фоне потепления климата наблюдаются противоположные тенденции в динамике численности ряда теплолюбивых видов. Одни из них, вероятно, проявляют устойчивую тенденцию к росту числа местообитаний (*Platanthera chlorantha* (Custer) Rchb., *Cephalanthera rubra* (L.) Rich.), для других установлено сокращение области распространения (*Anacamptis coriophora* (L.) R.M.Bateman, Pridgeon et M.W.Chase).

Для лучшего понимания современного состояния ряда уязвимых видов, а также разработки стратегии их сохранения, необходимо комплексное изучение популяций, включающее не только оценку их численности, жизнеспособности и возрастной структуры, но и определение их генетического разнообразия, от которого напрямую зависит возможность существования вида в долгосрочной перспективе. Согласно одной из теорий,

генетическое разнообразие популяций видов с сокращающимся ареалом существенно ниже прогрессирующих ввиду ослабленного генетического обмена между отдельными островными популяциями и экстремальными экологическими условиями их существования [3]. Таким образом, сравнительный анализ гетерогенности генетической структуры популяций в краевой и оптимальной зонах ареала позволит оценить перспективы состояния уязвимых видов во флоре Беларуси и предложить варианты стратегий их сохранения, адаптированных к региональным изменениям климата и тенденциям антропогенных воздействий на растительный покров.

Вышесказанное определяет актуальность и цель работы – оценить генетическую гетерогенность популяций модельных видов семейства Orchidaceae с климатически обусловленной динамикой границ ареалов для поиска стратегий их сохранения.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Модельным представителем семейства Orchidaceae, находящимся в Беларуси на северной границе ареала, является *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch (пыльцеголовник длиннолистный) – многолетнее травянистое растение, распространенное в умеренной зоне Европы, на севере Африки и в Малой Азии. На территории Беларуси этот вид встречается достаточно редко в южной и центральной частях, северная граница его ареала проходит по линии Ошмяны – Воложин – Логойск – Витебск. Обычно вид встречается единичными особями и небольшими группами, чем определяется его редкость и уязвимость, а также включение в Красную книгу Республики Беларусь (III категория охраны).

Исходным материалом для оценки генетического разнообразия популяций *C. longifolia* послужили образцы вегетативных органов, собранные при проведении полевых флористических исследований в пределах Брестской, Минской, Витебской, Гомельской, Могилевской и Гродненской областей. С помощью рекогносцировочных и маршрутных методов были найдены популяции данного вида, выполнена оценка их жизнеспособности, изучены морфометрические параметры, а также произведено флористическое и геоботаническое описание фитоценозов и отобран растительный материал из 4–5 особей для молекулярно-генетических исследований. В хорошо представленных и многочисленных популяциях был собран также гербарный материал, который снабжен ваучерными этикетками и хранится в гербарии Центрального ботанического сада НАН Беларуси (MSKH). Документирование мест сбора матери-

ала для молекулярно-генетических исследований (табл. 1) осуществляли также с помощью информационного ресурса inaturalist.org, что при необходимости позволит в будущем отыскать данные популяции и провести мониторинговые исследования независимыми специалистами.

Для изучения генетической структуры исследуемых популяций *C. longifolia* выделяли ДНК из предварительно высушенных в силикагеле листьев (по 5 образцов из популяций Боровляны (Boг), Медно (Me), Березинский заповедник (BBZ), Олехновичи (Ol), Стрельск (St), Чаусы (Ch) и 3 образца из популяции Замковый лес (ZL) с помощью набора реагентов «ДНК-Экстрэн-3». Качество и количество выделенной ДНК проверяли с помощью NanoPhotometer Pearl Implen GmbH (Мюнхен, Германия). В исследовании использовали 30 iPBS-праймеров [4] (табл. 2). ПЦР проводили в 25 мкл реакционной смеси, содержащей 25–50 нг ДНК, 5 мкл готовой смеси для ПЦР ScreenMix (Евроген), 1 мМ праймера для 12–13 п.н. праймеров или 0,6 мМ для 18 п.н. праймеров и воды.

Программа ПЦР состояла из: 1 цикла при 95°C в течение 5 мин; 38 циклов при 95°C в течение 15 с, 50 циклов при 65,2°C (в зависимости от праймера) в течение 60 с или 68°C в течение 90 с. Финальная элонгация проводилась при 72°C в течение 8 минут. Амплификацию проводили в программируемом терморегуляторе C1000 Touch Thermal Cycler (MJ Research Inc., Bio-Rad Laboratories, США). Электрофорез проводили при напряжении в 65V на протяжении 4,5 часов в 1,8% агарозном геле. Для окрашивания геля использо-

Таблица 1. Характеристика образцов *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch
Table 1. The Characteristics of sampling of *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch

Популяция	Местоположение	Координаты	Фитоценоз	Автор сбора и дата	Документирование
1 Боровляны (Vor)	Минская обл., Минский р-н, д. Боровляны, 2,8 км к юго-юго-востоку	53.967229, 27.694072	разнотравная поляна в ельнике зеленомошном	Мялик А.Н., Гудная Н.В., 20.07.2022	https://www.inaturalist.org/observations/127109019 , гербарий MSKN
2 Замковый лес (ZL)	Гродненская обл., Волковысский р-н, д. Звездная, 1,8 км к юго-западу	53.209161, 24.522788	сосняк зеленомошный	Мялик А.Н., 21.09.2022	https://www.inaturalist.org/observations/135898834 , гербарий MSKN
3 Медно (Me)	Брестская обл., Брестский р-н, д. Медно, 3,9 км к востоку	51.861092, 23.808669	грабовая дубрава разнотравная	Мялик А.Н., Гудная Н.В., Вахний Н.А., 07.06.2023	https://www.inaturalist.org/observations/166053339 , гербарий MSKN
4 Березинский заповедник (BBZ)	Витебская обл., Лепельский р-н, окр. д. Домжерицы	54.746957, 28.299202	сосняк разнотравный с примесью березы	Гудная Н.В., Кулагина Т.Г., 21.10.2023	https://www.inaturalist.org/observations/167148770
5 Олехновичи (Ol)	Минская обл., Молодечненский р-н, д. Сысуны, 0,6 км к юго-востоку	54.152266, 27.011988	березняк разнотравный с примесью осины	Мялик А.Н., Гулис А.Л., Дубарь Д.А., 18.07.2023	https://www.inaturalist.org/observations/173791145 , гербарий MSKN
6 Стрельск (St)	Гомельская обл., Мозырский р-н, д. Стрельск, 1,5 км к юго-западу	51.941414, 29.442411	березняк разнотравный	Мялик А.Н., Джус М.А., 15.08.2023	https://www.inaturalist.org/observations/178559874 , гербарий MSKN
7 Чаусы (Ch)	Могилевская обл., Чауский р-н, д. Красная Буда, 0,7 км к юго-востоку	53.709753, 30.910427	ельник разнотравный с примесью сосны	Гудная Н.В., Кулагина Т.Г., Мялик А.Н., 06.09.2023	https://www.inaturalist.org/observations/182084884 , гербарий MSKN

вали бромид этидия в течение 30 минут, а визуализировали с использованием системы UV Imager Gel Doc XR+ (Bio-Rad, США).

Для построения бинарных матриц на основе изображений электрофорезов использовали программу PyElph 1.4. Все фрагменты ДНК, которые можно точно распознать, рассматривались как единичные доминантные локусы. Наличие или отсутствие фрагментов обозначали как «1» или «0» соответственно. Полученные данные в виде бинарной матрицы, обрабатывали с помощью программы PopGene 1.31 для расчета следующих параметров: доля полиморфных локусов (P), эффективное (N_e) и наблюдаемое число аллелей (Na),

информационный индекс Шеннона (I), генетическое разнообразие Нея (Ne), общее разнообразие генов (Ht), разнообразие генов в популяциях (Hs), коэффициент генетической дифференциации ($Gst = [Ht - Hs] / Ht$) и поток генов среди популяций (Nm). Эти параметры выбраны как наиболее подходящие для доминантных молекулярных маркеров [5]. Программу GenALEx 6.5 для MS Excel использовали при расчете величины информационного полиморфизма (PIC), среднего генетического расстояния, анализа молекулярной вариации (AMOVA) и анализа главных координат (PCoA). Для построения дендрограммы методом ward.D2 использовали пакет Stats для R.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего было исследовано 7 популяций *Cephalanthera longifolia*, расположенных в различных частях ареала данного вида на территории Беларуси. К периферийным относятся популяции Березинский заповедник (BBZ) и Олехновичи (Ol), а популяции Боровляны (Vor), Медно (Me), Стрельск (St), Чаусы (Ch) и Замковый лес (ZL), находятся в оптимальной зоне ареала *C. longifolia* (рис. 1).

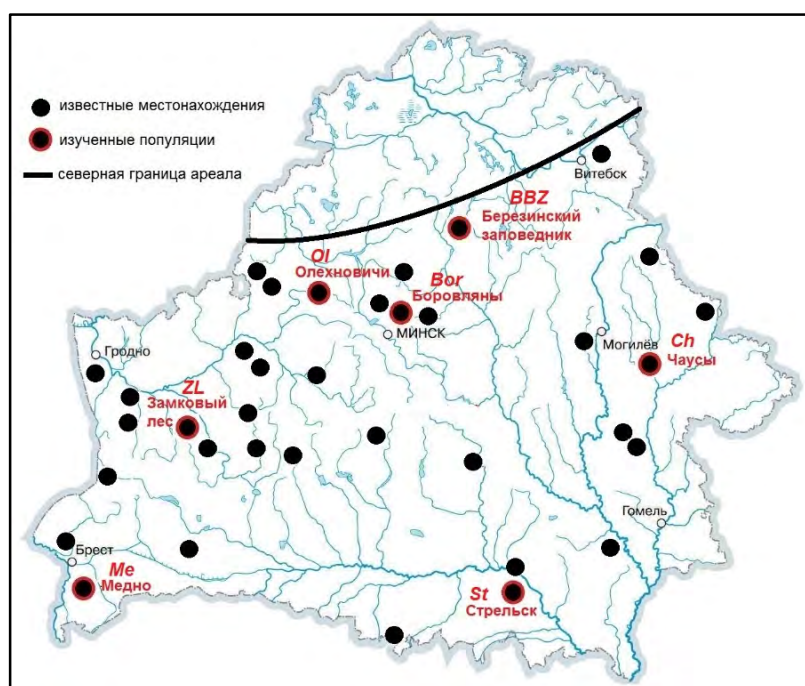
Результаты исследований показали, что для оценки генетического разнообразия и генетической дифференциации *C. longifolia* подходящими оказались 6 маркеров из 30 используемых (2389, 2272, 2077, 2394, 2076, 2270). Результаты ПЦР с использованием маркера 2076 представлены на рис. 2.

Для установления оптимальных температур отжига праймеров была проведена градиентная

Таблица 2. Праймеры, используемые в исследовании

Table 2. Primers used in the study

Праймер	Оптимальная температура отжига T_a (°C)	Последовательность (5' – 3')
2389	50.0	ACATCCTTCCCA
2373	51.0	GAACTTGCTCCGATGCCA
2277	52.0	GCGATGATACCA
2376	52.0	TAGATGGCACCA
2375	52.5	TCGCATCAACCA
2377	53.0	ACGAAGGGACCA
2378	53.0	GGTCCTCATCCA
2383	53.0	GCATGGCCTCCA
2374	53.5	CCCAGCAAACCA
2095	53.7	GCTCGGATACCA
2083	54.6	CTTCTAGCGCCA
2237	55.0	CCCCTACCTGGCGTGCCA
2239	55.0	ACCTAGGCTCGGATGCCA
2272	55.0	GGCTCAGATGCCA
2077	55.1	CTCACGATGCCA
2232	55.4	AGAGAGGCTCGGATACCA
2390	56.4	GCAACAACCCCA
2273	56.5	GCTCATCATGCCA
2394	56.5	GAGCCTAGGCCA
2220	57.0	ACCTGGCTCATGATGCCA
2242	57.0	GCCCCATGGTGGGCGCCA
2076	59.2	GCTCCGATGCCA
2271	60.0	GGCTCGGATGCCA
2415	61.0	CATCGTAGGTGGGCGCCA
2078	62.8	GCGGAGTCGCCA
2399	63.0	AAACTGGCAACGGCGCCA
2080	63.3	CAGACGGCGCCA
2081	65.0	GCAACGGCGCCA
2270	65.0	ACCTGGCGTGCCA
2079	65.2	AGGTGGGCGCCA

Рис. 1. Расположение исследованных популяций *Cephalanthera longifolia* (L.) FritschFig. 1. Location of studied populations of *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch

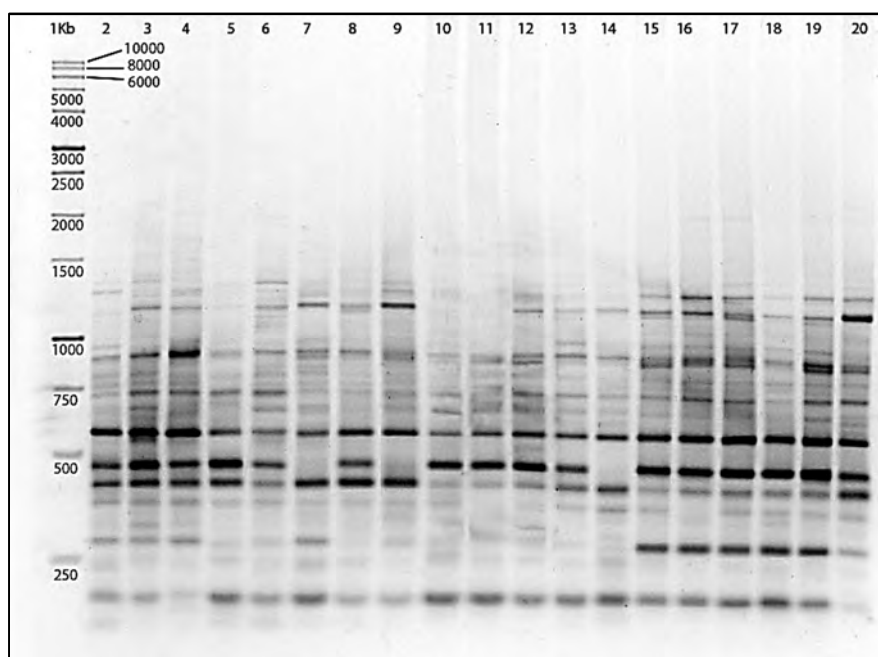


Рис. 2. Результаты ПЦР с использованием 2076 iPBS-праймера для популяций Боровляны (Bor) (дорожки 2–6), Замковый лес (ZL) (дорожки 7–9), Медно (Me) (дорожки 10–14), Березинский заповедник (BBZ) (дорожки 15–19) и Олехновичи (Ol) (дорожка 20). Первая дорожка – маркер молекулярного веса 1Кб

Fig. 2. PCR results using the 2076 iPBS-primer for the populations of Borovlyany (Bor) (lanes 2–6), Zamkovy Les (ZL) (lanes 7–9), Medno (Me) (lanes 10–14), Berezensky Reserve (BBZ) (lanes 15–19) and Olekhnovichi (Ol) (track 20). The first lane is a 1Kb molecular weight marker.

ПЦР с образцами исследуемого вида. Полученные температуры представлены в табл. 3.

Для отобранных iPBS-маркеров [6] установлены такие показатели как количество полиморфных локусов, их доля и мера информационного полиморфизма (PIC) (табл. 4).

Для каждого праймера было получено от 14 до 22 локусов и от 7 до 20 полиморфных локусов. Среднее количество локусов и полиморфных локусов для всех праймеров составило 18,5 и 12,3 соответственно. В среднем на набор праймеров было получено 64,3% полиморфных локусов. Максимальное значение меры информационного полиморфизма (PIC) получено для маркера 2270 (0,30), а минимальное для маркера 2272 (0,15).

На основе данных, полученных с использованием молекулярных iPBS-маркеров 2389, 2272,

2077, 2394, 2076 и 2270 были рассчитаны: доля полиморфных ампликонов (P), эффективное (Ne) и наблюдаемое число аллелей (Na), информационный индекс Шеннона (I), генное разнообразие Нея (He) для каждой популяции *C. longifolia*. Вышперечисленные параметры, а также общее генетическое разнообразие (Ht), генетическое разнообразие в популяциях (Hs), уровень подразделенности популяций (Gst), поток генов между популяциями (Nm) рассчитаны для всех локусов семи исследованных популяций.

Полученные данные (табл. 5) показали, что наибольшая доля полиморфных локусов обнаружена в популяциях Стрельск (St) и Боровляны (Bor), (42,34% и 34,23% соответственно). Наименьшая доля полиморфных локусов выявлена у популяции Березинский заповедник (BBZ) (19,82%).

Таблица 3. Оптимальные температуры отжига праймеров после оптимизации

Table 3. Optimal primer annealing temperatures after optimization

Праймер	Оптимальная температура отжига T_a (°C)	Последовательность (5' – 3')
2389	48,6	ACATCCTTCCCA
2272	55,0	GGCTCAGATGCCA
2077	54,8	CTCACGATGCCA
2394	56,4	GAGCCTAGGCCA
2076	58,4	GCTCCGATGCCA
2270	60,4	ACCTGGCGTGCCA

Таблица 4. Характеристика отобранных iPBS-маркеров**Table 4.** Characterization of selected iPBS-markers

iPBS-маркер	Количество локусов	Количество полиморфных локусов	Доля полиморфных локусов (%)	Мера информационного полиморфизма (PIC)
2389	15	7	46,7	0,19
2272	17	8	47,1	0,15
2077	14	8	57,1	0,18
2394	21	13	61,9	0,21
2076	22	20	90,9	0,21
2270	22	18	81,8	0,30
Среднее	18,5	12,3	64,3	0,19

В исследованных популяциях наблюдаемое число аллелей (N_a) варьирует от 1,42 в популяции Стрельск (St) до 1,2 в популяции Березинский заповедник (BBZ). Максимальное эффективное число аллелей (1,3) было обнаружено также в популяции Стрельск (St). На основании значений (H_e) и (I) для популяции Стрельск (St) выявлено наибольшее генетическое разнообразие, тогда как наименьшим уровнем по данным показателям выделяется популяция Березинский заповедник (BBZ).

Для анализа генетической изменчивости изученных популяций для всех локусов были рассчитаны: N_a , N_e , H_e , I и доля полиморфных локусов, которые составили 1,67; 1,36; 0,22; 0,33 и 66,67% соответственно. Анализ межпопуляционной и внутривидовой генетической структуры позволил получить значения общего и внутривидового генетического разнообразия ($H_t=0,22$ и $H_s=0,11$). Уровень генетической диф-

ференциации (G_{st}) среди изученных популяций *C. longifolia* составил 0,49 с наблюдаемым между популяциями эффективным потоком генов (N_m), равным 0,52. Полученное значение потока генов показывает, что популяции в сильной степени подвержены генетическому дрейфу, который в свою очередь может снижать их генетическое разнообразие.

Полученные данные позволяют выявить зависимость между уровнем генетического разнообразия популяций, а также их положением в краевой или оптимальной зонах ареала. Так, у *C. longifolia* наименьшим генетическим разнообразием Нея (0,08) выделяются популяции Березинский заповедник (BBZ) и Замковый лес (ZL), расположенные в краевой зоне ареала этого вида. Наиболее высокий уровень генетического разнообразия Нея (0,17) выявлен у популяции Стрельск (St), расположенной на юго-востоке страны, где для такого теплолюбивого вида как *C. longifolia* сложились

Таблица 5. Параметры генетического разнообразия исследованных популяций *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch**Table 5.** Parameters of the genetic diversity of *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch populations

Параметр	Модельная популяция							Общее для популяций
	Bor	ZL	Me	BBZ	Ol	St	Ch	
Доля полиморфных локусов (%)	34,23	21,62	25,23	19,82	32,43	42,34	24,15	66,67
Наблюдаемое число аллелей (N_a)	1,34 ± 0,05	1,22 ± 0,04	1,25 ± 0,04	1,2 ± 0,04	1,32 ± 0,04	1,42 ± 0,05	1,3 ± 0,04	1,67 ± 0,04
Эффективное число аллелей (N_e)	1,25 ± 0,04	1,14 ± 0,03	1,14 ± 0,03	1,15 ± 0,03	1,21 ± 0,03	1,3 ± 0,04	1,17 ± 0,03	1,36 ± 0,03
Генетическое разнообразие Нея (H_e)	0,14 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,12 ± 0,02	0,17 ± 0,02	0,10 ± 0,02	0,22 ± 0,02
Информационный индекс Шеннона (I)	0,20 ± 0,03	0,12 ± 0,02	0,12 ± 0,02	0,12 ± 0,02	0,18 ± 0,03	0,24 ± 0,03	0,15 ± 0,02	0,33 ± 0,03
Общее генетическое разнообразие (H_t)	-							0,22 ± 0,003
Генетическое разнообразие в популяциях (H_s)	-							0,11 ± 0,001
Уровень подразделенности популяций (G_{st})	-							0,49
Поток генов между популяциями (N_m)	-							0,52

наиболее благоприятные условия. Аналогичные закономерности показывает и сравнение информационного индекса Шеннона (см. табл. 5). При сопоставлении значений генетического разнообразия для популяций Медно (Me) и Боровляны (Bor), которые расположены в оптимальной и краевой зонах ареала соответственно, выявленные закономерности не подтверждаются. Схожие особенности отсутствия четкой взаимосвязи в разнообразии популяций как редких, так и обычных видов выявлены у различных представителей семейства Orchidaceae Корейского полуострова [7].

Полученные результаты AMOVA указывают на то, что большая часть общей изменчивости (64%) является внутривидовой, а меньшая часть (36%) – межвидовой. Разница между индивидами в популяциях была статистически значимой с величиной $P < 0,001$. Полученное значение $\Phi_{PT} = 0,357$ указывает на довольно высокий уровень генетической дифференциации среди популяций *C. longifolia* (табл. 6), что свидетельствует о достаточно высокой общей гетерогенности вида в пределах Беларуси. Последним фактором обусловлена необходимость охраны максимально большего числа популяций с целью сохранения генофонда этого вида.

С учетом того, что исследованные популяции находятся в различных частях ареала данного вида, наряду с оценкой их генетической гетерогенности важно выявить также их генетическое родство или обособленность. Составленная матрица парных генетических сходств и расстояний Нея (табл. 7) показывает некоторые различия между исследованными популяциями *C. longifolia*, рас-

положенными в различных частях ареала вида в пределах Беларуси.

Представленные данные показывают, что наименьшее значение генетического расстояния Нея (0,10) наблюдалось между популяциями Боровляны (Bor) и Замковый лес (ZL), а наибольшее (0,26) между популяциями Березинский заповедник (BBZ) и Чаусы (Ch). Результаты анализа *ward.D2* (рис. 3), основанного на данных матрицы расстояния Нея, также подтверждают эти данные и демонстрируют генетическую удаленность популяции Березинский заповедник (BBZ) от всех остальных.

С помощью анализа PCoA выявлено, что на первые три компоненты главных координат приходится 27,4% всей вариации (рис. 4). Популяции Боровляны (Bor), Замковый лес (ZL) и Медно (Me), сосредоточены в верхних квадрантах, а популяции Олехновичи (Ol), Стрельск (St) и Чаусы (Ch) находятся в левых нижнем и верхнем квадрантах. Популяция Березинский заповедник (BBZ), как и на дендрограмме, полученной с помощью метода минимальной дисперсии Уорда, находится на удалении от других популяций и занимает правый нижний квадрант.

Оценка родства изученных популяций *Cephalanthera longifolia* позволяет выделить в пределах Беларуси 2 генетически обособленные группы, разнородность которых, вероятно, объясняется особенностями развития флоры и растительного покрова страны в послеледниковый период. Популяции Медно (Me), Замковый лес (ZL) и Боровляны (Bor) объединяются в обособленную группу, расположенную в юго-западной части страны. Происхождение данных популя-

Таблица 6. Результаты AMOVA для популяций *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch

Table 6. AMOVA results for *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch populations

Источник изменчивости	Число степеней свободы (df)	Сумма квадратов (SS)	Средний квадрат (MS)	Дисперсия	Φ_{PT}	Доля в вариации
Общее	32	390,97	-	12,8	0,357*	-
Между популяциями	6	177,77	29,63	4,56		0,36
Внутри популяций	26	213,20	8,2	8,2		0,64

Примечание – * различия достоверны при уровне значимости $P < 0,001$.

Таблица 7. Матрица парных генетических сходств (над диагональю) и расстояний Нея (под диагональю)

Table 7. Pairwise matrix of genetic similarities (above the diagonal) and Ney distances (below the diagonal)

Популяция	Bor	ZL	Me	BBZ	Ol	St	Ch
Bor	-	0,90	0,87	0,84	0,89	0,90	0,83
ZL	0,10	-	0,89	0,80	0,86	0,90	0,83
Me	0,14	0,12	-	0,83	0,89	0,89	0,83
BBZ	0,17	0,22	0,19	-	0,84	0,83	0,77
Ol	0,12	0,15	0,12	0,18	-	0,93	0,91
St	0,11	0,11	0,12	0,19	0,07	-	0,89
Ch	0,18	0,18	0,19	0,26	0,10	0,11	-

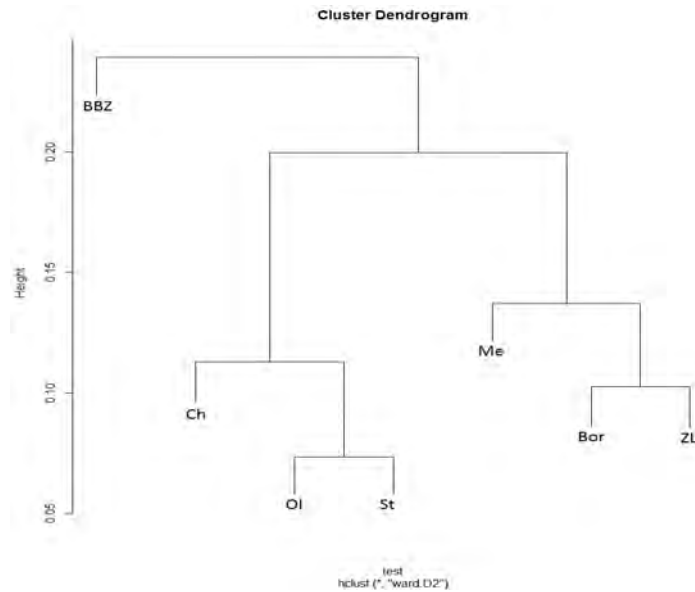


Рис. 3. Дендрограмма на основе генетического расстояния Нея, показывающая взаимосвязь между изученными популяциями *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch

Fig. 3. Dendrogram based on Ney's genetic distance showing the relationship between studied *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch populations

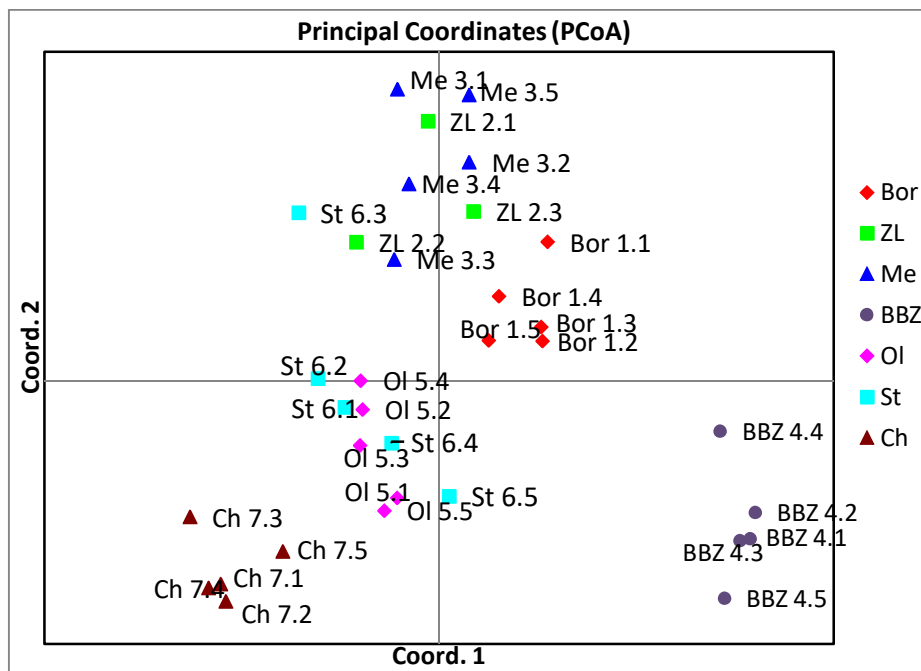


Рис. 4. Распределение исследованных образцов *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch на первых двух главных координатах (PCoA)

Fig. 4. Distribution of the studied samples *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch on the first two principal coordinates (PCoA)

ций, вероятно, связано с существовавшим в атлантическое время (6–7 тыс. лет назад) юго-западным миграционным путем неморальных элементов флоры из Западной Европы. Генезис популяций Олехновичи (Ol), Чаусы (Ch) и Стрельск (St), локализованных в восточной части Беларуси, вероятно, связан с рефугиумами немораль-

ной флоры юго-восточной части европейского континента. Известно, что Восточная Европа в голоцене была более континентальной, а в южных ее частях могли развиваться субсредиземноморские флоры, связующие ее с Кавказом, Крымом и Балканским полуостровом. Соответственно, данным путем на территорию Беларуси

могли проникать неморальные элементы флоры, чему также способствовало отсутствие горных систем в восточной части Европы [8]. Подтверждением вышесказанного является также относительно высокое генетическое разнообразие популяций (Олехновичи (OL) и Боровляны (Boг), расположенных на границе контакта двух описанных выше миграционных потоков (см. табл. 5). Отдельно стоит остановиться на явной гене-

тической обособленности популяции из Березинского заповедника (BBZ), которая, возможно, также связана с юго-восточным путем проникновения неморальных видов на территорию Беларуси. Однако, учитывая ее недавнее обнаружение (2021 г.) в хорошо доступном и обследованном месте заповедника, можно предположить возможность заносного происхождения *C. longifolia* в данном локалитете.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований с использованием молекулярных iPBS-маркеров выполнена оценка генетического разнообразия 7 популяций *Cephalanthera longifolia*, расположенных в различных частях ареала данного вида в пределах Беларуси. Исследования показали, что расположенные вблизи северной границы ареала популяции (Замковый лес (ZL), Березинский заповедник (BBZ) характеризуются, как правило, более низким уровнем гетерогенности в сравнении с популяциями из оптимальной зоны (Стрельск (St)). Анализ популяционной генетической структуры также демонстрирует, что общее генетическое разнообразие у данного вида значительно выше, чем внутривидовое. С этим связана необходимость строгой охраны максимально большего числа известных популяций данного вида для обеспечения сохранности его генофонда в долгосрочной перспективе.

Данные кластерного анализа популяций *C. longifolia* демонстрируют их подразделение на 2 генетически разрозненные группы, географическое положение которых подтверждает существование в голоцене двух самостоятельных путей миграции неморальных видов на территорию Беларуси из западной и юго-восточной частей Европы.

В целом анализ полученных данных показывает, что для *C. longifolia* характерно достаточно высокое генетическое разнообразие отдельных популяций, с чем связан благоприятный прогноз существования вида в условиях дикой природы при сохранности подходящих биотопов. Кроме этого, на основании полученных данных выделены популяции *C. longifolia*, перспективные для отбора материала при формировании национального резервного генофонда исчезающих видов растений с учетом оценки их генетического разнообразия [9].

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, грант БРФФИ «Наука М», Б22М-078.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березуцкий, М. А. Антропогенная трансформация флоры и растительности / М. А. Березуцкий, А. С. Кашин. – Саратов : ИЦ «Наука», 2008. – 100 с.
2. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол.: Л. И. Хоружик (предс.) [и др.] ; М-во природ. ресурс. и охран. окруж. среды Респ. Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси. – 4-е изд. – Минск : Беларус. энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 445 с.
3. Genetic Diversity and Population Structure of the Rare and Endangered Plant Species *Pulsatilla patens* (L.) Mill in East Central Europe [Electronic source] / M. Szczecinska [et al.] // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11, N 3. – Mode of access: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0151730>. – Date of access: 30.08.2021.
4. iPBS: a universal method for DNA fingerprinting and retrotransposon isolation / R. Kalendar [et al.] // TAG Theor. Appl. Genet. Theor. Angew. Genet. – 2010. – Vol. 121, № 8. – P. 1419–1430.
5. Mobile genomic element diversity in world collection of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) panel using iPBS-retrotransposon markers / F. Ali [et al.] // PLoS One. – 2019. – Vol. 14, № 2. – P. 1–19.
6. Самохвалова, Н. В. Подбор молекулярных iPBS маркеров для оценки генетического разнообразия популяций *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch. в Беларуси / Н. В. Самохвалова, Т. Г. Шлапакова, А. Н. Мялик // Настоящее и будущее биотехнологии растений: мат-лы междунар. науч. конф., посвящ. 65-летию деятельности отдела биохимии и биотехнологии растений ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси». – Минск, 2023. – С. 91.
7. Patterns of genetic diversity in rare and common orchids focusing on the Korean Peninsula: implications for conservation / M. Y. Chung [et al.] // The Botanical Review. – Vol. 84, № 1. – P. 1–25. doi:10.1007/s12229-017-9190-5.
8. Камелин, Р. В. О некоторых проблемах истории неморальных флор Европы в позднем плейстоцене и голоцене / Р. В. Камелин // Вестн. Пермск. ун-та. Биология. – 2016. – Вып. 4. – С. 305–309.
9. Формирование резервного генофонда исчезающих видов растений на основе оценки генетического разнообразия популяций / Н. В. Гудная [и др.] // Hortus bot. – 2023. – Т. 18, С. 199–216. DOI: 10.15393/j4.art.2023.8905.

Поступила в редакцию 16.01.2024 г.

УДК 581.5;626.86;502.13(1–751.1)(4/9)

А. Ю. КОМАР¹, М. В. ЯРМОХИН², А.У. СУДНИК¹

СУКЦЭСІ І СТАН ФІТАЦЭНОЗАЎ ХВОІ ЗВЫЧАЙНАЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) У МЕЖАХ ЛЯСНЫХ АСУШАЛЬНЫХ СІСТЭМ (НА ПРЫКЛАДЗЕ ЗАКАЗНІКА «НАЛІБОЦКІ»)

¹Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В. Ф. Купрэвіча Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі,
Мінск, Беларусь, e-mail: artur.komar@tut.by

²Батанічнае таварыства, Мінск, Беларусь,

Анотацыя. На падставе дрэвава-кольцавых храналогій хвої звычайнай (*Pinus sylvestris* L.) з 31 пробнай плошчы і геабатанічных апісанняў на тэрыторыі заказніка «Налібоцкі» распрацавана схема сукцэсій у хвойніках пасля асушэння. Да асушэння асноўным фактарам у дынаміцы фітацэнозаў былі ваганні натуральнага гідратэрмічнага рэжыму (карэляцыя паміж індэксам змены прыросту і гідратэрмічным каэфіцыентам (ГТК) складае -0,73). У выніку асушэння хвойнікі аднаго і таго ж тыпу лесу трансфармаваліся ў розныя тыпы у залежнасці ад яго інтэнсіўнасці і глыбіні торфу. Найбольш радыкальныя змены адбыліся на адкрытых нізінных балотах, дзе з'явіліся высокапрадукцыйныя ялова-чарнічныя хвойнікі. У іншых балотных хвойніках адзначаны зрушэнні на 1–2 тыпы лесу ў бок больш сухіх лясоў. Паказана, што асушальная меліярацыя 1960–1980-х гг. наклалася на папярэдняе кліматычнае асушэнне і прывяла да пераасушэння хваёвых лясоў. У выніку стан асушаных дрэвастоў рэзка пагоршыўся ў засушлівыя 1980–1981 гг. Выяўлена дакладная лінейная залежнасць (каэфіцыент карэляцыі -0,86) спаду прыросту (да 5,5 разоў) ад ступені асушэння ў найбольш асушаных фітацэнозах. Значны ўплыў асушальных сетак захоўваецца на працягу 20–30 гадоў, пасля гэтага без іх рэканструкцыі паступова аднаўляецца натуральны гідралагічны рэжым, а дынаміка экасістэм вяртаецца ў рэчышча натуральных сукцэсій.

Ключавыя словы: гідралесамеліярацыя, балотныя і забалочаныя хвойнікі, дрэвава-кольцавыя храналогіі, гідратэрмічны каэфіцыент, меліярацыйна-вытворныя тыпы лесу, сукцэсіі, паўторнае забалочванне.

А. Ю. КОМАР¹, М. В. ЕРМОХИН², А.В. СУДНИК¹

СУКЦЕССИИ И СОСТОЯНИЕ ФИТОЦЕНОЗОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В ПРЕДЕЛАХ ЛЕСНЫХ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ЗАКАЗНИКА «НАЛИБОКСКИЙ»)

¹Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В. Ф. Купрэвіча Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі,
Мінск, Беларусь, e-mail: artur.komar@tut.by

²Батанічнае таварыства, Мінск, Беларусь

Анотацыя. На аснове дрэвава-кольцавых храналогій сосны звычайнай (*Pinus sylvestris* L.) по 31 пробнай плошчы і геабатанічным апісанням на тэрыторыі заказніка «Налібокскі» распрацавана схема сукцэсій у сосняках пасля асушэння. До асушэння асноўным фактарам у дынаміцы фітацэнозаў былі ваганні натуральнага гідратэрмічнага рэжыму (карэляцыя паміж індэксам змены прыросту і гідратэрмічным каэфіцыентам (ГТК) складае -0,73). У выніку асушэння хвойнікі аднаго і таго ж тыпу лесу трансфармаваліся ў розныя тыпы у залежнасці ад яго інтэнсіўнасці і глыбіні торфа. Найбольш радыкальныя змены адбыліся на адкрытых нізінных балотах, дзе з'явіліся высокапрадукцыйныя елова-чарнічныя соснякі. У іншых балотных сосняках адзначаны зрушэнні на 1–2 тыпы лесу ў бок больш сухіх лясоў. Паказана, што асушальная меліярацыя 1960–1980-х гг. наклалася на пераасушэнне хваёвых лясоў. У выніку стан асушаных дрэвастоў рэзка пагоршыўся ў засушлівыя 1980–1981 гг. Выяўлена высока дастовярная лінейная залежнасць (каэфіцыент карэляцыі -0,86) спаду прыросту (да 5,5 разоў) дрэвасных раслін у фітацэнозах ад ступені іх асушэння. Значнае ўплывае асушальных сетак захоўваецца ў тэрмін 20–30 гадоў, пасля гэтага без іх рэканструкцыі паступова аднаўляецца натуральны гідралагічны рэжым, а дынаміка экасістэм вяртаецца ў рэчышча натуральных сукцэсій.

Ключавыя словы: гідралесамеліярацыя, балотныя і забалочаныя соснякі, дрэвава-кольцавыя храналогіі, гідратэрмічны каэфіцыент, меліярацыйна-вытворныя тыпы лесу, сукцэсіі, паўторнае забалочванне.

A. YU. KOMAR¹, M. V. YERMOKHIN², A. U. SUDNIK¹

SUCCESSIONS AND STATE OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) PHYTOCENOSSES WITHIN FOREST DRAINAGE SYSTEMS (CASE STUDY – NALIBOKSKY NATURE RESERVE)

¹*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: artur.komar@tut.by*

²*Botanical Society, Minsk, Belarus*

Annatation. In this study we developed the scheme of successions in pine forests after drainage based on the tree-ring chronologies of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) from 31 sample areas and geobotanical descriptions on the territory of the Naliboksky Nature Reserve. The main factor in the dynamics of phytocenoses before drainage was fluctuation in the natural hydrothermal regime (a correlation between the index of change in growth and hydrothermal coefficient is -0.73). The pine stands of the same type of forest were transformed into different types as a result of drainage. Impact of drainage on the phytocenosis depends on its intensity and depth of peat. The most significant changes occurred in open swamps, where high-productive pine forests (ass. *Carici remotae*–*Piceetum abietis*, var. *inops*) appeared. Bog pine forests of other types shifts (one-two types) in the direction of drier types. It shown that the drainage of the 1960s–1980s was superimposed on the preliminary climatic drainage and led to the over drainage. As a result, the state of the drained stands went worse sharply in the dry 1980–1981. The growth decline (up to 5.5 times in the most drained phytocenoses) has very good relationship with the degree of drainage (correlation coefficient is -0.86). The significant impact of drainage continue for 20–30 years, after that the natural hydrological regime is gradually restored, and the dynamics of ecosystems returns to the path of natural successions.

Keywords: forest drainage, bog pine forests, tree-ring chronologies, hydrothermal coefficient, post-drainage forest types, successions, rewetting.

УВОДЗІНЫ

Адной з сур’езных праблем для стану беларускіх лясоў з’яўляецца масавая асушальная меліярацыя, якая была праведзена ў 1950–1980-х гг. [1, 2]. У гэты перыяд было асушана каля 289,0 тыс. га лясоў [3] і гэта без уліку ўплыву сельскагаспадарчых асушальных сістэм па перыферыі лясных масіваў. Галоўнай задачай гідралесамеліярацыі было павышэнне прадукцыйнасці лясоў. Яе павелічэнне залежыць ад пароднага саставу, узросту дрэвастояў да асушэння, магутнасці торфу, а таксама ад тыпу балота. Так, чым маладзейшы дрэвастой, тым большы лесагаспадарчы эффект назіраецца пасля асушэння, у прыватнасці, павялічваецца прырост па дыяметры. І наадварот, больш старэйшыя дрэвастой горш адгукаюцца на асушэнне [4, 5].

Вялікі ўплыў на канчатковы вынік асушальнай лесамеліярацыі аказвае тып балота і глебава-грунтовыя ўмовы да асушэння [5]. Л. П. Смаляк у сваіх даследаваннях хоць і паказаў станоўчую дынаміку ў росце лесу пасля асушэння верхавых балотаў, але адзначае нізкую прадукцыйнасць такіх лясоў. Тлумачыцца гэта пераходам хвойнікаў V^b–V^a класаў банітэту ў V^a–V, радзей у IV клас. Значна лепшыя вынікі асушальнай меліярацыі аўтар падае для пераходных балотаў. Звязана гэта з большай попелынасцю торфу і ступенню яго раскладання. Так, калі попелынасць торфу складае 7% і ступень раскладання дасягае 30–40%, банітэт павышаецца з V^a–V да III–II, а часам, пры інтэнсіўным асушэнні, і да I–I^a класа. На нізавых

балотах эфектыўнасць залежыць ад пароды. Мэ-тазгодна асушаць хваёвыя, яловыя, чорнаальховыя лясы, у якіх банітэт узрастае з V–IV да I–II класа. У гэтым выпадку асушэнне верхавых балотаў не дае эканамічна карыснага прыросту драўніны з-за беднасці мінеральнага жывлення [6], у той час як асушэнне пераходных і нізавых балотаў мае значную эканамічную эфектыўнасць. Варта адзначыць, што змены радыяльнага прыросту дрэў залежаць ад іх адлегласці ад канала. Непасрэдна каля канала прырост у дрэў пасля асушэння статыстычна большы, чым у міжканальнай прасторы [7].

Адзначаецца сувязь глыбіні торфу і павышэння прадукцыйнасці лясоў. Так, калі торф неглыбокі і каранёвая сістэма дрэў дасягае мінеральнай глебы, агульная прадукцыйнасць лясоў узрастае [5]. Таксама прадукцыйнасць дрэвастоя расце з павышэннем попелынасці торфу [5].

Агульным для ўсіх асушаных лясоў з’яўляецца тое, што ў першае дзесяцігоддзе пачынаецца пас-туповае павелічэнне тэмпаў росту. Далей надыходзіць кульмінацыя прыросту і затым – зніжэнне. У дрэвастоях, якія ўжо дасягнулі максімальнага бягучага прыросту перад асушэннем, назіраецца паўторная яго кульмінацыя. Максімальнага значэння прырост у вышыню і па дыяметры ў хвойніках дасягае ў другім-трэцім дзесяцігоддзях з моманту пачатку асушэння, у ельніках – у трэцім-чацвёртым, а па запасе – у чацвёртым-пятым [5].

Для ацэнкі стану асушальных сістэмаў і працягласці іх функцыянавання можа быць выкарыстана шырыня гадавых кольцаў, якая дае разуменне аб стане лясных экасістэмаў не толькі ў сучаснасці, але і да асушэння. Радыяльны прырост дрэў хвой з'яўляецца добрым паказчыкам трансфармацыі стану фітацэнозаў падчас зменаў у гідралагічным рэжыме [8]. Хвоя звычайная (*Pinus sylvestris* L.) у Беларусі валодае шырокай амплітудай умоў росту – ад вяршынь пясчаных выдмаў да эўтрофных нізінных, пераходных і алігатрофных верхавых балотаў [9]. Пры гэтым яе ўзрост можа дасягаць некалькіх сот гадоў [8], што робіць хвойю адной з найлепшых парод для рэканструкцыі зменаў у экалагічным рэжыме на аснове радыяльнага прыросту.

Працягласць нармальнай працы асушальнай сеткі не перавышае, па звестках прырастаў па дыяметры, 15–20 гадоў ва ўсіх групх лесараслінных умоў [10]. Без рэканструкцыі асушальных каналаў назіраецца паўторнае забалочванне і аднаўленне балота [11]. Паколькі пасля 1990-х гг. фактычна прыпыніліся мерапрыемствы па падтрыманні асушальнай сеткі ў працоўным стане, цяпер назіраюцца працэсы паўторнага забалочвання раней асушаных лясоў у шматлікіх рэгіёнах Беларусі [2].

Пры пагаршэнні працы каналаў мае месца прыкметнае падзенне прыросту асушаных дрэвастояў. Велічыня гэтага падзення можа дасягаць у хваёвых насаджэннях 45%, а пры другасным забалочванні лясной тэрыторыі можа назірацца не толькі разбурэнне дрэвастоя, але нават яго ўсыханне ў прыканаўнай зоне. Н. В. Маскаленка і інш. [12] ацаніўшы ўплыў польдэрных сістэмаў на лес, прыйшлі да высновы, што радыяльны прырост у падтопленых прыгнечаных хваёвых насаджэннях паніжаецца ў 3,3 разы.

Пры рэзкім павышэнні ўзроўню грунтавых водаў (УГВ) у хваёвых лясах асноўная частка га-

давога прыросту прыходзіцца на познюю драўніну, доля якой дасягае 50% шырыні кольца, а ў прыгнечаных дрэў да 95%, калі ў нармальных умовах гэтая велічыня складае 8–12%, што можа служыць індикатарам стану дрэвастояў ва ўмовах змены гідралагічнага рэжыму [12].

Некаторымі даследаваннямі паказана, што рост гадавых кольцаў хвой балотнай больш адчувальны да зменаў гідралагічных умоў, у той час як кольца сухадольнай хвой лепш рэагуюць на кліматычныя змены [13–14]. Тым не менш асушэнне гэта не адзіны і часам не галоўны фактар у развіцці дрэў на верхавых балотах, таму вывучэнне дынамікі балотнай расліннасці павінна ўключаць разгляданне розных фактараў [15, 16].

У апошнія гады на тэрыторыі Беларусі шэраг прац па ацэнцы ўплыву кліматычных фактараў і гідралагічнага рэжыму на радыяльны прырост балотнай хвой выкананы ў Інстытуце эксперыментальнай батанікі НАН Беларусі [8, 17]. Даследаванне, праведзенае на тэрыторыі Белавежскай пушчы, паказала, што з-за паніжэння гадавой колькасці ападкаў трансфармацыя натуральных хваёвых фітацэнозаў пачалася за 10–15 гадоў да пачатку масавага асушэння. Уплыў масавай асушальнай меліярацыі 1950–1970-х гг. накладваўся на кліматычнае асушэнне, што прывяло да перасушвання тэрыторыі [8] і радыкальных фітацэнатычных зменаў балотных хвойнікаў.

Адным з буйнейшых асушаных лясных масіваў на тэрыторыі Беларусі з'яўляецца заказнік «Налібоцкі». У ім знаходзіцца самая густая сетка лясных асушальных каналаў, і, адпаведна, трансфармацыя фітацэнозаў у дадзеных умовах можа быць больш значнай і разнастайнай, чым у іншых лясных масівах. Гэта дае вельмі добры палігон менавіта для ацэнкі шматгадовага ўплыву як асушэння, так і наступнага падтаплення на дынаміку лясных экасістэмаў, што і было мэтай нашага даследавання.

АБ'ЕКТЫ (МАТЭРЫЯЛЫ) І МЕТАДЫ ДАСЛЕДАВАННЯ

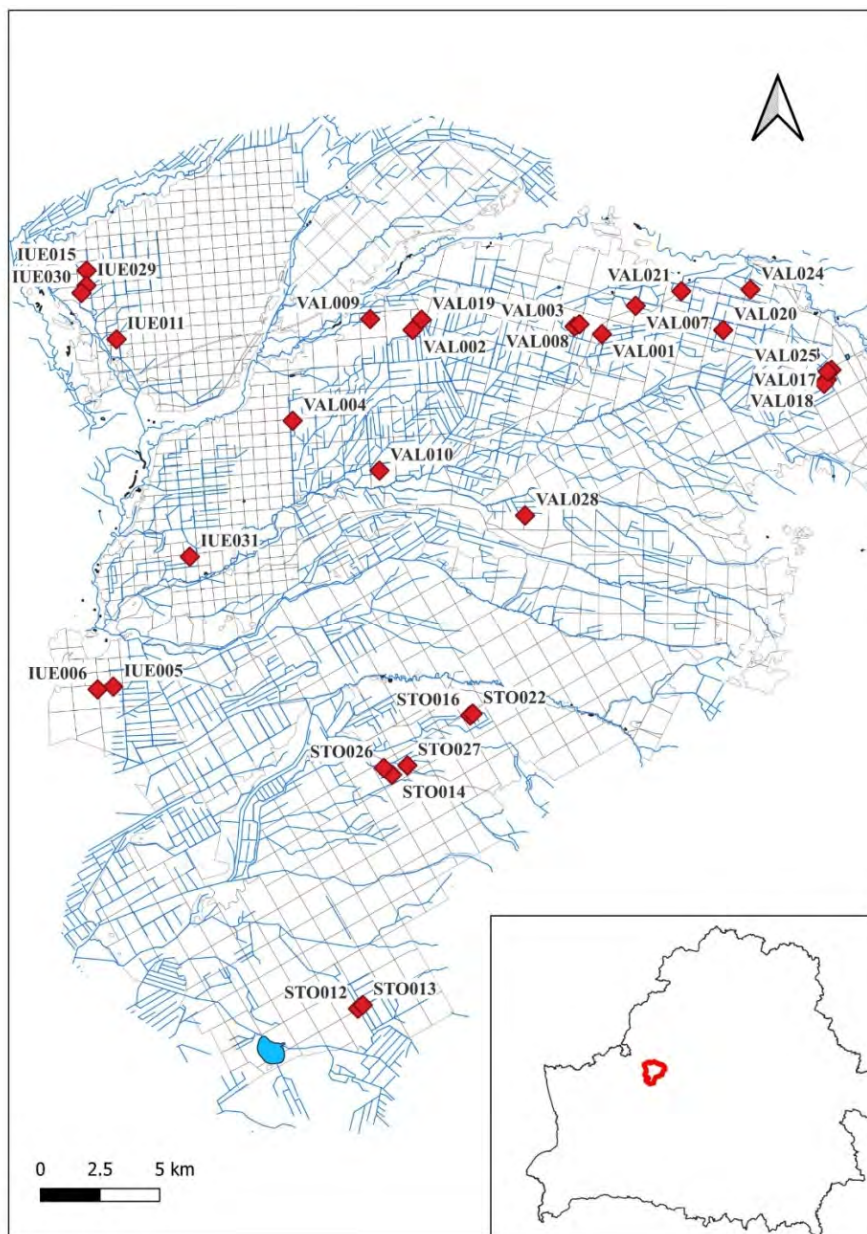
Даследаванні выкананы ў балотных і забалочаных хвойніках з рознай ступенню асушэння на тэрыторыі рэспубліканскага ландшафтнага заказніка «Налібоцкі». Схема размяшчэння заказніка і аб'ектаў даследавання адлюстравана на мал. 1.

Прыродныя ўмовы аб'екта даследавання. Заказнік «Налібоцкі» займае плошчу 86,9 тыс. га, з якіх 78,4 тыс. га прыходзіцца на лясны фонд [1]. Згодна з геабатанічным раянаваннем Беларусі, гэтая тэрыторыя адносіцца да Налібоцкага і часткова Нёманскага геабатанічнага раёнаў Нёманска-Перадпалескай геабатанічнай акругі падзоны грабава-дубова-цёмнахвойных лясоў [9]. Агульная плошча балотных і забалочаных фітацэнозаў хвой (*Pinus sylvestris*) складае 5089,3 га (6,5% ад

агульнай плошчы заказніка) [1]. Асноўныя работы гідралесамеліярацыі на тэрыторыі заказніка былі зроблены ў 1969–1977 гг., а плошча асушаных земляў складала каля 20 тыс. га [3].

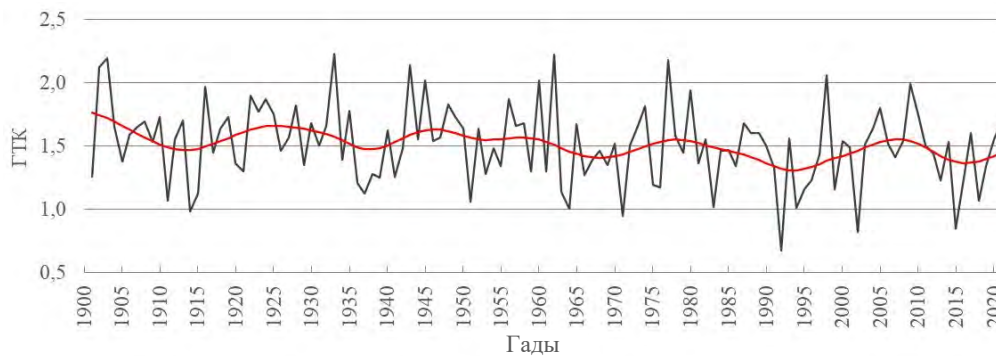
Клімат рэгіёна ўмерана кантынентальны, умерана вільготны, цёплы. Гэта абумоўлена, перадусім, уплывам заходніх паветраных масаў, якія паступаюць з Атлантыкі. Сярэднегадавая колькасць ападкаў за 2008–2017 гг. складае 700 мм, сярэднегадавая тэмпература +4,1°C [18].

Тэмпература паветра за 2000–2009 гг. была істотна вышэй, чым сярэднія паказчыкі за перыяд 1946–2009 гг. [18]. Адначасова з павышэннем тэмпературы змяніўся і цалкам гідратэрмічны рэжым тэрыторыі (мал. 2). Сярэдні гідратэрмічны каэфі-



Мал. 1. Схема розміщення об'єктів дослідження

Fig. 1. Layout of research objects



Мал. 2. Динаміка гідратермічного коефіцієнта Селянінова (ГТК) і 20-річного змінного середнього за травень-серпень по регіону дослідження (розраховано на підставі зведок з [22])

Fig. 2. Dynamics of the Selyaninov hydrothermal coefficient (HTC) and the 20-year moving average for May-August in the research region (calculated based on data from [22])

цыент Селянінава за май-жнівень да 1930-х гг. складаў 1,6, а з пачатку 1990-х – толькі 1,4. Пры гэтым за апошнія 30 гадоў ён тройчы (1992, 2002 і 2015 гг.) сягаў ніжэй за 1,0 (0,67 у 1992 г.), што адпавядае стэпавай зоне [19]. На важнасць недаацэненай праблемы ГТК і лясной асушальнай меліярацыі звяртае ўвагу і Н. А. Красільнікаў [20].

Рэльеф заказніка сфармаваўся каля 100 тыс. гадоў таму пад уплывам Сожскага абледзянення. Большая частка тэрыторыі заказніка ўяўляе сабой забалочаную плоска-пагорыстую нізіну (Верхнянёманская нізіна) у басейне р. Нёман.

Таксама ёсць марэнныя формы рэльефу, мацерыковыя выдмы, грады і г. д., а па берагах рэк захаваліся фрагменты надпойменных тэрасаў. Найбольш забалочаная паўночная частка масіва каля рэк Бярэзіна, Іслач, Волка, а таксама паўднёвая частка ніжняй плыні р. Уса [21].

Метады даследавання. Палявыя даследаванні праведзены на 31-й пробнай плошчы (ПП), размешчанай у балотных і забалочаных хвойніках заказніка «Налібоцкі» розных тыпаў лесу на тэрыторыі Іўеўскага, Валожынскага і Стаўбцоўскага лягасаў (табл. 1, гл. мал. 1).

Табліца 1. Кароткая характарыстыка насаджэнняў і дрэвава-кольцавых храналогій (ДКХ)

Table 1. Brief description of stands and tree-ring chronologies (TRC)

Нумар ПП	Каардынаты, N гр.хв., E гр.хв.	Узрост старэйшага пакалення, гадоў	Састаў	Дыяпазон хра- налогіі, гады	Колькасць дрэў	MRW ± SD, мм	СС
1. Хмызнячкова-сфагнавыя хвойнікі							
VAL017	53°58'–26°40'	160	10С	1898–2020	19	0,58 ± 0,35	0,72
VAL018	53°58'–26°40'	125	10С	1898–2020	19	0,63 ± 0,31	0,73
2. Чарнічна-багуновыя хвойнікі							
VAL001	53°59'–26°31'	150	10С	1875–2020	15	0,86 ± 0,38	0,44
VAL002	53°59'–26°24'	120	10С	1896–2020	15	1,13 ± 0,52	0,61
VAL004	53°59'–26°30'	175	10С	1879–2020	19	0,79 ± 0,52	0,62
IUE005	53°51'–26°13'	140	10С	1892–2020	18	0,72 ± 0,37	0,61
IUE006	53°51'–26°12'	160	10С	1880–2020	18	0,73 ± 0,53	0,64
STO022	53°50'–26°26'	170	10С + Е + Б	1865–2020	17	1,02 ± 0,58	0,66
VAL023	53°58'–26°40'	135	10С	1879–2020	20	0,83 ± 0,52	0,68
VAL025	53°58'–26°40'	195	10С	1842–2020	21	0,82 ± 0,44	0,60
3. Малініева-сфагнава-чарнічныя хвойнікі							
VAL003	53°59'–26°30'	230	10С	1925–2020	19	1,01 ± 0,55	0,65
VAL008	53°59'–26°30'	130	10С	1904–2020	20	1,23 ± 0,75	0,59
STO014	53°49'–26°23'	160	8С2Б + Е	1877–2020	20	1,11 ± 0,67	0,63
IUE015	54°00'–26°11'	205	7С2Е1Б	1889–2020	19	0,79 ± 0,53	0,69
STO016	53°50'–26°26'	185	10С + Е + Б	1859–2020	19	0,67 ± 0,44	0,69
VAL019	53°59'–26°24'	200	10С + Е + Б	1827–2021	21	0,85 ± 0,64	0,66
4. Малініева-сфагнава-доўгаімховыя хвойнікі							
IUE011	53°59'–26°13'	200	10С + Е + Б	1938–2021	21	1,24 ± 0,63	0,75
STO012	53°44'–26°22'	180	9С1Е1 + Б	1844–2021	20	1,11 ± 0,66	0,65
5. Малініева-чарнічныя хвойнікі							
VAL007	54°00'–26°33'	140	10С+Е+Б	1889–2020	19	1,22 ± 0,71	0,61
VAL020	53°59'–26°36'	80	9С1Е+Б	1939–2020	20	1,60 ± 0,96	0,57
VAL021	54°00'–26°34'	95	6С4Е	1914–2021	20	1,29 ± 0,70	0,59
VAL024	54°00'–26°37'	130	7С3Е	1903–2020	20	1,59 ± 0,85	0,52
STO027	53°49'–26°24'	100	10С	1926–2020	20	1,30 ± 0,68	0,49
6. Ялова-чарнічныя тарфяныя хвойнікі							
VAL009	53°59'–26°22'	85	5С5Е	1943–2022	16	1,71 ± 0,96	0,50
VAL010	53°56'–26°23'	170	7С2Е1Б	1861–2021	22	2,28 ± 1,28	0,56
STO026	53°49'–26°23'	70	4С4Е2Б	1965–2020	10	2,18 ± 0,82	0,57
7. Балогна-травяныя тарфяныя хвойнікі							
STO013	53°44'–26°22'	90	7С2Е1Б	1940–2021	21	1,25 ± 0,63	0,66
VAL028	53°55'–26°28'	205	8С2Е+Б	1832–2022	19	1,19 ± 0,66	0,61
IUE029	54°00'–26°11'	200	7С3Е+Б	1830–2022	16	1,33 ± 0,76	0,43
IUE030	54°00'–26°11'	200	7С3Е+Б	1920–2022	11	1,34 ± 0,56	0,58
IUE031	53°54'–26°16'	170	8С2Б	1860–2022	20	0,96 ± 0,64	0,67

Заўвага. MRW – сярэдняя шырыня кольца, SD – стандартнае адхіленне, СС – сярэдні міжсерыяльны каэфіцыент карэляцыі.

У адпаведнасці з бягучым станам паводле экалага-фларыстычнай класіфікацыі ўсе аб'екты дадзенага аб'яднаны ў 7 групаў (табл. 2), дэталёвы геабатанічны аналіз якіх зроблены ў працы [23].

Група 1. Найменш парушаныя нізкабанітэтныя хвойнікі багуновыя і сфагнавыя. Да гэтай групы аднесены толькі два фітацэнозы на адным верхавым балоце ў квартале 33 Івянецкага лясніцтва.

Група 2. У значнай ступені асушаныя хвойнікі багуновыя і сфагнавыя. Адны з найбольш шырока распаўсюджаных трансфармаваных фітацэнозаў хвоі (восем пробных плошчаў).

Група 3. Моцнаасушаныя хвойнікі багуновыя і найбольш прадукцыйныя сфагнавыя, якія зараз маюць фітацэнатычнае аблічча блізкае да хвойнікаў чарнічных з глыбінёй торфу ў сярэднім 0,4 м. Займаюць ускраіны балотных масіваў.

Група 4. Фітацэнозы ўяўляюць сабой чыстыя хваёвыя фітацэнозы з дамешкам вольхі чорнай, гэта былыя хвойнікі доўгаімховыя ці моцнаасушаныя багуновыя.

Група 5. Моцнаасушаныя хвойнікі доўгаімховыя, якія зараз выглядаюць як хвойнікі чарнічныя з мінералізаванай глебай або торфамі да 30 см глыбінёй.

Група 6. Высокапрадукцыйныя мяшаныя хваёва-яловыя фітацэнозы з дамешкам *Populus tremula*. У наглебавым покрыве дамінуе *Oxalis acetosella*, *Dryopteris carthusiana*. Торф 0,7 м, пераходна-нізіннага тыпу. Да асушэння, найбольш верагодна, былі адкрытымі асаковымі балотамі.

Група 7. Двух'ярусныя хваёвыя фітацэнозы. У першым ярусе дамінуе *Pinus sylvestris*, у другім *Picea abies* і *Betula pubescens*. У наглебавым покрыве

дамінуе *Vaccinium myrtillus*, *Oxalis acetosella*, *Phragmites australis*, *Dryopteris carthusiana*. Агулам, фітацэнозы характарызуюцца найбольш багатым відавым складам расліннага покрыва. Глебы тарфяныя, пераходна-нізіннага тыпу (з глыбінёй торфу да 2 м).

Састаў дрэвастою, сярэдняю вышыню, дыяметр, банітэт вызначалі вакамерна пры неабходнасці ўдакладняючы некаторыя паказчыкі інструментальна (па 3–5 сярэдніх мадэльных дрэвах). Узроставаю структуру вызначалі на падставе адабраных кернаў драўніны.

Папярэдне фітацэнозы былі класіфікаваныя на падставе зробленых геабатанічных апісанняў метадамі фларыстычнай класіфікацыі [24], пры гэтым улічваліся глыбіня, тып торфу і ступень яго асушэння.

На кожнай ПП адбіраліся керна драўніны ў 15–25 дрэў *Pinus sylvestris* L. I–II класа Крафта на вышыні 0,5–0,8 м ад паверхні зямлі з двух процілеглых бакоў ствала. Усяго ў бягучы аналіз узяты 1290 кернаў драўніны і вымерана 67 575 кольцаў.

У камеральных умовах падрыхтаваныя керна сканавалі на сканеры HP ScanjetG4010 з раздзяленнем 1200 dpi. Вымярэнне шырыні гадавых кольцаў выконвалі па адсканаваным малюнку ў праграмным забеспячэнні ArcGIS з дакладнасцю 0,01 мм. Пры наяўнасці гадавых кольцаў шырынёй менш 0,5 мм іх вымярэнне выканана з выкарыстаннем паўаўтаматычнай сістэмы LINTAB і праграмнага абсталявання TSAP (Rinntech-Metriwerk GmbH & Co). Для кожнага дрэва з двух вымераных кернаў атрымлівалі сярэдняю серыю гадавых кольцаў.

Табліца 2. Класіфікацыя меліяратыўна-вытворных хвойнікаў заказніка «Налібоцкі»

Table 2. Classification of drained pine forests of the Naliboksky Nature Reserve

№	Сінтаксон (па Браўн-Бланке)	Група асацыяцый*	Характарыстыкі торфу		
			глыбіня, м	pH	попельнасць, %
1	<i>Vaccinio uliginosi – Pinetum sylvestris</i> var. <i>typica</i>	Хмызнячкова-сфагнавыя хвойнікі	1,8	2,63	7,50
2	<i>Vaccinio uliginosi – Pinetum sylvestris</i> var. <i>Vaccinium myrtillus</i>	Чарнічна-багуновыя хвойнікі	1,2	2,72	6,22
3	<i>Molinia caeruleae – Pinetum sylvestris</i> var. <i>Vaccinium uliginosum</i>	Малініева-сфагнава-чарнічныя хвойнікі	0,7	2,60	7,57
4	<i>Molinia caeruleae – Pinetum sylvestris</i> subas. <i>Ledetosum palustris</i>	Малініева-сфагнава-доўгаімховыя хвойнікі	0,5	2,71	12,16
5	<i>Molinia caeruleae – Pinetum sylvestris</i> var. <i>typica</i>	Малініева-чарнічныя хвойнікі	0,1	–	–
6	<i>Carici remotae – Piceetum abietis</i> var. <i>inops</i>	Ялова-чарнічныя тарфяныя хвойнікі	0,7	3,20	14,73
7	** <i>Pinus sylvestris – Thelypteris palustris – Sphagnum centrale</i> [<i>Vaccinio – Piceetea</i>]	Балотна-травяныя тарфяныя хвойнікі	0,7	3,52	11,00

*Экалага-фітацэнатычная (дамінантная) класіфікацыя.
**Безрангавае згуртаванне (фітацэнон) класа *Vaccinio – Piceetea*.

Перакрывавае датаванне асобных серый гадавых кольцаў і дрэвава-кальцавых храналогій (ДКХ) выканана ў праграме COFESHA 6.06 P [25] з візуальнай праверкай па графіках, пабудаваных у праграмным пакеце Microsoft Excel. Разлікі крывых для элімінавання ўзроставаых трэндаў і індэксаў прыросту, а таксама аўтарэгрэсіўнае мадэляванне выкананы ў праграме ARS-TAN40c [25]. Групаванне храналогій па тыпах лесу да асушэння выканана на падставе аналізу хуткасці росту дрэў па радыусе ствала і кластарнага аналізу храналогій, згладжаных 10-гадовым сплайнам.

Для вызначэння сінхронных рэзкіх зменаў, звязаных з кліматычнымі ваганнямі ў радыяльным прыросце дрэў з розных насаджэнняў, а таксама для ўдакладнення перыядаў асушэння выкарыстаны паказчык зменлівасці прыросту (%GC) па метадазе Новака і Абрамса [26]. Гэты паказчык разлічваецца для кожнага дрэва і кожнай серыі гадавых кольцаў па формуле:

$$\%GC = (M_2 - M_1) / (M_1) \times 100,$$

дзе M_1 – сярэдняе значэнне прыросту за апошнія 10 гадоў; M_2 – сярэдняе значэнне прыросту ў наступныя 10 гадоў. Каэфіцыент паказвае суадносіны паміж прыростаўмі ў наступныя і мінулыя 10 гадоў. Максімальны каэфіцыент будзе ў той год, калі максімальна змяніўся прырост.

Для вызначэння тыпу лесу да асушэння па кожнай ПП былі пабудаваны кумуляты радыяльнага прыросту дрэў і ўзроставаыя крывыя за перыяд да 1969 г. Месца фітацэнозаў на восі вільготнасці было вызначана пры параўнанні з кумулятамі неасушаных мадэльных дрэвастояў з вядомых тыпаў балотных хвойнікаў, якія захоўваюцца ў дэндрахраналагічнай базе звестак Belarus Tree Ring Database [8]. Месца фітацэнозаў на восі багацця глебы вызначана на падставе попельнасці торфу і формы ўзроставай крывой.

Адным з асноўных метадычных прыёмаў дэндрахраналогіі для выяўлення зменлівасці прыросту гадавых кольцаў, абумоўленай экагенным уздзеяннем, з'яўляецца стандартызацыя значэнняў абсалютнага радыяльнага прыросту. У нашых даследаваннях для стандартызацыі быў выкарыстаны метада рэгіянальных крывых RCS (Regional Curve Standardization), прапанаваны К. R. Briffa et al. [27]. Асаблівасць метаду ў тым, што ён дазваляе захоўваць доўгаперыядычныя ваганні, а ў нашым выпадку ён дазволіў выявіць інтэнсіўнасць асушэння і рэакцыю дрэвастоя на паўторнае забалочванне. Для кожнай групы тыпаў лесу да асушэння былі пабудаваны асобныя ўзроставаыя крывыя, якія былі выкарыстаны для разліку індэксаў радыяльнага прыросту. Дадаткова статыстычная апрацоўка і візуалізацыя звестак праведзена ў праграмах Microsoft Excel і Statistica.

ВЫНІКІ ДАСЛЕДАВАННЯЎ І ІХ АБМЕРКАВАННЕ

Узроставаыя структура. Па матэрыялах лесаўпарадкавання, усе даследаваныя дрэвастоя аднаўзроставаыя, іх сярэдні ўзрост не перавышае 120 гадоў. Тым не менш іх узроставаыя структура аказалася даволі разнастайная: ад аднаўзроставаых да абсалютна рознаўзроставаых. Максімальны ўзрост дрэў, адзначаны на ПП VAL002, – 230 гадоў, мінімальны на ПП VAL010 – 60 гадоў. Большасць ацэненых дрэў з'явілася да асушальнай меліярацыі, што дазваляе зрабіць рэканструкцыю ўмоў росту да змены гідралагічнага рэжыму.

Толькі пяць з даследаваных дрэвастояў (VAL009, STO013, VAL020, STO026, IUE030) з'яўляюцца адносна аднаўзроставаымі, а пераважная большасць – рознаўзроставаымі з разрывам бесперапыннага ланцуга генерацый. Звычайна сустракаюцца два асноўныя пакаленні, але ў старых дрэвастоях можа быць і тры (VAL004, IUE006, IUE011, STO014, IUE015, STO016, VAL023, VAL024), і чатыры (STO012, VAL019, VAL025, IUE029, IUE031) генерацыі. Дрэвастой на ПП VAL028 з'яўляецца абсалютна рознаўзроставым з раўнамерным змешваннем дрэў. Найбольш часта ў дрэвастоях сустракаецца 90–100-гадовае пакаленне (з'явілася ў 1920–1930 гг.).

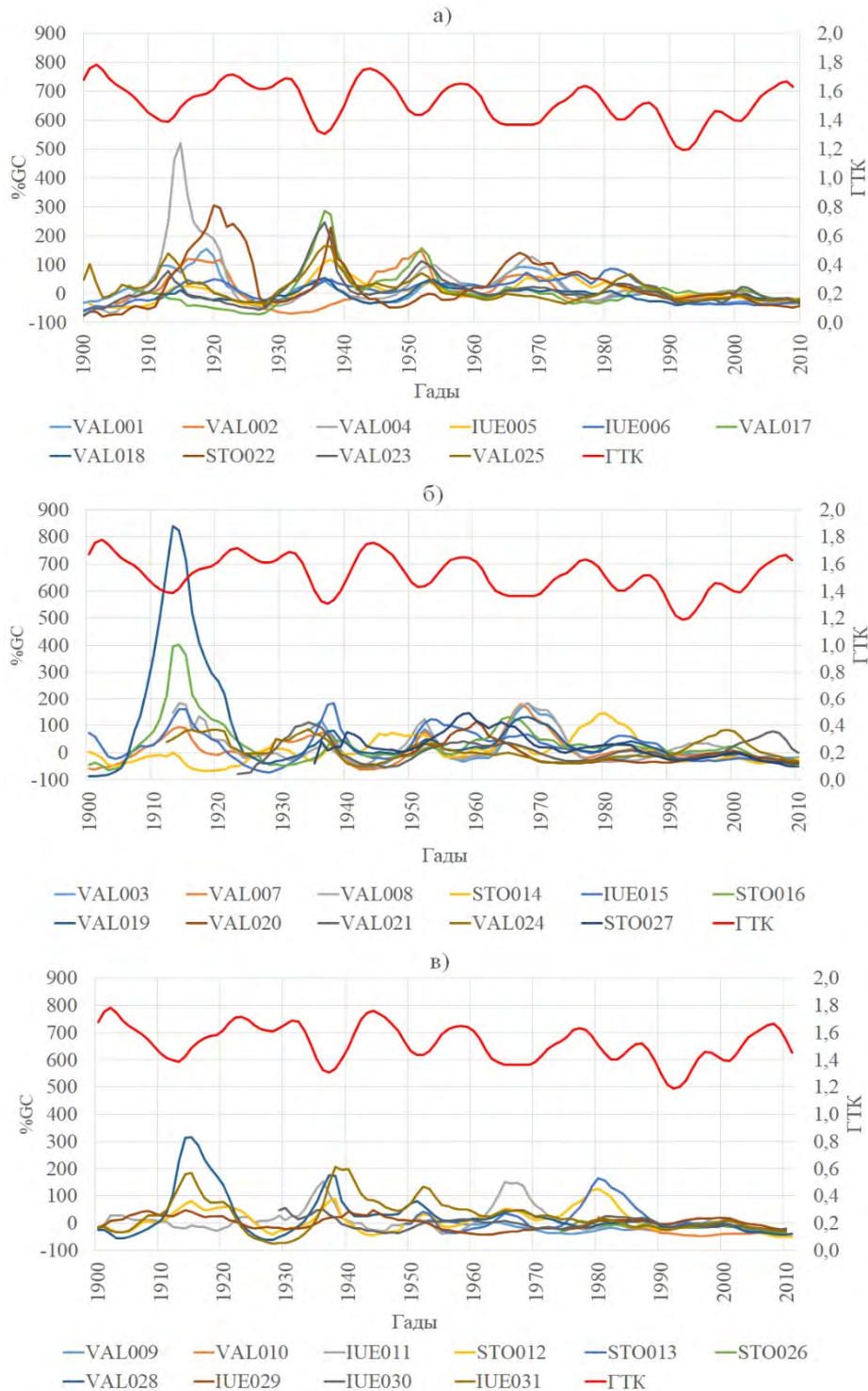
Масавое з'яўленне адной узроставай генерацыі на хвой на балотах звычайна звязана з наступствамі нізавых пажараў, якія могуць адбывацца пасля шэрагу сухіх гадоў. Якраз папярэдняе дзесяцігоддзе было досыць засушлівым (мал. 3, гл. мал. 2).

Змены ў гідратэрмічным рэжыме і перыяды правядзення асушальнай меліярацыі. Паказчык зменлівасці прыросту (%GC) указвае не толькі на перыяды, калі адбылася асушальная меліярацыя, але і на кліматычныя змены, уплыў якіх сінхронна праяўляецца ва ўсіх ДКХ балотнай хвой [16]. Гэта добра адлюстроўваюць і нашы звесткі (гл. мал. 3). Да пачатку асушальнай меліярацыі радыяльны прырост ва ўсіх дрэвастоях павялічваўся і паніжаўся ў аднолькавыя перыяды. У XX ст. яго павышэнні адбываліся ў 1911–1915, 1936–1938, 1950–1952, 1963–1965 гг., што звязана з паніжэннем ГТК у гэтыя ж перыяды (мінімальныя сярэднія значэнні адпаведна 1,40, 1,31, 1,43, 1,36). Адмоўны каэфіцыент карэляцыі паміж зменным 10-гадовым ГТК і сярэднім %GC для ўсіх ДКХ за перыяд 1901–1960 гг. складае -0,73, а ў асобных насаджэннях дасягае -0,77. Фактычна ўстойлівае паніжэнне ГТК стымулюе рост хвой на непарушаных балотах за кошт пэўнага іх асушэння. Максі-

мальных сярэдніх велічынь радыяльны прырост дасягае толькі праз 3–6 гадоў пасля мінімальнага велічынь ГТК і наадварот (мал. 4).

Крывыя радыяльнага прыросту да асушэння і ГТК з’яўляюцца люстранымі, але з адпаведным

зрухам у сярэднім на 5 гадоў. Каэфіцыент карэляцыі паміж імі дасягае $-0,77$ для асобных ДКХ. Адсюль вынікае, што ўплыў гідратэрмічнага рэжыму на радыяльны прырост дрэў хвойі на балотах мае назапашвальны эффект. Торф выступае як

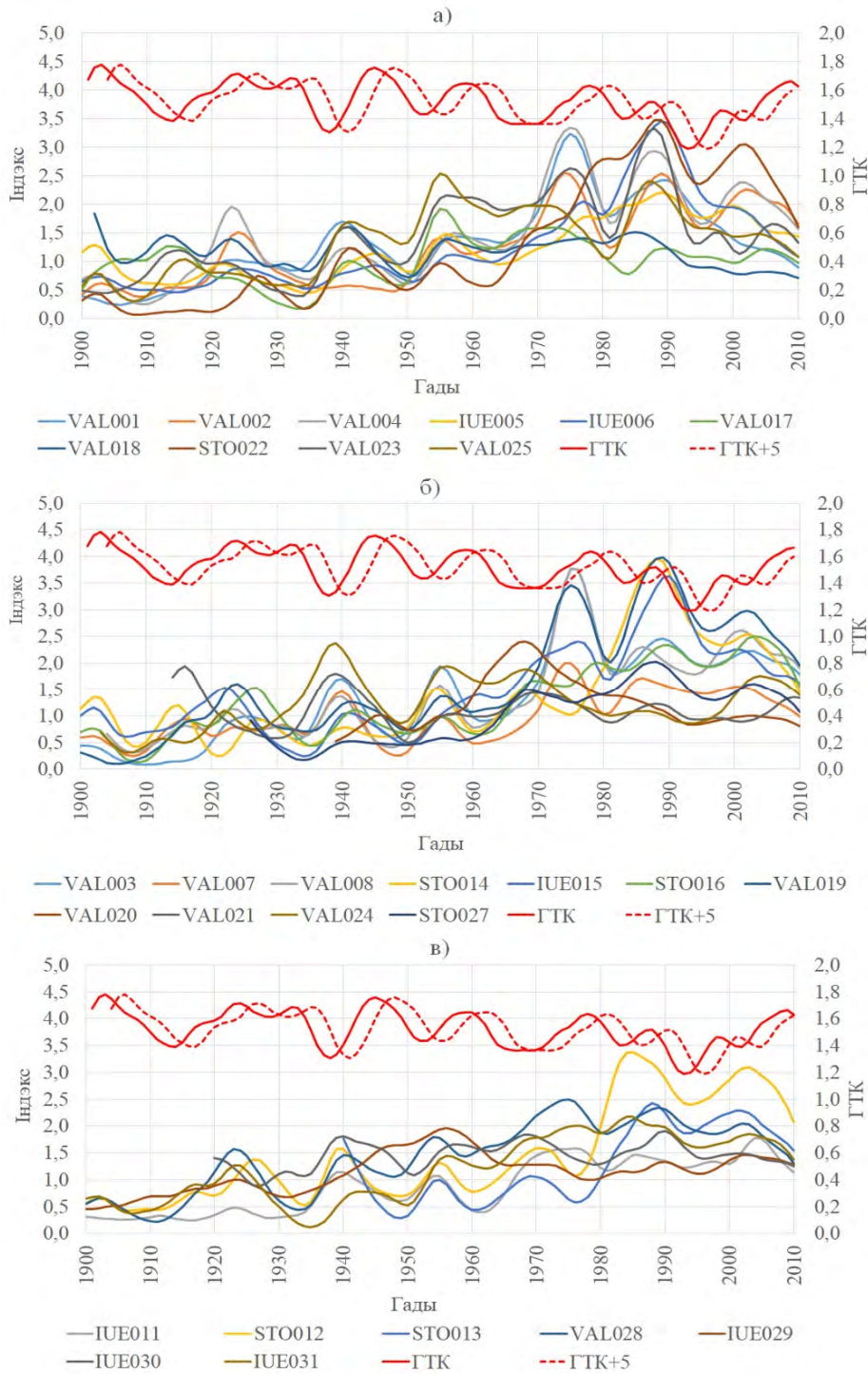


Мал. 3. Дынаміка %GC асобных ДКХ і зменнага 10-гадовага ГТК:

а) хвойнікі хмызнячкова-сфагнавыя і чарнічна-багуновыя; б) хвойнікі малініева-сфагнава-чарнічныя і малініева-чарнічныя; в) хвойнікі малініева-сфагнава-доўгаімховыя, ялова-чарнічныя тарфяныя і балотна-травяныя тарфяныя

Fig. 3. Dynamics of %GC of individual TRC and moving 10-year HTC:

a) shrub-sphagnum and blueberry-ledum pine forests; b) raspberry-sphagnum blueberry and raspberry-blueberry pine forests; c) raspberry-sphagnum-long-moss pine forests, spruce-blueberry peat and marsh-grass peat



Мал. 4. Зменныя 10-гадовыя стандартызаваня ДКХ і ГТК:

а) хвойнікі хмызнячкова-сфагнавыя і чарнічна-багуновыя; б) хвойнікі малініева-сфагнава-чарнічныя і малініева-чарнічныя; в) хвойнікі малініева-сфагнава-доўгаімховыя, ялова-чарнічныя тарфяныя і балотна-травяныя тарфяныя

Fig. 4. Moving 10-year standardized TRC and HTC:

а) shrub-sphagnum and blueberry-ledum pine forests; б) raspberry-sphagnum blueberry and raspberry-blueberry pine forests; в) raspberry-sphagnum-long-moss pine forests, spruce-blueberry peat and marsh-grass peat

акумулятар вады, і таму аднагадовыя засухі амаль не адбываюцца на радыяльным прыросце дрэў. І тое ж самае адбываецца ў перыяды пасля засух – калі пачынаюцца ападкі, то патрэбен некаторы час, каб торфу насыціцца вадой і ўзро-

вень стаяння балотных водаў пачаў адмоўна ўплываць на радыяльны прырост. Такім чынам, вельмі складана рабіць пагадовую рэканструкцыю дынамікі кліматычных фактараў на падставе радыяльнага прыросту балотнай хвоі, але ён

з'яўляецца вельмі добрым інструментам для рэканструкцыі перыядычных рэгіянальных змен у гідратэрмічным рэжыме [17, 28].

У гэтай працы мы выкарыстоўваем тэрмін «год асушэння», але фактычна гэта год, які папярэднічае году, калі асушэнне паўплывала на радыяльны прырост дрэў. У залежнасці ад адлегласці да канала і магутнасці торфу ён можа супадаць з рэальным годам будаўніцтва асушальнай сеткі (калі дрэвастой расце непасрэдна каля канала) ці гэта адбываецца праз 2–3 гады (калі дрэвастой расце на адлегласці ў 100 і больш метраў ад канала). Гэта добра адлюстроўваюць дрэвастой на ПП VAL017, VAL018, VAL023, VAL025, якія растуць на адным верхавым балоце. Першыя дзве размешчаны на аддаленні ад магістральнага канала, і будаўніцтва асушальнай сеткі паўплывала на іх у нязначнай ступені толькі у 1971 г., а апошнія дзве размешчаны каля магістральнага канала, і асушэнне паўплывала на радыяльны прырост ужо ў 1969 г. (табл. 3).

Толькі фітацэнозы на трох ПП (VAL009, VAL020, VAL024) былі асушаны ў даваенны час, а асноўны перыяд асушальнай меліярацыі прыпаў на перыяд 1960–1970-х гг. (гл. табл. 3). У гэты час пачалася рассінхранізацыя %GC у асобных дрэвастоях (гл. мал. 3) і яго рэзкае павышэнне на асобных ПП у розныя гады якраз звязана з будаўніцтвам асушальных сетак. Карэляцыя паміж сярэднім %GC для ўсіх ДКХ за перыяд 1980–2015 гг. складае толькі -0,28. Яна застаецца адмоўнай для часткі дрэвастояў, а для асобных, найбольш асушаных, яна мяняе свой знак на станоўчы (у першую чаргу ў хвоніках з малой глыбіней торфу).

Напрамкі сукцэсій у асушаных хваёвых лясах.

Адной з мэт работы з'яўлялася вызначэнне тыпалагічнага статусу фітацэнозаў да асушэння. Толькі

ў гэтым выпадку можна дакладна параўнаць уплыў асушальнай меліярацыі на іх трансфармацыю. На неасушаных балотах рост дрэў хвойнітаваны ў першую чаргу гідралагічным рэжымам. Таму па велічыні радыяльнага прыросту балотнай хвойні можна меркаваць аб месцы фітацэноза на восі вільготнасці, а па форме ўзроставай крывой і попельнасці торфу – на восі багацця глебы.

Усе фітацэнозы былі аб'яднаны ў 5 групаў адпаведна беларускай лясной тыпалогіі [9], і для кожнай з іх метадам RCS былі пабудаваны ўзроставыя крывыя (мал. 5) і стандартызаваныя ДКХ (мал. 6).

I. Хвойнікі сфагнавыя (*Pinetum sphagnosum*), якія адпавядаюць сінтаксону *Sphagno-Pinetum sylvestris* экалага-фларыстычнай класіфікацыі (VAL001, VAL003, VAL004, IUE005, IUE006, IUE15, STO016, VAL017, VAL018, VAL019, STO022, VAL023, VAL025). Вельмі нізкапрадукцыйныя дрэвастой пераважна V^a класа банітэту, якія растуць на алігатрофных балотах. Сярэдні радыяльны прырост пасля 50 гадоў утрымліваецца на ўзроўні каля 0,5 мм.

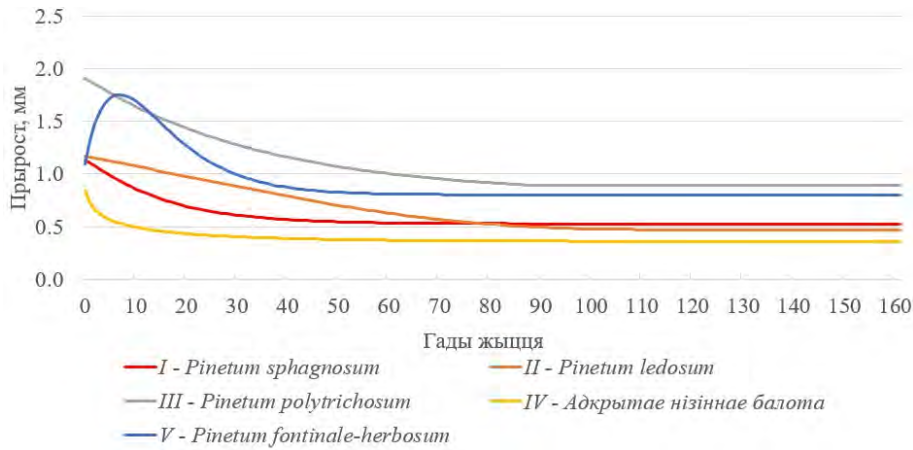
II. Хвойнікі багуновыя (*Pinetum ledosum*), адпавядаюць сінтаксону *Vaccinio uliginosi – Pinetum sylvestris* var. *typica* экалага-фларыстычнай класіфікацыі (VAL002, VAL008, STO012, STO014). Дрэвастой IV–V класа банітэту. У першыя 20–30 гадоў жыцця радыяльны прырост дрэў у 1,5 разы вышэй, чым у хвойніках сфагнавых, але пасля 80 гадоў ён таксама ўсталёўваецца на ўзроўні каля 0,5 мм.

III. Хвойнікі доўгаімховыя (*Pinetum polytrichosum*), адпавядаюць сінтаксону *Molinia caeruleae – Pinetum sylvestris* subas. *Ledetosum palustris* (VAL007, IUE011, VAL020, VAL021, VAL024, STO027). Адны з найбольш прадукцыйных дрэ-

Табліца 3. «Год асушэння» дрэвастояў на пробнай плошчы

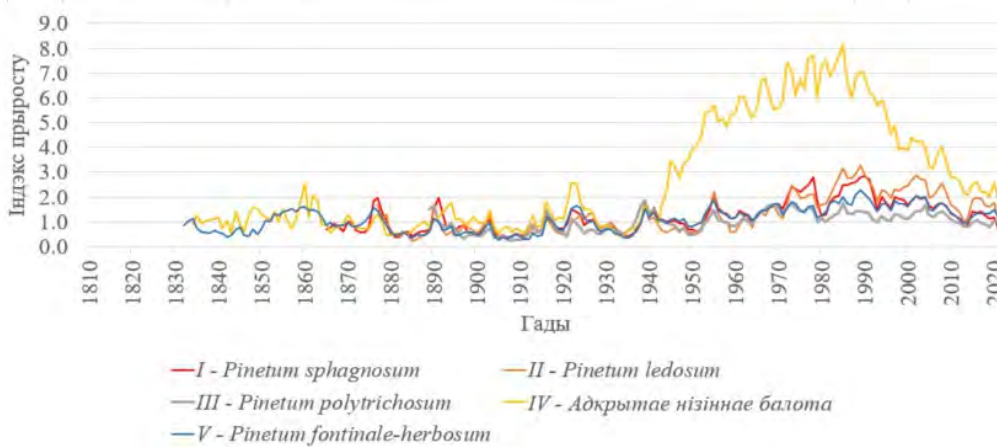
Table 3. «Year of drainage» of tree stands on trial plot

«Год асушэння»	Нумар ПП
1934	VAL024
1960	VAL021
1964	IUE011, STO016, STO027
1965	IUE031
1967	IUE015, STO022, VAL028
1969	VAL004, VAL023, VAL025
1971	VAL001, VAL002, VAL003, VAL007, VAL008, VAL010, VAL017, VAL018, VAL019
1973	IUE005
1975	IUE006
1979	STO012, STO014
1980	STO013
Да 1941*	VAL009, VAL020
Да 1965*	VAL026
1960-я (дакладны год невядомы)	IUE029, IUE030
*Сучасная генерацыя дрэў з'явілася пасля асушэння.	



Мал. 5. Узроставыя крывыя дрэвастояў розных тыпаў лесу да асушэння

Fig. 5. Age curves of tree stands of various types of forest before drainage



Мал. 6. Стандартызаваныя ДКХ розных тыпаў лесу да асушэння

Fig. 6. Standardized TRC of various types of forests for drainage

вастояў да асушэння. Гэта экатонныя фітацэнозы паміж балотам і сухадолам. Паколькі каранёвыя сістэмы дасягаюць мінеральнай глебы, то банітэт дрэвастояў III–IV. Сярэдні радыяльны прырост пасля 100 гадоў стабілізуецца на ўзроўні 0,9 мм.

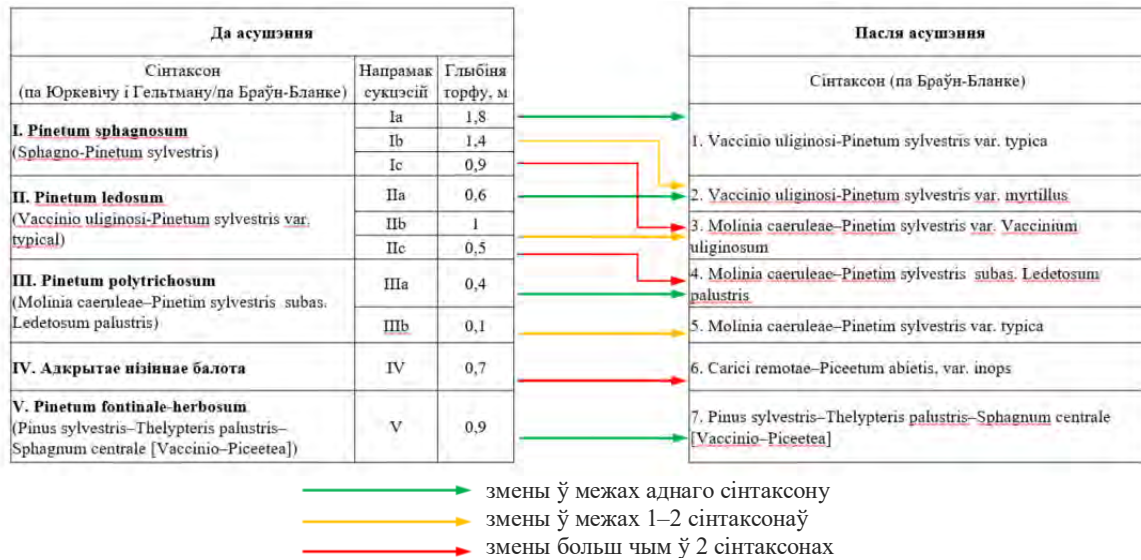
IV. Адкрытыя нізінныя балоты (VAL009, VAL010, VAL026). Большасць дрэвастояў гэтай групы з’явілася пасля асушэння. Толькі на адной пробнай плошчы былі знойдзены дрэвы высокага ўзросту. Радыяльны прырост адпавядае банітэту, ніжэйшаму за V^б (ніжэй за 0,4 мм), што разам з малой колькасцю старых дрэў і высокай попельнасцю торфу сведчыць аб тым, што да асушэння гэта былі адкрытыя балоты з рэдкай дрэвавай расліннасцю.

V. Фітацэнозы, якія ў беларускай лясной тыпалогіі найбольш блізкія да хвойнікаў прыручаёва-травяных (*Pinetum fontinale-herbosum*) ці асакова-сфагнавых (*Pinetum caricoso-sphagnosum*), але ад першых адрозніваюцца большай глыбінёй торфу, а ад другіх – багаццем. Адпавя-

даюць сінтаксону *Pinus sylvestris* – *Thelypteris palustris* – *Sphagnum centrale* [*Vaccinio* – *Piceetea*] (STO013, VAL028, IUE029, IUE030, IUE31). Сярэдні радыяльны прырост пасля 60 гадоў утрымліваецца на ўзроўні каля 0,8 мм.

Пасля асушэння хваёвыя фітацэнозы аднаго тыпу лесу могуць трансфармавацца ў розныя меліярацыйна-вытворныя тыпы лесу ці захавацца без значных зменаў. У першую чаргу гэта залежыць ад глыбіні торфу і ступені асушэння. На мал. 7 прыведзены напрамкі такіх сукцэсійных зменаў.

Хвойнікі сфагнавыя (*Pinetum sphagnosum*) на глыбокіх тарфах (больш за 2 і больш метраў глыбінёй), якія займаюць цэнтральныя часткі верхніх балотаў, пераўтвараюцца нязначна (напрамак I^а). Паводле беларускай лясной тыпалогіі яны застаюцца ў межах таго ж тыпу лесу (дрэвастой V^а–V^б банітэту), але зрушваюцца на самую мяжу з хвойнікамі багуновымі (*Pinetum ledosum*). Большасць сфагнавых хвойнікаў на тарфах з сярэдняй глыбінёй каля 1,4 м трансфармуюцца ў больш прадукцыйныя меліярацыйна-вытворныя



Мал. 7. Схема сукцэсій у хвойніках пасля асушэння

Fig. 7. Scheme of successions in pine forests after drainage

хвойнікі багуновыя, якія адпавядаюць сінтаксону *Vaccinio uliginosi – Pinetum sylvestris* var. *Vaccinium myrtillosum* экалага-фларыстычнай класіфікацыі (напрамак Ib). На ўскрайках балотаў з невялікай глыбінёй торфу хвойнікі сфагнавыя трансфармуюцца ў найбольшай ступені. Яны пераўтвараюцца ў малініева-сфагнава-чарнічныя хвойнікі (as. *Molinia caeruleae – Pinetum sylvestris* var. *Vaccinium uliginosum*). Пад полагам з’яўляецца вялікая колькасць елкі і пры захаванні асушальных сістэм у добрым стане сукцэсія ў далейшым ідзе ў бок фармавання яловых лясоў.

Класічныя хвойнікі багуновыя (*Pinetum ledosum*), якія адпавядаюць сінтаксону *Vaccinio uliginosi – Pinetum sylvestris* экалага-фларыстычнай класіфікацыі [29, 30], толькі ў рэдкіх выпадках пасля асушэння застаюцца ў межах тыпу лесу (напрамак IIa). Звычайна гэта здараецца ў выпадках, калі асушальныя сеткі амаль не працуюць. Прыкметай таго, што асушэнне ўсё ж такі ўплывае на фітацэноз, з’яўляецца дамінаванне ў жывым наглебавым покрыве (ЖНП) *Vaccinium myrtillosum* пры захаванні іншых балотных відаў. Фітацэнозы адпавядаюць асацыяцыі *Vaccinio uliginosi – Pinetum sylvestris* var. *Vaccinium myrtillosum* [30]. Часцей на торфах глыбінёй у сярэднім 1,0 м хвойнікі багуновыя набываюць фітацэнатычнае аблічча малініева-сфагнава-чарнічных хвойнікаў (IIIb), адпаведных асацыяцыі *Molinia caeruleae – Pinetum sylvestris* var. *Vaccinium uliginosum*. У экатонных зонах на неглыбокіх тарфах адзначаюцца выпадкі трансфармацыі хвойнікаў багуновых у хвойнікі доўгаімховыя (IIc), якія адпавядаюць сінтаксону *Molinia caeruleae – Pinetum sylvestris* subas. *Ledetosum palustris*. Гэта адпавядае агульнавядомым тэндэнцыям змены асацыяцыі *Vaccinio uliginosi – Pi-*

netum sylvestris на асацыяцыю *Molinia caeruleae – Pinetum sylvestris*, якія дынамічна звязаны [29].

Хвойнікі доўгаімховыя (*Pinetum polytrichosum*), якія адпавядаюць сінтаксону *Molinia caeruleae – Pinetum sylvestris* subas. *Ledetosum palustris*) пры невялікай ступені асушэння трансфармуюцца нязначна (IIIa), адпавядаюць малініева-сфагнава-чарнічным хвойнікам і застаюцца ў межах сінтаксону. Калі асушэнне больш значнае ці глыбіня торфу нязначная, то хвойнікі доўгаімховыя трансфармуюцца ў хвойнікі чарнічныя (*Pinetum myrtillosum*), адпаведныя асацыяцыі *Molinia caeruleae – Pinetum sylvestris* subas. *Ledetosum palustris* (напрамак IIIb).

Найбольш радыкальныя фітацэнатычныя змены адбываюцца пасля асушэння **адкрытых нізінных балотаў**. На глыбокім торфе ўздоўж вадатокаў з’яўляюцца хвойнікі ялова-чарнічныя (сінтаксон *Carici remota – Piceetum abietis* var. *inops*), якія па знешнім выглядзе нагадваюць звычайныя хвойнікі чарнічныя, але з больш разнастайным ЖНП (напрамак IV). Пра тое, што гэтыя балоты адкрытыя, сведчыць наступнае: усе даследаваныя дрэвастоі аднаўзроставыя і з’явіліся адразу пасля асушэння. Толькі ў адным з іх была знойдзена невялікая колькасць старых дрэў, радыяльны прырост якіх да асушэння быў самы нізкі з усіх даследаваных лясоў (ніжэй за 0,4 мм) і пасля асушэння перавысіў гэтыя паказчыкі ў 9–12 разоў. Сукцэсіі ў такіх лясах ідуць у напрамку фармавання яловых фітацэнозаў.

Хвойнікі прыручаёва-травяныя (*Pinetum fontinale-herbosum*) (*Pinus sylvestris – Thelypteris palustris – Sphagnum centrale*) – да асушэння характарызаваліся адносна высокім прыростам, падобным да экатонных хвойнікаў доўгаімховых.

Пасля асушэння ўсе яны засталіся ў межах таго ж сінтаксона *Pinus sylvestris – Thelypteris palustris – Sphagnum centrale* (напрамак V). Па знешнім выглядзе яны нагадваюць фітацэнозы папарацевых лясоў [9].

Динаміка радыяльнага прыросту падчас змен гідралагічнага рэжыму. Ступень павелічэння радыяльнага прыросту пасля асушэння сведчыць аб яго эфектыўнасці, што было паказана ў шматлікіх працах [8, 11]. Адначасова дынаміка шырыні гадавых кольцаў добра адлюстроўвае і тыпалагічныя змены ў асушаных лясах [8].

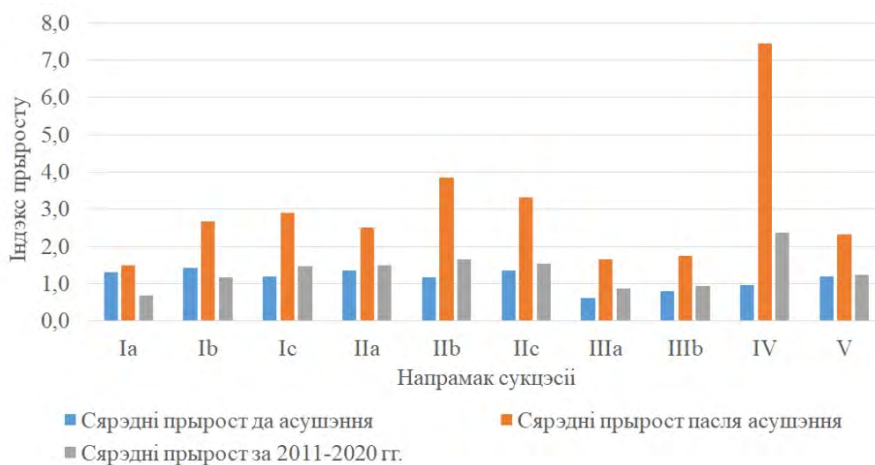
Нашы вынікі паказваюць, што напрамак сукцэсіі ў балотных хвойніках цесна звязаны са ступенню павелічэння шырыні гадавых кольцаў (мал. 8). Трэба адзначыць, што непасрэдна перад асушэннем на большасці ПП 10-гадовы сярэднеперыядычны індэкс прыросту быў вышэйшы за 1,0 (1,17–1,43). Выключэнне складаюць дрэвастой групы IIIa, IIIb і IV, большасць з якіх была асушана ў ранейшы перыяд. Больш высокі індэкс прыросту перад асушэннем адлюстроўвае ўплыў устойлівага паніжэння ГТК, якое назіралася ў 1960-х гг. (гл. мал. 2–4). У выніку асушальнага меліярацыя 1970-х гг. мела кумулятыўнае ўздзеянне разам з кліматычным асушэннем, што прывяло да пераасушэння тэрыторыі заказніка.

З аднаго боку, у радыяльным прыросце добра бачна павелічэнне радыяльнага прыросту па розных напрамках сукцэсіі адразу пасля асушэння. У найменш асушаных хвойніках сфагнавых (Ia) сярэднеперыядычны максімальны індэкс прыросту пасля асушэння склаў толькі 1,5, у Ib – 2,67, а ў Ic – 2,9. Таксама ў найменш асушаных хвойніках багунововых (IIa) максімальны індэкс дасягнуў 2,51, а ў IIb і IIc – больш за 3,3. Павелічэнне індэкса прыросту ў групах IIIa (1,62) і IIIb (1,75) добра

пацвярджае, што фітацэнатычна хвойнікі доўгаімховыя трансфармуюцца падчас асушэння ў малой ці сярэдняй ступені (гл. мал. 7). Найбольш значныя змены адбываюцца ў радыяльным прыросце дрэў на адкрытых нізінных балотах – сярэднеперыядычны максімальны індэкс прыросту дрэў пасля асушэння дасягнуў 7,45. Нелясныя фітацэнозы, дзе рост дрэў быў амаль немагчымы, хутка трансфармаваліся ў высокабанітэтныя хвойнікі.

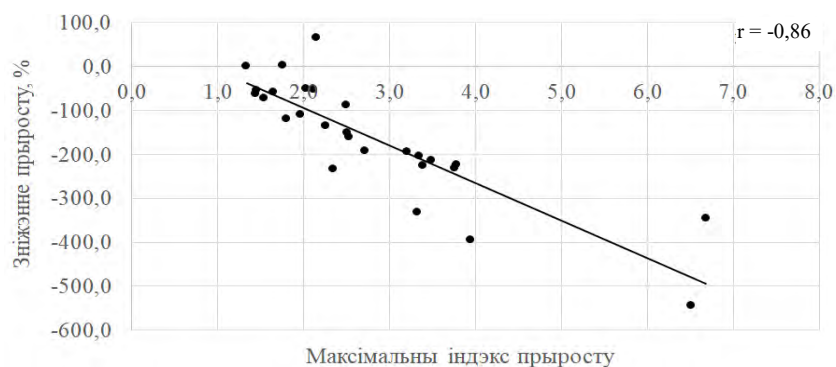
З другога боку, пераасушэнне тэрыторыі хутка прывяло да рэзкага пагаршэння стану дрэвастояў, што добра адлюстроўвае рэзкае паніжэнне прыросту (гл. мал. 6) падчас засушлівых 1980–1981 гг. Пры гэтым самы глыбокі правал у прыросце (да 5,5 разоў) назіраецца ў найбольш асушаных фітацэнозах і цалкам мае лінейную залежнасць ад ступені асушэння (мал. 9). Каэфіцыент карэляцыі складае -0,86. Такія рэзкія зніжэнні прыросту на працягу 1–2 гадоў нехарактэрны ні для сухадольных, ні для непарушаных балотных хвойнікаў. Адначасова павінна была адбывацца і масавая гібель дрэў у найбольш асушаных дрэвастоях, як гэта было адзначана ў той жа час у асушаных хвойніках Белавежскай пушчы [8].

Аднаўленне радыяльнага прыросту пасля правалу 1980–1981 гг. адбывалася на працягу некалькіх гадоў па меры адаптацыі дрэў да новых гідралагічных умоў і захоўвалася на высокім узроўні 20–30 гадоў пасля асушэння (гл. мал. 6). Але паколькі з 1990-х гг. мерапрыемствы па аднаўленні асушальных сетак не праводзіліся, то яны паступова прыйшлі ў заняпад. Зніжэнне індэксаў прыросту ў апошнія дзесяцігоддзе якраз і адлюстроўвае гэтыя працэсы. Аднак на большай частцы тэрыторыі заказніка ўплыў асушэння дагэтуль захоўваецца (мал. 10), хоць і не ў такой ступені, як да пачатку дэградацыі асушальных сетак.



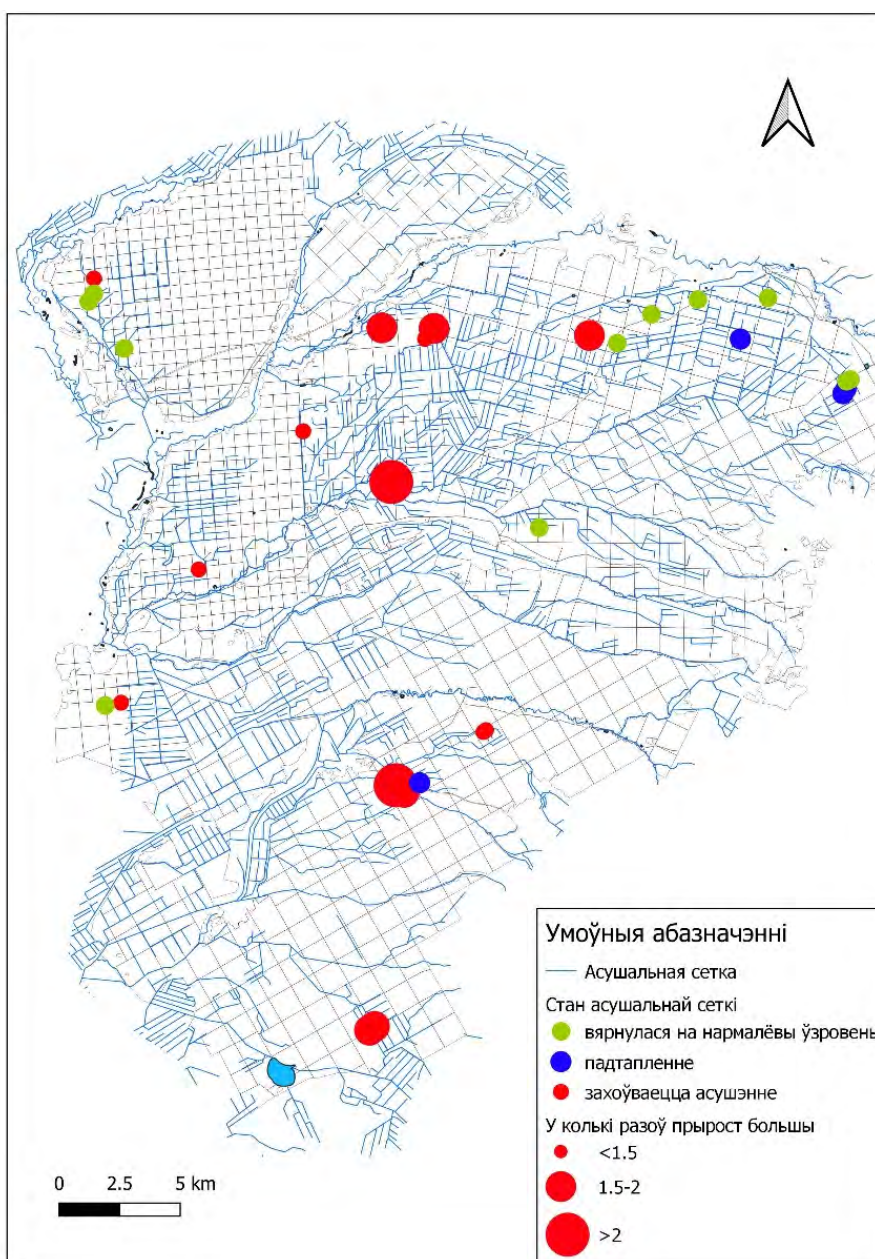
Мал. 8. Індэкс радыяльнага прыросту па напрамках сукцэсіі

Fig. 8. Radial growth indices by succession directions



Мал. 9. Залежнасць зніжэння прыросту ў 1980–1981 гг. (%) ад ступені асушэння (сярэднеперыядычнага максімальнага індэкса прыросту пасля асушэння)

Fig. 9. Dependence of the decrease in growth in 1980–1981 (%) of the degree of drainage (average periodic maximum index of growth after drainage)



Мал. 10. Стан асушальных сетак заказніка «Налібоцкі»

Fig. 10. Condition of drainage networks of the Naliboksky Nature Reserve

На 16 з 31-й ПП (48,3%) прырост застаецца большы за яго значэнні да асушэння. Пры гэтым на дзвюх ПП (STO013 і STO026) ён застаецца параўнальна высокім (больш, чым у 2 разы), а на шасці ПП (VAL003, VAL009, STO013, STO014, VAL019, STO022) прырост у 1,5–2 разы большы за паказчыкі да асушэння. На астатніх васьмі ПП (VAL002, VAL004, IUE005, VAL008, IUE015, STO016, STO022, IUE031) прырост застаецца ў 1,2–1,5 разы большы. Вялікая колькасць лясоў, у якіх захоўваецца значны ўплыў асушальнай меліярацыі, сканцэнтравана ў цэнтральнай частцы заказніка, дзе самая высокая густата асушальнай сеткі.

ЗАКЛЮЧЭННЕ

Заказнік «Налібоцкі» з'яўляецца асабліва падахоўнай прыроднай тэрыторыяй са значна парушаным гідралагічным рэжымам у выніку масавай асушальнай меліярацыі ў 1960–1980-х гг. (невялікая частка лясоў была асушана ў даваенны перыяд), якая наклалася на кліматычнае асушэнне 1940–1960-х гг. У выніку кумулятыўнага эфекту адбылося пераасушэнне тэрыторыі, што хутка прывяло да рэзкага пагаршэння стану дрэвастояў, добра адлюстраванага ў рэзкім паніжэнні прыросту падчас засушлівых 1980–1981 гг. Пры гэтым спад у прыросце быў самым вялікім (у некалькі разоў) у найбольш асушаных фітацэнозах і цалкам меў дакладную лінейную залежнасць ад ступені асушэння.

Адначасова адбылася трансфармацыя фітацэнаматычнага аблічча натуральных балотных хвойнікаў. Хваёвыя фітацэнозы аднаго і таго ж тыпу лесу пасля асушэння могуць пераўтварацца ў розныя меліяратыўна-вытворныя тыпы лесу, якія падобныя на натуральныя хвойнікі на мінеральных глебах. Ступень трансфармацыі ў першую чаргу залежыць ад глыбіні торфу і ступені асушэння. Найбольш радыкальныя фітацэнаматычныя змены адбываюцца пасля асушэння адкрытых нізінных балотаў. Неясныя фітацэнозы, дзе рост дрэў быў амаль немагчымы, хутка трансфармаваліся ў высокабанітэтныя хвойнікі ялова-чарнічныя, а радыяльны прырост дрэў павялічыўся ў 9–12 разоў. Далейшыя сукцэсіі ідуць у напрамку фармавання яловых фітацэнозаў. У іншых тыпах балотных хвойнікаў змены не такія радыкальныя. Напрыклад, хвойнікі сфагнавыя на глыбокіх торфах і пасля асушэння могуць застацца хвой-

Па перыферыі заказніка і асабліва ў яго паўночна-усходняй частцы дэградацыя асушальных сетак прывяла да вяртання прыросту на ўзровень да асушэння (11 пробных плошчаў, ці 35,4%). На трох пробных плошчах (VAL017, VAL018, STO020, STO027) прырост значна ніжэй, чым да асушэння, што сведчыць аб падтапленні фітацэнозаў. Такім чынам, можна адзначыць, што на тэрыторыі заказніка «Налібоцкі» назіраюцца працэсы аднаўлення нармальнага гідралагічнага рэжыму, а фітацэнозы хвойнікаў вяртаюцца ў рэчышча натуральных сукцэсій.

нікамі сфагнавымі, але часцей ідзе зрушэнне на 1–2 тыпы ў бок больш сухіх лясоў.

Станоўчы эфект асушэння адзначаўся на працягу прыкладна 20–30 год, а пасля назіралася зніжэнне індэксаў прыросту, якое адлюстроўвае працэсы дэградацыі асушальных сетак. У апошнія дзесяцігоддзі на тэрыторыі заказніка «Налібоцкі» назіраюцца працэсы аднаўлення нармальнага гідралагічнага рэжыму, а фітацэнозы хвойнікаў вяртаюцца ў рэчышча натуральных сукцэсій. Тым не менш, вяртанне ўсіх хваёвых фітацэнозаў да натуральнага стану зойме не адно дзесяцігоддзе, а ў цэнтральнай частцы гэта наўрад ці будзе магчыма без штучнага перакрыцця асушальных каналаў.

Трэба адзначыць, што ўзроставая структура балотных хвойнікаў заказніка «Налібоцкі» даволі разнастайная. Насуперак лесаўпарадкавальным звесткам сярод іх дамінуюць рознаўзроставыя дрэвастой, у якіх узрост асобных дрэў можа перавышаць 230 гадоў. Гэта значыць, што да асушэння большасць такіх лясоў мела першабытнае аблічча. Сінхронная дынаміка радыяльнага прыросту ва ўсіх дрэвастоях да асушэння добра адлюстроўвае ваганні ГТК, а крывыя іх дынамікі з'яўляюцца люстранымі, але з адпаведным зрухам у сярэднім на 5 гадоў. Цесная сувязь паміж імі (каэфіцыент карэляцыі дасягае -0,77 для асобных ДКХ) сведчыць пра тое, што фітацэнаматычнае аблічча балотных хвойнікаў можа змяняцца адпаведна кліматычным зменам. Акрамя таго, радыяльны прырост балотнай хвоі можа быць скарыстаны для рэканструкцыі кліматычных змен на стагоддзі ў мінулае.

ЛІТАРАТУРА

1. Комар, А. Ю. Сучасны стан экасістэмаў часткі заказніка «Налібоцкі» пад уздзеяннем асушальнай меліярацыі / А. Ю. Комар, С. С. Цярэшчанка // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. Возобновляемых ресурсов. 2020. – № 2 (235). – С. 39–43.
2. О стратегии и схеме устойчивого использования земель с измененным гидрологическим режимом в лесном фонде Республики Беларусь / А. В. Судник [и др.] // Природные ресурсы. – 2022. – № 2. – С. 75–86.

3. Материалы инвентаризации осушительных систем в Гослесфонде Республики Беларусь. 90-000-ОС-ПЗ: Сводная пояснительная записка. – Минск: Белгипролес, 1999. – 57 с.
4. Вомперский, С. Е. Биологические основы эффективности лесосошения: рост древостоев в связи с важнейшими факторами среды осушаемых торфяных почв / С. Е. Вомперский. – М.: Наука, 1968. – 312 с.
5. Смоляк, Л. П. Болотные леса и их мелиорация / Л. П. Смоляк; под ред. И. Д. Юркевича. – Минск: Наука и техника, 1969. – 209 с.
6. Матюшкин, В. А. Формирование и продуктивность сосновых насаждений на осушенных болотах / В. А. Матюшкин, С. А. Мошников, И. А. Бердников // Уч. зап. Петрозав. гос. ун-та. Сер.: Естеств. и техн. науки. – 2010. – № 4. – С. 56–60.
7. Федотов, И. В. Исследование радиального прироста осушаемых лесов / И. В. Федотов, С. В. Третьяков, А. С. Ильинцев // Изв. Санкт-Петербург. лесотехн. акад. – 2015. – Вып. 212. – С. 55–65.
8. Динамика и состояние болотных и заболоченных сосновых лесов Беловежской пуши / М. В. Ермохин [и др.] // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2021. – Вып. 50 – С. 171–194.
9. Юркевич, И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах / И. Д. Юркевич. – Минск: Наука и техника, 1980. – 120 с.
10. Корепанов, Д. А. Влияние состояния осушительной сети на водный режим и рост леса / Д. А. Корепанов, С. А. Корепанов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2005. – № 6. – С. 90–93.
11. Linden, M. Late Holocene climate change and human impact recorded in a south Swedish ombrotrophic peat bog / M. Linden, B. Geel // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2006. – Vol. 240. – No. 3-4. – P. 649–667. DOI: 10.1016/j.palaeo.2006.03.039.
12. Особенности радиального прироста сосны обыкновенной в условиях постоянного подтопления польдерными системами / Н. В. Москаленко [и др.] // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. – Гомель, 2012. – Вып. 72. – С. 111–121.
13. Cedro, A. Contrasting responses to environmental changes by pine (*Pinus sylvestris* L.) growing on peat and mineral soil / A. Cedro, M. Lamentowicz // Polish Baltic bog. Dendrochronologia. – 2011. – No. 29. – P. 211–217.
14. Exploring the impact of regional climate and local hydrology on *Pinus sylvestris* L. growth variability – A comparison between pine populations growing on peat soils and mineral soils in Lithuania / J. Edvardsson [et al.] // Plant Soil. – 2015. – No. 392. – P. 345–356. DOI: 10.1007/s11104-015-2466-9.
15. The colonization history of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in pristine and drained raised bogs in Latvia / M. Čugunovs [et al.] // Environmental and Experimental Biology. – 2016. – No. 14 (2). – P. 97–106. DOI: 10.22364/eeb.14.14.
16. Synchronous Growth Releases in Peatland Pine Chronologies as an Indicator for Regional Climate Dynamics – A Multi-Site Study Including Estonia, Belarus and Sweden / A. Potapov [et al.] // Forests. – 2019. – No. 10. – P. 1097. DOI: 10.3390/f10121097.
17. Игнатъев, Я. К. Влияние климата на динамику радиального прироста сосны (*Pinus sylvestris* L.) в заболоченных лесах северной Беларуси / Я. К. Игнатъев, М. В. Ермохин // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 51. – С. 77–84.
18. Проект организации и развития лесного хозяйства ГЛХУ «Воложинский лесхоз» Минского ГПЛХО на 2021–2030 гг.: в 2 т. / РУП «Белгослес», 1-я Минская лесоустр. эксп. – Минск, 2021. – Т. 1: Пояснит. записка. – 365 с.
19. Селянинов, Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата / Г. Т. Селянинов // Труды по сельскохоз. метеорологии. – 1928. – Вып. 20. – С. 165–177.
20. Красильников, Н. А. Некоторые итоги гидрлесомелиорации в Беларуси / Н. А. Красильников, А. Н. Драндина, Е. И. Шараг // Достижения и перспективы инновационного развития мелиоративной науки Беларуси: докл. междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию Ин-та мелиорации, Минск, 14–16 дек. 2010 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т мелиорации. – Минск, 2011. – С. 149–152.
21. Мацвееў, А. В. Пра рэльеф Беларусі / А. В. Мацвееў, В. П. Якушка. – Минск: Нар. асвета, 1994. – 72 с.
22. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset / I. Harris [et al.] // Sci Data. – 2020. – No. 7. – Art. 109. doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3.
23. Комар, А. Ю. Типологическое разнообразие мелиоративно-производных сосняков заказника «Налибокский» / А. Ю. Комар, О. В. Созинов // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2023. – Вып. 52 – С. 71–86.
24. Braun-Blanquet, J. Pflanzensociologie / J. Braun-Blanquet. – Wien-New York, 1964. – 865 s.
25. Holmes, R. L. Dendrochronology program library / R. L. Holmes. – Tucson, Arizona: Univ. of Arizona, 1984. – 51 p.
26. Nowacki, J. G. Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-origin oaks / J. G. Nowacki, M. D. Abrams // Ecological Monographs. – 1997. – Vol. 67, No. 2. – P. 225–249.
27. Fennoscandian summers from AD 500: Temperature changes on short and long timescale / K. R. Briffa [et al.] // Climate Dynamics. – 1992. – № 7. – P. 111–119. doi.org/10.1007/BF00211153.
28. Ермохин, М. В. Лесотипологические особенности динамики радиального прироста деревьев сосны (*Pinus sylvestris* L.) / М. В. Ермохин // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования: сб. науч. статей. – Минск, 2022. – Вып. 17. – С. 88–102.
29. Флора и растительность верховых болот Беларуси / Н. А. Зеленкевич [и др.]; под ред. А. В. Пугачевского. – Минск: СтроймедиаПроект, 2016. – 243 с.
30. Цвирко, Р. В. Разнообразие сообществ ассоциации *Vaccinio uliginosi – Pinetum sylvestris* de Kleist 1929 на территории Национального парка «Беловежская пуши» / Р. В. Цвирко // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 51. – С. 129–135.

Поступила в редакцию 06.12.2023 г.

УДК 574.5;581.55

Е. В. МОЙСЕЙЧИК

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ КЛАССА *LEMNETEA* ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ БАССЕЙНА Р. ПРИПЯТЬ

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

Аннотация. Проанализированы данные о разнообразии, ценологических особенностях, экологии и распространении растительности класса Lemnetea трансформированных малых водотоков бассейна р. Припять в пределах Республики Беларусь. В работе использованы 89 полных геоботанических описаний, выполненных в период максимального развития водной растительности (июль-август 2007–2016 гг.). Ценологическое разнообразие класса Lemnetea составило 8 ассоциаций, относящихся к 3 союзам и 1 порядку по эколого-флористической классификации Браун-Бланке, что составляет 2/3 от всех ассоциаций класса Lemnetea, отмеченных на водных объектах Беларуси. На всех изученных малых водотоках ассоциация *Lemnetum minoris* представлена в 56% выполненных описаний сообществ класса. Ценозы ассоциации *Lemnetum minoris* отмечены на разных по скорости течения, глубине и типам грунта участках русел рек. Максимальное видовое разнообразие зарегистрировано для ассоциаций *Ceratophylletum demersi* и *Lemnetum minoris*.

Ключевые слова: малые водотоки, бассейн Припяти, подход Браун-Бланке, синтаксономия, Lemnetea.

E. V. MOJSEJCHIK

THE *LEMNETEA* CLASS VEGETATION OF TRANSFORMED SMALL STREAM COURSES IN THE PRIPYAT RIVER BASIN

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

Annotation. Information on the diversity, coenotic features, ecology and distribution of aquatic vegetation of the Lemnetea class of small transformed streams of the Pripyat river basin within the Republic of Belarus given in the article. The work used 89 geobotanical descriptions made during the period from July to August 2007–2016. The coenotic diversity of the class Lemnetea is described by 8 associations, 3 unions, 1 order according to the ecological-floristic classification of J. Braun-Blanquet. This accounts for 2/3 of all associations of the Lemnetea class recorded in water bodies of Belarus. In all small streams studied, the most represented association is *Lemnetum minoris*, which is described in 56% of the completed descriptions of communities of the class. Phytocenoses of the *Lemnetum minoris* association were noted in various sections of river beds with different types of soil, flow speed and depth. The maximum species diversity was recorded for the associations *Ceratophylletum demersi* and *Lemnetum minoris*.

Keywords: small rivers, Pripyat river basin, Braun-Blanquet approach, syntaxonomy, Lemnetea.

ВВЕДЕНИЕ

Припятское Полесье – физико-географический округ в средней части Полесской провинции, расположенный на юге Беларуси, площадь которого составляет около 20 тыс. км² [1]. Значительная часть провинции относится к бассейну Черного моря, в широтном направлении ее пересекает река Припять с многочисленными притоками [2]. Густота природной речной сети составляет 0,43 км/км², преобладают малые водотоки протяженностью до 100 км [3]. Зарегулированность стока и спрямление русел изменило облик более 10 тысяч рек республики, особенно относящихся к бассейну реки Припять: гидрографическая сеть упрощается, наблюдается интенсивная эрозия, изменя-

ется уровневый режим и скорость течения, происходит интенсивное заиление и занесение наносами русел рек, их зарастание, изменение гидрохимических показателей в результате смыва с мелиоративных территорий биогенных веществ, а также отмирание ручейковой сети [4, 5]. В связи с этим изучение растительного покрова, а также организация системы мониторинга за изменениями (в том числе за состоянием флоры и растительности), происходящими с мелиорированными системами, является очевидной и необходимой [6]. В синтаксономическом отношении водотоки, в отличие от водоёмов, изучены слабо, т.к. растительность водных объектов на территории Беларуси

изучалась попутно при изучении флоры отдельных административных районов либо при проведении мониторинговых исследований особо охраняемых природных территорий [7–11].

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа базируется на материалах полевых исследований (июль–август 2007–2016 гг.) водной растительности малых водотоков, протяжённость которых не превышает 100 км, бассейна р. Припять [12, 13]. Автором выполнено 89 полных геоботанических описаний. Из них 41 описание приведено в сводных таблицах. Некоторые описания-аналоги широко распространенных синтаксонов с одного и того же водотока не представлены.

Исследованиями охвачено 34 малых трансформированных водотока (рис.) в границах Припятского Полесья – физико-географический округ в средней части Полесской провинции, расположенный на юге Беларуси.

Сбор геоботанического материала и его обработку проводили с применением подходов эколого-флористической классификации Браун-Бланке [14]. При описании водных ценозов количество и размер пробных площадей зависели от площади растительного сообщества: если размер сообщества был менее 100 м², то его описание выполняли в естественных пределах (по кон-

Цель исследования – установить фитоценотическое разнообразие класса Lemnetae трансформированных малых водотоков бассейна р. Припять в пределах Республики Беларусь.

туру, но не менее 1 м²), если более – на площади 100 м² [15–18]. Месторасположение пробных площадей закреплено на местности при помощи системы спутниковой навигации (GPS). Для оценки обилия видов использовали следующую шкалу (Westoff, Maarel, 1978, цит. по: [19]): r – вид чрезвычайно редок; + – вид встречается редко, степень покрытия мала; 1 – число особей велико, степень покрытия мала или особи разрежены, но проективное покрытие большое; 2 – 5–25%, 3 – 25–50%; 4 – 50–75%; 5 – более 75%.

Для работы с геоботаническими описаниями и табличной обработки описаний – использовали программу Juice 7.1.107 [20]. Номенклатура крупных единиц (классов, порядков, союзов) была сверена с данными [21], номенклатура ассоциаций также приведена с использованием современной синтаксономической литературы [22–24]. В работе придерживались узкого понимания ассоциации (т.е. без выделения субассоциаций) и практиковали выделение ассоциаций водной растительности на основе доминирования одного вида растений.

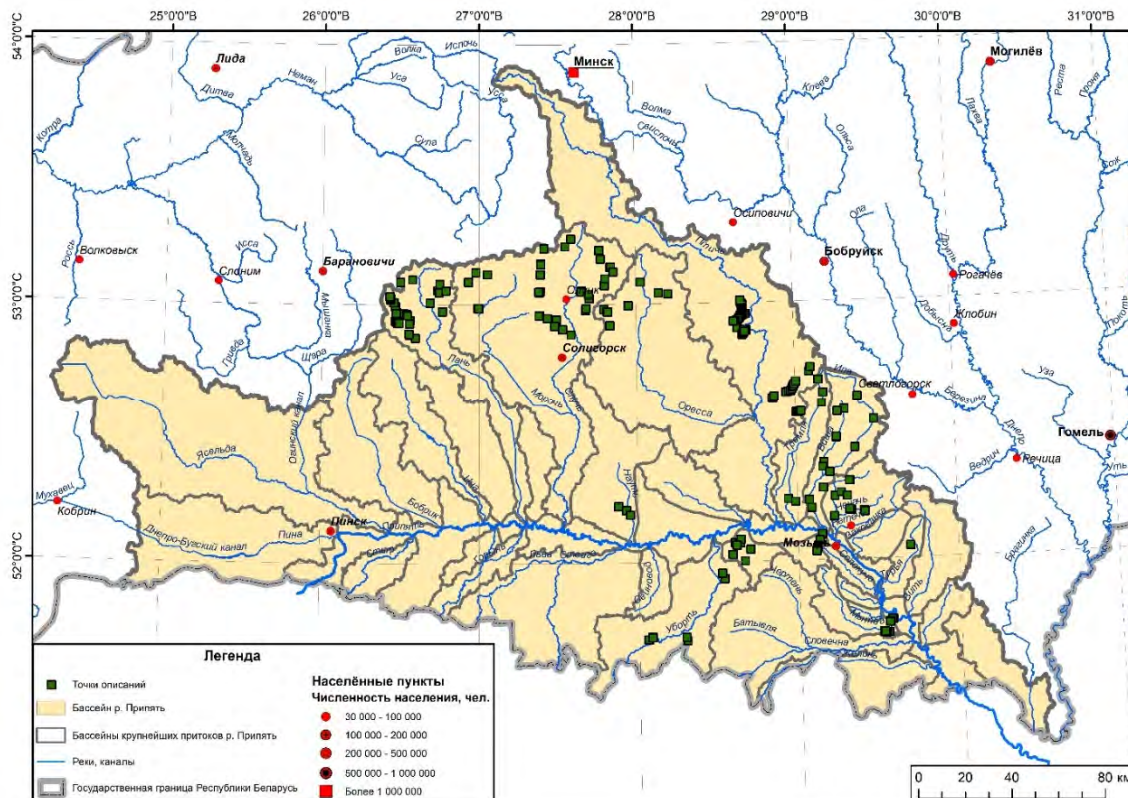


Рис. Расположение объектов исследования

Fig. The research objects location

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В изученных трансформированных малых водотоках Припятского Полесья для класса Lemnetea описано 8 ассоциаций, относящихся к 3 союзам и 1 порядку. Диагностическими видами клас-

са являются многокоренник обыкновенный (*Spirodela polyrhiza*), ряски малая (*Lemna minor*), горбатая (*L. gibba*) и трёхдольная (*L. trisulca*), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*). Продромус представлен далее:

CL. LEMNETEA O. de Bolós et Masclans 1955

ORD. LEMNETALIA O. de Bolós et Masclans 1955

ALL. LEMNION MINORIS O. de Bolós et Masclans 1955

Ass. *Lemnetum trisulcae* den Hargot 1963

Ass. *Lemnetum minoris* von Soó 1927

Ass. *Lemno-Spirodeletum polyrhizae* Koch 1954

Ass. *Salvinio natantis-Spirodeletum polyrhizae* Slavnic 1956

ALL. UTRICULARION VULGARIS Passarge 1964

Ass. *Lemneto-Utricularietum* Soó 1934

ALL. HYDROCHARITON MORSUS-RANAE (Passarge 1964) Westhoff et den Held 1969

Ass. *Hydrocharitetum morsus-ranae* van Langendonck 1935

Ass. *Stratiodes aloidis* Mijan 1933

Ass. *Ceratophylletum demersi* Corillion 1957

Ценофлора изученных сообществ класса Lemnetea состоит из 59 видов (табл. 1). Среди описанных ассоциаций наибольшее число описаний и самый богатый видовой состав отмечены для ассоциации *Lemnetum minoris*. Помимо диагностических видов класса Lemnetea встречаются виды классов Potamogetonetea (9 видов) и Phragmito-Magnocaricetea (6 видов).

Класс LEMNETEA O. de Bolós et Masclans 1955.

Синоним (син.): Lemnetea minoris Tüxen 1955 [art. 2b, nomen nudum]; Lemnetea W. Koch et Tüxen in Oberdorfer 1957 [art. 8. 31]; Ceratophylletea den Hartog et Segal 1964 [art. 8]; Utricularietea den Hartog et Segal 1964; Hydrocharitetea Oberdorfer et al. 1967.

Объединяет космополитные сообщества свободноплавающих на поверхности воды неукореняющихся растений, приуроченных к участкам водотоков с медленнотекущей водой или к заводям с относительно высоким содержанием биогенов в воде [21]. Сообщества данного класса опознаются по четко выраженному плавающему надводному ярусу, флористическое ядро которых выявляется даже на площади близкой к 1 дм². Поскольку виды, слагающие сообщества этого класса, не прикреплены ко дну, то при наличии даже незначительного течения они сносятся к береговому зарослям: в этих случаях они образуют синузию свободноплавающих растений в составе сообществ класса Phragmito-Magnocaricetea.

Таблица 1. Синоптическая таблица ассоциаций водной растительности класса Lemnetea малых водотоков бассейна реки Припять

Table 1. Synoptic table of associations of aquatic vegetation of the Lemnetea class of small rivers in the Pripyat River basin

Номер ассоциации / Association number	1	2	3	4	5	6	7	8
Количество описаний / Number of descriptions	2	59	5	3	4	8	5	3
Видовое богатство ассоциации / Species richness of the association	8	50	11	7	3	27	7	21
Среднее количество видов в описании / Average number of species in description	4,5	5,4	4,2	4,0	2,5	3,0	3,6	9,0
Среднее проективное покрытие, % / Average projective coverage, %	97,5	90,2	86,6	95,4	70,5	80,9	90,4	59,3
<i>Lemnetum trisulcae</i>								
<i>Lemna trisulca</i>	100 ⁴⁻⁵	8 ¹⁻²	20 ⁺	33 ⁺
<i>Lemnetum minoris</i>								
<i>Lemna minor</i>	50 ²	100 ³⁻⁵	60 ²⁻³	.	100 ²⁻²	38 ²⁻²	40 ²⁻²	100 ²⁻²
<i>Lemno-Spirodeletum polyrhizae</i>								
<i>Spirodela polyrhiza</i>	.	37 ²⁻³	100 ³⁻⁴	100 ²⁻³	50 ⁺	38 ²⁻²	40 ²⁻²	33 ²
<i>Salvinio natantis-Spirodeletum polyrhizae</i>								
<i>Salvinia natans</i>	.	.	.	100 ³⁻⁵	.	12 ²	40 ²⁻²	.

Номер ассоциации / Association number	1	2	3	4	5	6	7	8
Lemneto-Utricularietum								
<i>Utricularia vulgaris</i>	.	2 ⁺	.	.	100 ⁴⁻⁴	.	.	33 ^r
Hydrocharis morsus-ranae								
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	.	10 ^{r-2}	60 ^{r-r}	.	.	100 ⁴⁻⁵	80 ^{r-2}	33 ²
Stratiotetum aloidis								
<i>Stratiotes aloides</i>	.	.	.	33 ²	.	.	100 ⁴⁻⁵	.
Ceratophylletum demersi								
<i>Ceratophyllum demersum</i>	.	3 ^{r+}	.	67 ^{r-2}	.	12 ⁺	.	100 ²⁻³
Прочие виды								
<i>Agrostis stolonifera</i>	.	8 ⁺²	.	.	.	.	.	.
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	.	14 ^{r-1}	.	.	.	.	.	33 ^r
<i>Alopecurus aequalis</i>	.	2 ^r	.	.	.	.	.	.
<i>Bidens cernua</i>	.	7 ^{r+}	.	.	.	.	.	.
<i>Butomus umbellatus</i>	.	.	.	33 ¹	.	12 ^r	.	.
<i>Callitriche palustris</i>	.	2 ^r	.	.	.	.	.	33 ^r
<i>Cardamine amara</i>	.	.	20 ^r	.	.	.	.	.
<i>Carex acuta</i>	12 ¹	.	.
<i>Chara sp.</i>	50 ²	2 ²	.	.	.	.	.	.
<i>Cicuta virosa</i>	.	3 ^{r+}	.	.	.	.	.	.
<i>Comarum palustre</i>	12 ^r	.	.
<i>Eleocharis palustris</i>	.	2 ¹	.	.	.	.	.	.
<i>Elodea canadensis</i>	.	20 ^{r-2}	.	.	.	.	.	33 ²
<i>Equisetum fluviatile</i>	.	2 ²	.	.	.	.	.	.
<i>Galium palustre</i>	.	3 ^r	.	.	.	.	.	.
<i>Glyceria fluitans</i>	.	8 ⁺²	.	.	.	12 ^r	.	.
<i>Glyceria maxima</i>	.	3 ¹⁻²	20 ²	.	.	.	.	33 ¹
<i>Lemna gibba</i>	.	.	20 ²	.	.	.	.	.
<i>Lythrum salicaria</i>	.	2 ^r	.	.	.	.	.	.
<i>Mentha aquatica</i>	.	2 ³	.	33 ²	.	.	20 ²	.
<i>Myosotis palustris</i>	.	.	20 ⁺	33 ^r
<i>Myriophyllum spicatum</i>	.	2 ²	.	.	.	12 ²	.	.
<i>Nuphar lutea</i>	.	14 ¹⁻³	60 ^{r-r}	.	.	.	40 ^{r-2}	33 ¹
<i>Oenanthe aquatica</i>	.	3 ⁺	33 ^r
<i>Persicaria amphibia</i>	.	2 ¹	.	.	.	.	.	.
<i>Persicaria hydropiper</i>	.	2 ^r	.	.	.	.	.	.
<i>Phalaroides arundinacea</i>	.	3 ^{r-2}	.	.	.	.	.	33 ^r
<i>Phragmites australis</i>	.	5 ^{r-2}	.	.	.	.	.	.
<i>Poa palustris</i>	.	2 ²	.	.	.	.	.	.
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	.	7 ^{r-2}	.	.	.	.	.	.
<i>Potamogeton crispus</i>	.	2 ¹	.	.	.	.	.	33 ²
<i>Potamogeton natans</i>	.	8 ^{r-2}	.	.	.	.	.	67 ^r
<i>Potamogeton pectinatus</i>	33 ²
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	33 ^r
<i>Potamogeton sp.</i>	.	2 ^r	.	.	.	.	.	.
<i>Rorippa amphibia</i>	.	19 ^{r-2}	20 ^r	.	.	25 ^{r-2}	.	33 ^r
<i>Rumex hydrolapathum</i>	.	5 ^{r+}	.	.	.	.	.	.
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	.	10 ^{r-2}	20 ²	.	.	12 ²	.	33 ⁺
<i>Scirpus sylvaticus</i>	.	2 ^r	.	.	.	.	.	.
<i>Sparganium emersum</i>	50 ^r	12 ^{r-2}	.	.	.	.	.	67 ^{r-2}
<i>Sparganium erectum</i>	.	8 ^{r-2}	.	33 ²	.	.	.	.
<i>Typha latifolia</i>	50 ³	2 ²	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica anagalis-aquatica</i>	.	7 ^{r-1}	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica beccabunga</i>	.	3 ⁺²	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica scutellata</i>	.	3 ^{r+}	.	.	.	.	.	.

Примечание. Цифры в таблице отражают частоту встречаемости видов (%), числа в надстрочных знаках отражают обилие видов по Браун-Бланке (r – вид чрезвычайно редок; + – вид встречается редко, степень покрытия мала; 1 – число особей велико, степень покрытия мала или особи разрежены, но проективное покрытие большое; 2 – 5–25%, 3 – 25–50%; 4 – 50–75%; 5 – более 75%).

Ассоциации: 1 – *Lemnetum trisulcae*, 2 – *Lemnetum minoris*, 3 – *Lemno-Spirodeletum polyrhizae*, 4 – *Savinio natantis-Spirodeletum polyrhizae*, 5 – *Lemneto-Utricularietum*, 6 – *Hydrocharis morsus-ranae*, 7 – *Stratiotetum aloidis*, 8 – *Ceratophylletum demersi*.

Порядок Lemnetalia O. de Bolós et Masclans 1955.

Син.: Lemnetalia minoris Koch et Tx. 1954 (phantom), Lemnetalia Tx. 1955 (2b), Lemnetalia gibbae Oberd. 1956 (phantom), Lemnetalia Koch et Tx. in Oberd. 1957 (31), Stratiotetalia Den Hartog et Segal 1964 (syntax. syn.), Utricularietalia Den Hartog et Segal 1964 (syntax. syn.).

Включает сообщества свободноплавающей растительности относительно богатых питательными веществами пресных вод умеренных широт [21].

Союз Lemnion minoris O. de Bolós et Masclans.

Син.: Lemnion minoris Tüxen 1955 (2b, nomen nudum), Lemnion trisulcae den Hartog et Segal 1964 (syntax. syn.), Azollo-Salvinion Passarge 1964 (phantom), Lemnion gibbae Tx. et Schwabe in Tx. 1974 (syntax. syn.), Riccio-Lemnion trisulcae (Den Hartog et Segal 1964) Tx. et Schwabe in Tx. 1974 (phantom), Azollo-Salvinion Passarge 1978 (2b), Lemno-Riccion Passarge 1977 (phantom), Riccio-Lemnion trisulcae Schwabe-Braun in Tx. 1981 (29).

Сообщества мелких свободноплавающих растений относительно богатых питательными веществами стоячих пресных вод умеренных широт [21].

Ассоциация (асс.) *Lemnetum trisulcae* den Hargot 1963.

Син.: *Lemnetum trisulcae* Kehlhofer 1915 (2b, nomen nudum), *Lemna trisulca* Gesellschaft Knapp et Stoffers 1962 (3c).

Диагностические виды (д.в.): *Lemna trisulca* (см. табл. 1, синтаксон 1).

Состав. По материалам 2 описаний ценофлора ассоциации представлена 8 видами. В описаниях по 4 и 5 видов (в среднем – 4,5). Кроме хорошо представленных диагностических видов класса Lemnetea отмечены и виды других классов (табл. 2, описания 1–2).

Структура. Площадь описания 15–20 м². Суммарное проективное покрытие существенно колеблется: от 65 до 140%. Это связано с формированием в границах одного ценоза многоярусного сообщества, в котором ярус из ряски тройчатой (*Lemna trisulca*) имеет высокую плотность (85%). Основу сообществ составляет рыхлый ковер листцов *Lemna trisulca*. Наиболее благоприятные условия для плейстофитов, к которым относится и *Lemna trisulca*, формируются в зарослях гелофитов, в одном из описаний отмечен рогоз широколистный: его проективное покрытие достигало 35%.

Таблица 2. Ассоциация *Lemnetum trisulcae* (описания 1–2) и ассоциация *Lemno-Spirodeletum polyrhizae* (описания 3–7)

Table 2. Association *Lemnetum trisulcae* (descriptions 1–2) and association *Lemno-Spirodeletum polyrhizae* (descriptions 3–7)

Площадь описания, м ² / Description area, m ²	15	20	10	15	20	30	40
Суммарное проективное покрытие, % / Total projective coverage, %	140	65	85	71	101	100	76
Глубина, см / Depth, cm	40	78	41	78	69	51	60
Скорость течения / Flow speed	1	1	2	1	1	1	2
Механический состав грунта / Mechanical composition of the soil	и-п	и-п	п-и	и-п	и-п	и-п	и-п
Участок реки / River section	к	м	м	м	м	к	к
Число видов / Number of species	5	4	7	3	5	2	4
Табличный номер описания / Description table number	1	2	3	4	5	6	7
Номер описания в базе данных / Database description number	281	424	245	423	434	449	592
Д.в. ассоциации <i>Lemnetum trisulcae</i>							
<i>Lemna trisulca</i>	5	4	.	.	+	.	.
<i>Lemna minor</i>	2	.	2	2	3	3	2
Д.в. ассоциации <i>Lemno-Spirodeletum polyrhizae</i>							
<i>Spirodella polyrhiza</i>	.	.	3	4	4	4	4
Прочие виды							
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	.	.	1	г	.	.	2
<i>Nuphar lutea</i>	.	+	.	+	+	.	+
Примечание. Скорость течения: 1 – нет выраженного течения, 2 – слегка выражено. Участок реки: к – канализированный, м – меандрированный. Механический состав грунта: и – илестый, п – песчаный. Д.в. – диагностический вид. Обилие видов по Браун-Бланке: г – вид чрезвычайно редок; + – вид встречается редко, степень покрытия мала; 1 – число особей велико, степень покрытия мала или особи разрежены, но проективное покрытие большое; 2 – 5–25%, 3 – 25–50%; 4 – 50–75%; 5 – более 75%.							
Отмечены в одном описании: <i>Alisma plantago-aquatica</i> 1 (+), <i>Cardamine amara</i> 3 (г), <i>Chara</i> spp. 2 (2), <i>Glyceria maxima</i> 3 (2), <i>Lemna gibba</i> 5 (2), <i>Myosotis palustris</i> 3 (+), <i>Riccia fluitans</i> 2 (+), <i>Rorippa amphibia</i> 3 (г), <i>Sagittaria sagittifolia</i> 7 (2), <i>Sparganium emersum</i> 1 (г), <i>Typha latifolia</i> 1 (3).							
Местонахождение пробных площадей: 1 – р. Локнея, 53°12.969' с.ш., 27°24.946' в.д.; 2 – р. Сивельга, 52°53.072' с.ш., 27°35.180' в.д.; 3 – р. Нача, 52°53.247' с.ш., 26°33.227' в.д.; 4 – р. Сивельга, 52°53.072' с.ш., 27°35.180' в.ш.; 5 – р. Млынка, 52°55.024' с.ш., 27°28.859' в.д.; 6 – р. Девица, 52°57.521' с.ш., 27°23.130' в.д.; 7 – р. Млынка, 52°13.092' с.ш., 27°52.421' в.д.							

Экология. Основные местообитания – затишные мелководья от уреза воды до глубины 140 см, на которых практически незаметно течение.

Распространение. Ассоциация слабо представлена в изученном регионе, т.к. больше тяготеет к застойным участкам малых рек с прозрачной и чистой водой и илистыми грунтами.

Вид *Lemna trisulca* имеет голарктическое плуризональное распространение. Ассоциация широко представлена по всей Европе [18, 22–25 и др.] и европейской части России [26–28], на территории Южного Урала [29, 30], в Сибири [23, 31–35], Казахстане [36], Канаде [37].

А с с. *Lemnetum minoris* von Soó 1927.

С и н.: *Lemnetum minoris* Oberdorfer ex Müller et Görs 1960.

Д. в.: *Lemna minor* (см. табл. 1, синтаксон 2). Сообщества *Lemna minor*.

С о с т а в. По материалам 59 описаний флористическое богатство ассоциации составляет 50 видов, в описаниях от 1 до 12 видов (в среднем – 4,6). Кроме диагностических видов *Lemnetea* отмечены виды и других классов: *Potametea* (виды родов *Potamogeton*, *Callitriche* и др.), *Phragmito-Magnocaricetea* (табл. 3).

Таблица 3. Ассоциация *Lemnetum minoris*

Table 3. Association *Lemnetum minoris*

Площадь описания, м ² / Description area, m ²	20	10	10	10	40	25	25	30	25	35	15
Суммарное проективное покрытие, % / Total projective coverage, %	70	95	98	124	99	65	73	61	61	92	75
Глубина, см / Depth, cm	55	30	35	31	68	50	40	65	70	60	58
Скорость течения / Flow speed	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Механический состав грунта / Mechanical composition of the soil	и-п	и-п	и-п	и-п	и-п	и-п	п-и	и-п	и-п	и-п	и-п
Участок реки / River section	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к
Число видов / Number of species	4	5	5	4	5	4	6	4	9	5	3
Табличный номер описания / Description table number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Номер описания в базе данных / Database description number	48	153	158	167	292	653	803	911	931	960	1006
Д.в. ассоциации <i>Lemnetum minoris</i>											
<i>Lemna minor</i>	4	5	5	5	4	3	4	4	3	5	4
Д.в. класса <i>Lemnetea</i>											
<i>Spirodella polyrhiza</i>	2	.	.	.	2	.	.	.	r	1	2
Прочие виды											
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	.	1	.	.	.	.	r	r	.	.	.
<i>Bidens cernua</i>	.	.	.	.	.	.	r	.	r	+	.
<i>Elodea canadensis</i>	.	.	r	2	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	.	2	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Myosotis palustris</i>	.	.	.	.	.	.	r	.	.	r	.
<i>Nuphar lutea</i>	.	.	.	.	2	.	.	.	5	.	5
<i>Rorippa amphibia</i>	.	2	1	2	.	.	.	.	1	.	.
<i>Rumex hydrolapathum</i>	.	.	r	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	1	.	.
<i>Sparganium erectum</i>	2	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.
Примечание. В таблице представлена часть описаний, выполненных для характеристики ассоциации <i>Lemnetum minoris</i> . Скорость течения: 1 – нет выраженного течения, 2 – слегка выражено, 3 – слабое. Участок реки: к – канализированный, м – меандрированный. Механический состав грунта: и – илистый, п – песчаный. Д.в. – диагностический вид. Обилие видов по Браун-Бланке: г – вид чрезвычайно редок; + – вид встречается редко, степень покрытия мала; 1 – число особей велико, степень покрытия мала или особи разрежены, но проективное покрытие большое; 2 – 5–25%, 3 – 25–50%; 4 – 50–75%; 5 – более 75%.											
Отмечены в одном описании: <i>Agrostis stolonifera</i> 9 (r), <i>Chara</i> spp. 6 (2), <i>Cicuta virosa</i> 8 (r), <i>Eleocharis palustris</i> 7 (1), <i>Glyceria fluitans</i> 2 (+), <i>Lemna gibba</i> 8 (r), <i>Phalaroides arundinacea</i> 6 (r), <i>Potamogeton berchtoldii</i> 6 (2), <i>Potamogeton natans</i> 9 (2), <i>Scirpus sylvaticus</i> 3 (r), <i>Stium latifolium</i> 7 (r), <i>Veronica anagalis-aquatica</i> 9 (r), <i>Veronica beccabunga</i> 1 (2).											
Местонахождение пробных площадей: 1 – р. Девича, 52°56.867' с.ш., 27°26.109' в.д.; 2 – р. без названия, 52°53.357' с.ш., 28°41.268' в.д.; 3 – р. без названия, 52°53.141' с.ш., 28°41.130' в.д.; 4 – р. без названия, 52°52.743' с.ш., 28°40.661' в.ш.; 5 – р. Мажа, 52°59.292' с.ш., 26°59.602' в.д.; 6 – р. Мажа, 52°59.479' с.ш., 26°58.971' в.д.; 7 – р. Дымарка, 52°02.282' с.ш., 29°27.304' в.д.; 8 – р. Тремля, 52°41.896' с.ш., 29°08.951' в.д.; 9 – р. Виша, 52°21.553' с.ш., 29°09.926' в.д.; 10 – р. Дымарка, 52°02.282' с.ш., 29°31.626' в.д.; 11 – р. Руденка, 52°46.455' с.ш., 29°18.077' в.д.											

Структура. Минимальная площадь, на которой были описаны ценозы ассоциации, составила 5 м², максимальная – 60 м². Суммарное проективное покрытие колеблется в диапазоне 54–124%. Фитоценозы с покрытием свыше или равным 100% характеризуются наличием нескольких сформированных ярусов, например, ярус погруженных растений из элодеи канадской (*Elo-dea canadensis*) и ярус плавающих растений *Lemna minor* (см. табл. 3, описание 4).

Сообщества, сформированы плавающими на поверхности воды растениями *Lemna minor*, которая выступает в качестве как диагностического вида, так и доминирующего. Проективное покрытие *Lemna minor* изменяется от 45 до 100%. При наибольших значениях обилия формируются моновидовые ценозы.

В ярусе воздушно-водных растений представлены рогоз широколистный (*Typha latifolia*), тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), ежеголовники простой (*Sparganium emersum*) и прямой (*S. erectum*), манник большой (*Glyceria maxima*), что обусловлено пространственным размещением сообществ ассоциации (вдоль береговой линии). Они представлены небольшими куртинами (с проективным покрытием вида до 15%) или отдельными особями. В ярусе погруженных растений чаще всего (в половине геоботанических описаний) встречаются листецы многокоренника обыкновенного (*Spirodella polyrrhiza*); другие виды, выдерживающие затенение, например, роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*), уруть колосистая (*Muriophyllum spicatum*), рдест Берхтольда (*Potamogeton berchtoldii*) и др., единично отмечены в ценозах.

Экология. Приурочены сообщества, в основном, к береговой линии и к мелководьям, где преобладают илистые грунты и практически незаметно течение. Глубина 10–125 см.

Распространение. Самая часто встречаемая из ассоциаций класса и союза. Представлена на всех исследованных водотоках. Ареал вида *Lemna minor* – голарктический плюризональный. Ареал ассоциации охватывает практически весь земной шар: асс. широко представлена в Европе [18, 22, 24–27, 38], на Южном Урале [29, 30, 39], обычна в Сибири [23, 32, 34, 35, 40–42], также отмечена в Казахстане [36], Монголии [43] и Северной Америке [37, 44].

Асс. *Lemno-Spirodeletum polyrrhizae* Koch 1954.

Син.: *Lemno-Spirodeletum* Slavnić 1956 (fantom), *Spirodeletum polyrrhizae* Kehlhofer ex Tüxen et Schwabe in Tüxen 1974.

Д. в.: *Spirodela polyrrhiza* (доминант (дом.)). Диагностический признак – высокое участие *Lemna minor* (см. табл. 1, синтаксон 3). Сообщества *Spirodela polyrrhiza*.

Состав. По материалам 5 описаний число видов ассоциации составляет 11, в описаниях отмечено от 2 до 7 видов (в среднем – 4,2) (см. табл. 2, описания 3–7).

Структура. Площадь описаний – 10–40 м², наибольшие по площади сообщества описаны на канализированных участках водотоков. Ценозы сформированы диагностическими видами сообществ ассоциации, плавающими на поверхности воды растениями – *Spirodela polyrrhiza* и *Lemna minor*, которая также выступает в роли содоминирующего вида.

Общее проективное покрытие 71–101%, на долю доминирующих видов приходится 50–70%, что снижает распространение видов макрофитов, плавающих на поверхности воды или погруженных в воду в пределах ценозов данной ассоциации.

Экология. Приурочены сообщества, как и ценозы *Lemnetum minoris*, в основном к береговой линии и к мелководьям, где преобладают илисто-песчаные грунты на участках с практически незаметным течением. Глубина 40–80 см.

Распространение. Сообщества ассоциаций редко встречаются на малых водотоках. Ареал вида *Spirodela polyrrhiza* – голарктический плюризональный, преимущественно приокеанический и умеренно-континентальный вид [45]. Ассоциация широко распространена в Европе [18, 22, 24–27, 38 и др.], на Южном Урале [29, 30, 39], в Сибири [23, 32, 34, 35, 40, 42, 46 и др.], Казахстане [36], Японии [48] и Канаде [37].

Асс. *Salvinio natantis-Spirodeletum polyrrhizae* Slavnic 1956.

Син.: *Lemno-Salvinietum natantis* Miyawaki et Tüxen 1960.

Д. в.: *Salvinia natans* (дом.). Сообщества сальвинии плавающей (*Salvinia natans*) (см. табл. 1, синтаксон 4).

Состав. По материалам 3 описаний флористическое богатство ассоциации – 7 видов, в описаниях от 3 до 5 видов (в среднем – 4) (табл. 4, описания 1–3).

Структура. Площадь сообществ сильно различается и изменяется от 15 до 70 м². В ассоциацию входят ценозы с *Salvinia natans*, свободно плавающей по поверхности воды. Во всех описаниях отмечено присутствие *Spirodela polyrrhiza*, которая формирует ярус погруженных в толщу воды макрофитов. В этой связи общее проективное покрытие ценозов высокое и изменяется от 103 до 125%.

Таблица 4. Ассоциация *Salvinio natantis-Spirodeletum polyrhizae* (описания 1–3) и ассоциация *Lemneto-Utricularietum* (описания 4–7)

Table 4. Association *Salvinio natantis-Spirodeletum polyrhizae* (descriptions 1–3) and association *Lemneto-Utricularietum* (descriptions 4–7)

Площадь описания, м ² / Description area, m ²	20	15	70	25	25	20	30
Суммарное проективное покрытие, % / Total projective coverage, %	103	125	110	70	65	72	75
Глубина, см / Depth, cm	23	23	70	15	20	50	60
Скорость течения / Flow speed	2	2	1	3	1	1	1
Механический состав грунта / Mechanical composition of the soil	и-п	и-п	и-п	п-и	п-и	и-п	и-п
Участок реки / River section	м	м	м	м	м	к	к
Число видов / Number of species	5	3	4	2	2	3	3
Табличный номер описания / Description table number	1	2	3	4	5	6	7
Номер описания в базе данных / Database description number	535	536	575	777	781	821	1004
Д.в. ассоциации <i>Salvinio natantis-Spirodeletum polyrhizae</i>							
<i>Salvinia natans</i>	4	5	3	.	.	.	.
<i>Spirodella polyrhiza</i>	3	2	3	.	.	г	г
Д.в. ассоциации <i>Lemneto-Utricularietum</i>							
<i>Utricularia vulgaris</i>	.	.	.	4	4	4	4
Д.в. класса Lemnetae							
<i>Lemna minor</i>	.	.	.	г	г	+	2
Прочие виды							
<i>Ceratophyllum demersum</i>	г	2	.	.	.	.	.
Примечание. Скорость течения: 1 – нет выраженного течения, 2 – слегка выражено, 3 – слабое. Участок реки: к – канализированный, м – меандрированный. Механический состав грунта: и – илистый, п – песчаный. Д.в. – диагностический вид. Обилие видов по Браун-Бланке: г – вид чрезвычайно редок; + – вид встречается редко, степень покрытия мала; 1 – число особей велико, степень покрытия мала или особи разрежены, но проективное покрытие большое; 2 – 5–25%, 3 – 25–50%; 4 – 50–75%; 5 – более 75%. Отмечены в одном описании: <i>Butomus umbellatus</i> 1 (1), <i>Mentha aquatica</i> 3 (2), <i>Sparganium erectum</i> 1 (2), <i>Stratoides aloides</i> 3 (2). Местонахождение пробных площадей: 1 – р. Мытва, 51°45.890' с.ш., 29°34.100' в.д.; 2 – р. Мытва, 51°45.899' с.ш., 29°33.902' в.д.; 3 – р. Науть, 52°12.211' с.ш., 27°55.476' в.д.; 4 – р. Выгоща, 51°42.768' с.ш., 28°04.683' в.ш.; 5 – р. Выгоща, 51°42.799' с.ш., 28°04.694' в.д.; 6 – р. Брусса, 53°05.840' с.ш., 26°34.514' в.д.; 7 – р. Висла, 52°34.172' с.ш., 29°15.605' в.д.							

Из погруженных видов с незначительным ценохимическим участием зарегистрированы *Ceratophyllum demersum* и телорез алоэвидный (*Stratoides aloides*).

Экология. Сообщества встречаются на илистых или илисто-песчаных грунтах, на естественных участках водотоков, защищенных от ветра. Как правило, вблизи таких участков расположены шлюзы-регуляторы, разделяющие русло на меандрированную и канализированную части. Глубина 23–70 см.

Распространение. Из-за охраняемого статуса (IV (NT) категория охраны) [49] ценообразующего вида (*Salvinia natans*) сообщества ассоциаций редко встречаются на малых водотоках. Ареал *Salvinia natans* – голарктический температурный, сообщества этого вида широко распространены в Европе [18, 22, 24–27, 38 и др.], на Южном Урале [29, 30, 39], в Сибири [23, 32, 35, 40, 42, 46, 47 и др.], Казахстане [36], Японии [48] и Канаде [37].

С о ю з *Utricularion vulgaris* Passarge 1964.

С и н . : Lemnion Utricularion den Hartog et Segal 1964.

Сообщества пузырчаток мезотрофных и эвтрофных стоячих вод [21].

А с с . Lemneto-Utricularietum Soó 1934.

С и н . : Lemno-Utricularietum vulgaris Soó 1928 (§ 2b, nomen nudum), Lemno-Utricularietum vulgaris Soó 1934 (§ 2b, nomen nudum), Utricularietum vulgaris Passarge 1961.

Д . в . : Utricularia vulgaris (см. табл. 1, синтаксон 5). Сообщества пузырчатки обыкновенной (*Utricularia vulgaris*).

С о с т а в . Ценофлора ассоциации по материалам 4 описаний представлена 3 видами. В описаниях по 2 и 3 вида (в среднем – 2,5) (см. табл. 4, описания 4–7).

Структура. Площадь сообществ небольшая: 20–30 м². Основу фитоценозов составляет погруженный рыхлый ковер побегов *Utricularia vulgaris* (длиной около 1 м и более). Единично в сообществах встречаются *Spirodella polyrhiza* и *Lemna minor*.

Экология. Местообитания ценозов данной ассоциации – участки с илистыми грунтами и незаметным течением, глубиной 15–60 см как на канализированных, так и меандрированных участках русел рек.

Распространение. Ассоциация мало представлена на исследованной территории, занимает защищенные от ветра участки малых рек с прозрачной и/или чистой водой.

Ареал *Utricularia vulgaris* – голарктический плуризональный, поэтому ассоциация широко распространена в Европе [18, 22, 24, 26, 27, 38], на Южном Урале [29, 30], в Сибири [31, 35, 41, 42, 49, 50].

С о ю з Stratiation den Hartog et Segal 1964.

С и н . : *Ceratophyllum demersi* Soó 1927 (2b), *Hydrocharition Rübél* 1933 (2b), *Hydrocharition morsus-ranae Rübél ex Klika* 1944 (orig. form) (sensu Royer et al. 2006) (2b), *Ceratophyllum demersi Den Hartog et Segal* 1964 (2b), *Eu-Hydrocharition Passarge* 1964 (34b), *Hydrocharition morsus-ranae (Passarge 1964) Westhoff et den Held* 1969 (syntax. syn.), *Ceratophyllum demersi den Hartog et Segal ex Passarge* 1996 (syntax. syn.), *Lemno minoris-Hydrocharition morsus-ranae Rivas-Mart. et al.* 1999 (29), *Lemno minoris-Hydrocharition morsus-ranae Rodwell et al.* 2002 (sensu Chifu et al. 2006) (2b, 5).

Растительность крупных свободноплавающих макрофитов в довольно богатых биогенами стоячих водах [21].

А с с . *Hydrocharitetum morsus-ranae* van Langendonck 1935.

С и н . : *Hydrocharito-Stratiotetum* Kruseman et Vlieger 1937 p. p., *Hydrocharito morsus-ranae-Nymphoidetum peltatae* Slavnić 1956, *Lemno minoris-Hydrocharitetum morsus-ranae* Passarge 1978.

Д . в . : *Hydrocharis morsus-ranae* (дом.) (см. табл. 1, синтаксон 6). Сообщества водокраса лягушачьего (*Hydrocharis morsus-ranae*).

С о с т а в . По материалам 8 описаний сообществ ассоциации насчитывают от 1 до 6 видов на пробной площади (в среднем – 3,0). Видовой состав описан 12 видами растений (табл. 5).

С т р у к т у р а . Площадь сообществ 10–40 м². Общее проективное покрытие сообществ колеблется в диапазоне 61–108%. Розетки листьев *Hydrocharis morsus-ranae* составляют основу яруса плавающих растений: их покрытие изменяется от 55 до 80%, иногда среди них встречаются плавающие на поверхности воды стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia*), *Salvinia natans* и *Lemna minor*. Ярус погруженных растений не развит и представлен *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum* и *Spirodella polyrhiza*, обилие которых не превышает 15%. Воздушно-водные растения отмечены единично (сусак зонтич-

Таблица 5. Ассоциация *Hydrocharitetum morsus-ranae*

Table 5. Association *Hydrocharitetum morsus-ranae*

Площадь описания, м ² / Description area, m ²	30	25	15	20	15	10	40	35
Суммарное проективное покрытие, % / Total projective coverage, %	61	75	105	108	75	65	85	73
Глубина, см / Depth, cm	49	60	60	60	100	45	60	52
Скорость течения / Flow speed	1	1	1	1	1	1	1	3
Механический состав грунта / Mechanical composition of the soil	и-п	и-п	п-и	п-и	и-п	и-п	и-п	п-и
Участок реки / River section	м	м	м	к	м	м	к	м
Число видов / Number of species	2	1	5	4	2	2	2	6
Табличный номер описания / Description table number	1	2	3	4	5	6	7	8
Номер описания в базе данных / Database description number	488	491	513	573	582	587	594	866
Д.в. ассоциации <i>Hydrocharitetum morsus-ranae</i>								
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	4	4	5	5	4	4	4	4
<i>Spirodella polyrhiza</i>	.	.	.	1	.	.	2	г
Д.в. класса Lemnatea								
<i>Lemna minor</i>	г	.	.	2	.	.	.	2
Прочие виды								
<i>Rorippa amphibia</i>	.	.	.	2	.	.	.	г
Примечание. Скорость течения: 1 – нет выраженного течения, 3 – слабое. Участок реки: к – канализированный, м – меандрированный. Механический состав грунта: и – илистый, п – песчаный. Д.в. – диагностический вид. Обилие видов по Браун-Бланке: г – вид чрезвычайно редок; + – вид встречается редко, степень покрытия мала; 1 – число особей велико, степень покрытия мала или особи разрежены, но проективное покрытие большое; 2 – 5–25%, 3 – 25–50%; 4 – 50–75%; 5 – более 75%. Отмечены в одном описании: <i>Butomus umbellatus</i> 8 (г), <i>Carex acuta</i> 3 (1), <i>Ceratophyllum demersum</i> 8 (+), <i>Comarum palustre</i> 3 (г), <i>Glyceria fluitans</i> 3 (г), <i>Myriophyllum spicatum</i> 3 (2), <i>Sagittaria sagittifolia</i> 5 (2), <i>Salvinia natans</i> 6 (2).								
Местонахождение пробных площадей: 1 – р. Сколодина, 52°01.683' с.ш., 28°35.015' в.д.; 2 – р. Сколодина, 52°01.644' с.ш., 28°35.241' в.д.; 3 – р. Гуристая, 51°57.374' с.ш., 28°31.200' в.д.; 4 – р. Науть, 52°12.211' с.ш., 27°55.476' в.ш.; 5 – р. Науть, 52°12.148' с.ш., 27°55.562' в.д.; 6 – р. Науть, 52°12.109' с.ш., 27°55.633' в.д.; 7 – р. Глиница, 52°13.092' с.ш., 27°52.421' в.д.; 8 – р. Ипа, 52°12.046' с.ш., 29°05.268' в.д.								

ный (*Butomus umbellatus*), жерушник земноводный (*Rorippa amphibia*) и др.

Экология. Сообщества ассоциации *Hydrocharitetum morsus-ranae* неправильной формы или в виде узких полос вдоль зарослей гелофитов (при наличии пологих берегов на меандрированных и канализированных участках русел рек) отмечены на глубинах 49–100 см.

Распространение. Ареал *Hydrocharis morsus-ranae* – евроазиатский, преимущественно бореальный (в Северной Америке встречается как заносное) и общее распространение ассоциации, вероятно, совпадает с ним: асс. широко представлена в Европе [18, 22, 24–28, 38], также на Южном Урале [29, 30], обычна в Сибири [23, 35, 40–42, 46, 51 и др.).

Асс. *Stratiotetum aloidis* Miljan 1933.

Син.: *Hydrocharito-Stratiotetum* Kruseman et Vlieger 1937 p. p.

Д.в.: *Stratiotes aloides* (дом.) (см. табл. 1, синтаксон 7). Ценозы телореза алоевидного (*Stratiotes aloides*).

Состав. По материалам 5 описаний число видов ценозов ассоциации составляет 7. Видовое богатство сообществ – 3–5 видов (в среднем – 3,6) (табл. 6, описания 1–5).

Структура. Формируют различные по площади сообщества: от 25 до 70 м². Общее проективное покрытие – 72–110% (обилие *Stratiotes aloides* колеблется от 60 до 90%). *Stratiotes aloides* довольно крупное растение, листья которого возвышаются над водой в этой связи физиономи-

Таблица 6. Ассоциация *Stratiotetum aloidis* (описания 1–5) и ассоциация *Ceratophylletum demersi* (описания 6–8)

Table 6. Association *Stratiotetum aloidis* (descriptions 1–5) and association *Ceratophylletum demersi* (descriptions 6–8)

Площадь описания, м ² / Description area, m ²	25	50	70	50	50	10	10	10
Суммарное проективное покрытие, % / Total projective coverage, %	72	95	100	110	75	42	77	59
Глубина, см / Depth, cm	120	35	70	110	70	41	21	50
Скорость течения / Flow speed	1	1	1	1	1	3	5	1
Механический состав грунта / Mechanical composition of the soil	и-п	и-п	и-п	и-п	и-п	п-и	к-п	и-п
Участок реки / River section	м	к	м	м	к	к	к	к
Число видов / Number of species	4	3	3	5	3	8	10	9
Табличный номер описания / Description table number	1	2	3	4	5	6	7	8
Номер описания в базе данных / Database description number	373	495	578	585	769	88	230	691
Д.в. ассоциации <i>Ceratophylletum demersi</i>								
<i>Ceratophyllum demersum</i>	.	.	.	.	.	2	3	3
Д.в. ассоциации <i>Stratiotetum aloidis</i>								
<i>Stratiotes aloides</i>	4	5	5	4	4	.	.	.
Д.в. класса Lemnetae								
<i>Lemna minor</i>	2	.	.	2	.	г	2	г
<i>Spirodella polyrhiza</i>	+	.	.	2	.	.	.	2
Д.в. класса Potamogeta								
<i>Potamogeton natans</i>	.	.	.	.	.	г	.	г
Прочие виды								
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	г	г	2	.	г	.	.	2
<i>Nuphar lutea</i>	.	2	.	.	г	.	.	1
<i>Salvinia natans</i>	.	.	2	2	.	.	.	.
<i>Sparganium emersum</i>	.	.	.	.	.	2	г	.
Примечание. Скорость течения: 1 – нет выраженного течения, 2 – слегка выражено, 3 – слабое, 5 – быстрое. Участок реки: к – канализированный, м – меандрированный. Механический состав грунта: и – илистый, к – каменистый, п – песчаный. Д.в. – диагностический вид. Обилие видов по Браун-Бланке: г – вид чрезвычайно редок; + – вид встречается редко, степень покрытия мала; 1 – число особей велико, степень покрытия мала или особи разрежены, но проективное покрытие большое; 2 – 5–25%, 3 – 25–50%; 4 – 50–75%; 5 – более 75%.								
Отмечены в одном описании: <i>Alisma plantago-aquatica</i> 7 (г), <i>Callitriche palustris</i> 7 (г), <i>Elodea canadensis</i> 7 (2), <i>Glyceria maxima</i> 6 (1), <i>Lemna trisulca</i> 8 (г), <i>Mentha aquatica</i> 4 (2), <i>Myosotis palustris</i> 6 (г), <i>Oenanthe aquatica</i> 6 (г), <i>Phalaroides arundinacea</i> 7 (г), <i>Potamogeton crispus</i> 7 (2), <i>Potamogeton pectinatus</i> 7 (2), <i>Potamogeton trichoides</i> 8 (г), <i>Rorippa amphibian</i> 7 (г), <i>Sagittaria sagittifolia</i> 6 (+), <i>Utricularia vulgaris</i> 8 (г).								
Местонахождение пробных площадей: 1 – р. Солон, 53°02.560' с.ш., 28°08.759' в.д.; 2 – р. Сколодина, 52°03.776' с.ш., 28°36.816' в.д.; 3 – р. Науть, 52°12.211' с.ш., 27°55.476' в.д.; 4 – р. Науть, 52°12.144' с.ш., 27°55.531' в.ш.; 5 – р. Свиذовец, 51°42.777' с.ш., 28°17.405' в.д.; 6 – р. Нератовка, 58°38.111' с.ш., 28°52.042' в.д.; 7 – р. без названия, 52°53.743' с.ш., 28°41.397' в.д.; 8 – р. Сивельга, 52°54.280' с.ш., 27°31.844' в.д.								

чески сообщества телореза существенно отличаются от остальных сообществ класса.

Экология. Местообитания сообществ ассоциации – участки водотоков (меандрированные и канализированные) с явным отсутствием течения и защитой от волнобоя. Глубина 35–120 см, грунт илистый.

Распространение. Ценозы с преобладанием *Stratiotes aloides* редко встречаются в водотоках бассейна реки Припять из-за отсутствия подходящих участков с минимальным или полным отсутствием течения.

Ареал *Stratiotes aloides* – евроазиатский бореальный. Ассоциация достаточно обычна в Европе [22, 24, 25, 28, 38], на Южном Урале [29, 30, 39], в Сибири [35, 40–42, 51 и др.], Казахстане [36, 52].

Асс. *Ceratophylletum demersi* Corillion 1957.

Син.: *Ceratophylletum demersi* (Soó 1928) Egger 1933 (nomen nudum p. p.).

Д. в.: *Ceratophyllum demersum* (см. табл. 1, синтаксон 8). Сообщества *Ceratophyllum demersum*.

Состав. По материалам 3 описаний ценофлора ассоциации представлена 21 видом, в составе сообществ – от 8 до 10 видов (в среднем – 9,0).

Структура. Площадь описания – 10 м². Общее проективное покрытие сообществ ассоциации *Ceratophylletum demersi* составляет 42–77%. По причине формирования сообществ на небольших глубинах в ценозах произрастает большое количество видов, не несущих ценотической значимости; например, единично отмечены частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*), водяная звездочка болотная (*Callitriche palustris*), омежник водный (*Oenanthe aquatica*), *Rorippa amphibia* и др. В ярусах плавающих и погруженных растений представлены виды классов водной (Lemnetea, реже – Potametea) и прибрежной (Phragmito–Magnocaricetea) растительности.

Экология. Сообщества *Ceratophyllum demersum* встречаются, как правило, на песчаных грунтах с небольшим наилком на глубинах 20–50

см на канализированных слабо проточных участках водотоков.

Распространение. Ценозы рогилистника погруженного редко встречаются в районе исследований. Ареал *Ceratophyllum demersum* – голарктический пюризональный. Ассоциация широко представлена в Европе [18, 22, 24, 25, 27, 28, 38], на Южном Урале [29, 30, 39], в Сибири [23, 34, 40–42, 46, 47, 50 и др.], отмечена в Казахстане [36, 52], Северной Америке (Kagan et al., 2004 цит. по [22]).

В ходе проведенных нами исследований в составе класса Lemnetea в трансформированных малых водотоках бассейна реки Припять описано 8 ассоциации, относящихся к 3 союзам и 1 порядку. Наибольшее распространение имеют сообщества ассоциации *Lemnetum minoris*: отмечены на канализированных участках русел, на меандрированных не формировали самостоятельных сообществ, лишь входили в состав сообществ других классов прибрежной и водной растительности. Распространение сообществ ассоциаций *Salvinio natantis-Spirodeletum polyrhizae* ограничено местами произрастания диагностирующего вида – *Salvinia natans*.

Ценофлора класса насчитывает 59 видов, один вид – *Salvinia natans* относится к охраняемым в Беларуси [49]. Кроме того, в составе ценофлоры отмечены виды двух родов водорослей (*Chara* и *Hydrodictyon*) и один вид печеночных мхов (*Riccia fluitans*). Наибольшее видовое богатство характерно для сообществ ассоциаций *Lemnetum minoris*: (всего 50 видов) и *Ceratophylletum demersi* (суммарно 21 вид). Причиной такого высокого флористического разнообразия выступает факт формирования сообществ на мелководьях, где произрастает большое количество видов, чаще не имеющих высокой ценотической значимости.

Согласно литературным данным, растительность класса Lemnetea водных объектов Беларуси представлена 11 ассоциациями [8, 10, 11, 53], из которых 8 встречаются на трансформированных малых водотоках бассейна реки Припять.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных геоботанических исследований водных фитоценозов трансформированных малых водотоков бассейна р. Припять выявлено 8 ассоциаций растительности класса Lemnetea, относящихся к 3 союзам и 1 порядку. Самым широким распространением среди описанных сообществ характеризуются ценозы, относящиеся к ассоциации *Lemnetum minoris*: они представлены в 56% выполненных описаний. У фитоценозов, относящих-

ся к этой ассоциации, не отмечено сопряженности с конкретной частью русла реки либо с определенными условиями: они встречаются как на меандрированных, так и канализированных участках русел с разными глубинами и разнообразными типами грунта. Максимальное видовое разнообразие зарегистрировано для ассоциаций *Ceratophylletum demersi* (ценофлора состоит из 21 вида) и *Lemnetum minoris*: (видовой состав складывается 50 видами).

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем искреннюю признательность доктору биологических наук О. В. Созинову, кандидату биологических наук Р. В. Цвирко и научному сотруднику Д. Ю. Жилинскому за содействие в проведении полевых исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нацыянальны атлас Беларусі / Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь. – Мінск: 2002. – 292 с.
2. Энциклопедия природы Беларуси: у 5-ці т. Т. 4. Недаляка – Стаўраліт / рэдкал. : І. П. Шамякін (гал. рэд.) [і інш.]. – Мн.: БелСЭ, 1985. – 599 с.
3. Блакітная кніга Беларусі: Энцыкл. / Беларус. Энцыкл.; рэдкал.: Н. А. Дзісько [і інш.]. – Мн. : БелЭн, 1994. – 415 с.
4. Мониторинг, использование и управление водными ресурсами бассейна р. Припять / под общ. ред. М. Ю. Калинина, А. Г. Ободовского. – Мн. : Белсэкс, 2003. – 269 с.
5. Сиянкевич, Л. Н. Антропогенные изменения ландшафтно-гидрологических условий в бассейне реки Неман / Л. Н. Сиянкевич // Антропогенная динамика ландшафтов и проблемы сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия : мат-лы респ. науч.-практ. конф., Минск, 26–28 дек. 2001 г. / БГПУ. – Мн., 2002. – С. 99–100.
6. Гигиняк, Ю. Г. Экологический мониторинг малых водотоков / Ю. Г. Гигиняк, М. Д. Мороз // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: мат-лы IV междунар. науч.-практ. конф., Гомель, окт. 2002 г. – Гомель, 2002. – С. 58–59.
7. Гигевич, Г. С. Высшие водные растения Беларуси: Эколого-биологическая характеристика, использование и охрана / Г. С. Гигевич, Б. П. Власов, Г. В. Вынаев ; под общ. ред. Г. С. Гигевич. – Минск: БГУ, 2001. – 231 с.
8. Латышев, С. Э. Растительность класса Lemnetaea на территории Белорусского Поозерья / С. Э. Латышев // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 5. Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2023. – Том 13, № 3. – С. 149–166.
9. Савицкая, К. Л. Видовое и фитоценологическое разнообразие макрофитной растительности водоемов и водотоков Пуховичского района Минской области / К. Л. Савицкая // Современное состояние, тенденции развития, рациональное использование и сохранение биологического разнообразия растительного мира : мат-лы междунар. науч. конф., Минск-Нарочь, 23–26 сент. 2014 г. / редкол.: А. В. Пугачевский [и др.]. – Минск, 2014. – С. 129–132.
10. Сцепановіч, Я. М. Фітаразнастайнасць расліннасці Беларусі / Я. М. Сцепановіч // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2006. – Вып. 34. – С. 264–281.
11. Савицкая, К. Л. Синтаксономическая структура растительности малых рек Минской области / К. Л. Савицкая // Гидробиотаника 2015: мат-лы VIII Всерос. конф. с междунар. участ. по водным макрофитам, п. Борок, 16–20 окт. 2015 г. / Федер. агентство науч. орг. России, РАН, Ин-т биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН ; науч. ред. А. Г. Лапинов, Д. А. Филиппов, Э. В. Гарин. – Ярославль, 2015. – С. 212–214.
12. Полевая геоботаника: в 5 т. / под общ. редакцией Е. В. Лавренко, А. А. Корчагина. – М.–Л.: Изд-во АН СССР 1959. – Т. I. – 444 с.
13. Ипатов, В. С. Методы описания фитоценоза / В. С. Ипатов. – Санкт-Петербург : СПбГУ, 2000. – 89 с.
14. Braun-Blanquet, J. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Aufl. / J. Braun-Blanquet. – Wien; New York, 1964. – 865 s.
15. Киприянова, Л. М. Современное состояние водной и прибрежно-водной растительности Чановской системы озер / Л. М. Киприянова // Сиб. экол. журн. – 2005. – № 2. – С. 201–213.
16. Бобров, А. А. Растительный покров малой южнотаёжной реки и его изменение при зарегулировании стока (на примере реки Кукеша, Костромская область) / А. А. Бобров, Е. В. Чемерис // Труды Карельского научного центра РАН. – 2012. – № 1. – С. 33–47.
17. Вейсберг, Е. И. Структура и динамика сообществ макрофитов озер Ильменского заповедника / Е. И. Вейсберг. – Миас: ИГЗ УрО РАН, 1999. – 122 с.
18. Папченко, В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Положья : Монография / В. Г. Папченко. – Ярославль : ЦМП МУБиНТ, 2001. – 200 с.
19. Миркин, Б. М. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии / Б. М. Миркин, Г. С. Розенберг, Л. Г. Наумова. – М., 1989. – 223 с.
20. JUICE version 7.1 [Electronic resource]. – 2024. – Mode of access: <https://www.sci.muni.cz/botany/juice/>. – Date of access: 20.01.2024.
21. Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities / L. Mucina [et al.] // Applied Vegetation Science. – 2016. – V. 19 (Suppl. 1). – P. 3–264. DOI: 10.1111/avsc.12257.
22. Vegetace České republiky. 3. Vodní a mokřadní vegetace / N. Chytrý (ed.). – Praha, 2011. – 828 s.
23. Чепинога, В. В. Флора и растительность водоемов Байкальской Сибири / В. В. Чепинога ; отв. ред. О. А. Аненхонов. – Иркутск : изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – 468 с.
24. Passarge, H. Pflanzengesellschaften Nordostdeutschlands. 1. Hydro und Therophytosa / H. Passarge. – Berlin; Stuttgart, 1996. – 298 s.
25. Соломаха, В. А. Синтаксономія рослинності України / В. А. Соломаха. – Київ, 2008. – 296 с.
26. Бобров, А. А. Синтаксономический обзор растительных сообществ ручьев, малых и средних рек Верхнего Поволжья / А. А. Бобров, Е. В. Чемерис // Гидробиотаника 2005: мат-лы VI Всерос. школы-конф. по водным макрофитам, п. Борок, 11–16 окт. 2005 г. / РАН, Ин-т биол. внутр. вод РАН–Рыбинск, 2006. – С. 116–130.

27. Голуб, В. Б. Водная и прибрежно-водная растительность долины Нижней Волги. I. Общая характеристика. Кл. Charetea (Fukarek 1961 n. n.) Krausch 1964, Lemnetea R. Тх. 1955, Ruppiaetea J. Тх. 1960 / В. Б. Голуб, Г. А. Лосев. – М., 1990. – 51 с. Деп. в ВИНТИ 15.03.90, № 1973-B90.
28. Korotkov, K. O. The USSR vegetation syntaxa prodromus / К. О. Korotkov, O. V. Morozova, E. A. Belonovskaya. – Moscow, 1991. – 346 p.
29. Григорьев, И. Н. Синтаксономия водной растительности Башкирии I. Классы Lemnetea Тх. 1955 и Potametea Klika in Klika et Novak 1941 / И. Н. Григорьев, А. И. Соломещ. – М., 1987. – 48 с. Деп. в ВИНТИ 29.07.1987, № 6555-B87.
30. Водная растительность Южного Урала (Республика Башкортостан). I. Классы Lemnetea и Charetea / С. М. Ямалов [и др.] // Растительность России. – 2014. – № 24. – С. 124–141.
31. Киприянова, Л. М. Разнообразие водных и прибрежно-водных растительных сообществ Бердского залива Новосибирского водохранилища / Л. М. Киприянова // Сиб. экол. журн. – 2000. – № 2. – С. 195–208.
32. Филиппова, В. А. Синтаксономия классов Lemnetea de Bolós et Masclans 1955 и Potametea Klika in Klika & Novak 1941 в долинах рек Лена и Амга (Центральная Якутия) / В. А. Филиппова // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2011. – Т. 13, № 1 (4). – С. 941–944.
33. Харлампьева, П. И. Ценогическое разнообразие водной и прибрежно-водной растительности Центральной Якутии / П. И. Харлампьева, П. А. Гоголева, Л. А. Фролова // Учен. зап. Казан. ун-та. – 2011. – Т. 151, кн. 2. – С. 228–237.
34. Chytrý, M. Syntaxonomy of vegetation of Svjatoj Nos Peninsula, Lake Baikal, Non-forest communities / M. Chytrý, P. Pešout, P. Anenonov // Folia Geobot. Phytotax. – 1993. – V. 28, No. 3. – P. 337–383.
35. Чепинога, В. В. Водная растительность класса Lemnetea на территории Байкальской Сибири / В. В. Чепинога, С. А. Росбах // Растительность России. – 2012. – № 21. – С. 106–123.
36. Свириденко, Б. Ф. Флора и растительность водоемов Северного Казахстана / Б. Ф. Свириденко. – Омск, 2000. – 196 с.
37. Looman, J. The vegetation of the Canadian Prairie Provinces III. Aquatic and semi-aquatic vegetation. Part 3. Aquatic plant communities / J. Looman // Phytocoenologia. – 1986. – Vol. 10. – P. 401–423.
38. Тетерюк, Б. Ю. Синтаксономический обзор растительности водоемов бассейна реки Вычегда (Европейский Северо-Восток России) / Б. Ю. Тетерюк // Изв. Коми науч. центра УО РАН. – 2017. – № 1. – С. 18–27.
39. Голованов, Я. М. Растительность города Салавата (Республика Башкортостан). I. Высшая водная растительность (классы Lemnetea и Potametea) / Я. М. Голованов, С. С. Петров, Л. М. Абрамова // Растительность России. – 2011. – № 19. – С. 55–70.
40. Токарь, О. Е. Флора, растительность и фитоиндикация состояния водных экотопов реки Ишим и пойменных озер в пределах Тюменской области / О. Е. Токарь. – Ишим, 2006. – 207 с.
41. Науменко, Н. И. Флора и растительность Южного Зауралья / Н. И. Науменко. – Курган, 2008. – 512 с.
42. Лашинский, Н. Н. Водная и прибрежно-водная растительность / Н. Н. Лашинский, Л. М. Киприянова // Растительность Салаирского кряжа. – Новосибирск, 2009. – С. 188–215.
43. Hilbig, W. Kommentierte Übersicht über die Pflanzengesellschaften und ihre höheren Syntaxa in der Mongolei / W. Hilbig // Feddes Repert. Bd. – 2000. – No 111. – S. 75–120.
44. Christy, J. A. Native freshwater wetland plant associations of northwestern Oregon. / J. A. Christy. – Portland, 2004. – 246 p.
45. Landolt, E. The family Lemnaceae – a monographic study. Vol. 1. Morphology, karyology, ecology, geographic distribution, systematic position, nomenclature, descriptions / E. Landolt. – Zürich, 1986. – 551 p.
46. Евженко, К. С. Флора и растительность водных объектов долины реки Тара (Омская область) / К. С. Евженко // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2010. – № 333. – С. 157–160.
47. Киприянова, Л. М. Водная растительность класса Lemnetea юго-востока Западной Сибири / Л. М. Киприянова // Растительный мир Азиатской России. – 2018. – № 3 (31). – С. 77–91
48. Vegetation of Japan // Japanese with English and German summaries / A. Miyawaki [et al.]. – Chugoku, Shibundo, Токуо, 1983. – Vol. 4. – P. 90–465.
49. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / редкол. : И. М. Качановский (пред.) [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Бел.Энц. імя П. Броўкі, 2015. – 448 с.
50. Королук, А. Ю. Растительные сообщества Центральной Барабы (район озера Чаны) / А. Ю. Королук, Л. М. Киприянова // Сиб. экол. журн. – 2005. – Т. 12, № 2. – С. 193–200.
51. Флора и растительность Елизаровского государственного заказника (нижняя Обь) / Г. С. Таран [и др.]. – Новосибирск, 2004. – 212 с.
52. Катанская, В. М. Растительность степных озер Северного Казахстана и сопредельных с ним территорий / В. М. Катанская // Озера семиаридной зоны СССР. – Л., 1970. – С. 92–135.
53. Латышев, С. Э. Растительность класса Lemnetea на территории Белорусского Поозерья / С. Э. Латышев // Веснік Гродз. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Серыя 5. Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – Гродно, 2023. – Т. 13, № 3. – С. 149–166.

Поступила в редакцию 08.01.2024 г.

УДК 381.524.2:582.738

М. М. МОТЫЛЬ, С. К. БАКЕЙ

РИСК РАСШИРЕНИЯ ИНВАЗИОННОГО АРЕАЛА РОБИНИИ ЛЖЕАКАЦИИ (*ROBINIA PSEUDOACACIA* L.) В СРЕДНЕЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: uchsec@tut.by, semargl_ajakashi_chaosa@bk.ru

Аннотация. Проведен анализ формирования возрастной структуры инвазионных популяций робинии лжеакация в средней части Беларуси, которая в связи со сдвигом климатических зон может стать приемлемой для ее широкого расселения. Установлена взаимосвязь между динамикой температурных показателей климата и численностью семенных всходов в популяциях. Сделан вывод, что в современный период протекает накопительная фаза инвазионного процесса робинии с риском включения накопленных ресурсов в процесс активного расширения вторичного ареала при наступлении благоприятных условий климата.

Ключевые слова: ареал, инвазия, климат, робиния лжеакация.

M. M. MOTYL, S. K. BAKEY

RISK OF *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. INVASIVE AREA EXPANDING IN THE MIDDLE PART OF BELARUS

Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: uchsec@tut.by,
semargl_ajakashi_chaosa@bk.ru

Annotation. An analysis was made of the formation of the age structure of invasive populations of black locust in the middle part of Belarus, which, due to the shift in climatic zones, may become acceptable for its wide distribution. The relationship between the dynamics of temperature indicators of climate and the number of seedlings in populations has been established. It is concluded that in the modern period there is an accumulation phase of the invasive process of black locust with the risk of including the accumulated resources in the process of active expansion of the secondary range when favorable climate conditions occur.

Keywords: area, invasion, climate, robinia false locust.

ВВЕДЕНИЕ

Натурализация растений-интродуцентов находится под пристальным вниманием ученых всего мира, так как нередко приводит к вытеснению аборигенных видов и изменению экосистем. Распространенным интродуцированным древесным видом является робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.), которая требует особого внимания [1] со стороны экологов. Природный ареал *R. pseudoacacia* охватывает восточную часть Северной Америки. Растет на влажных известняковых почвах до 1350 м над уровнем моря. Северная граница естественного ареала соответствует 41° с.ш., характеризуется средней температурой января 1,7°C, июля – 21°C, среднегодовым количеством осадков 1000–1500 мм. Вид натурализуется до 46° с.ш. со средней температурой января –8°C, июля – 16°C, количеством осадков 1000–2000 мм. Имеются указания, что робиния в третичный период обитала на территории современных Сахалина и Казахстана. Отмечена в 41

стране Европы, причём в 32 странах успешно размножается. В европейской части России инвазивные популяции этого вида обнаружены вплоть до Санкт-Петербурга (60° с.ш.), но в основном робиния распространена до 52° с.ш. южнее линии Гомель-Курск-Воронеж-Саратов [2]. Однако для многих регионов информация о её распространении, участии в составе различных древостоев, динамике численности и влиянии на аборигенные виды остаётся ограниченной.

К настоящему времени накоплен обширный материал о распространении и численности инвазивных популяций робинии в Беларуси. Наиболее обстоятельные сводки предоставляют Государственный кадастр растительного мира и Черная книга флоры Беларуси [3, 4]. Выявлено 750 местонахождений на общей площади 140 га. Однако информация о причинно-следственных связях инвазионного распространения и тенденциях изменения численности популяций в современный пери-

од климатических изменений, а также влиянию робинии на аборигенные, особенно лесообразующие виды, остаётся ограниченной, что сдерживает прогнозирование ситуации и разработку эффективных научно обоснованных методов контроля. Не удалось найти упоминаний о том, насколько таксономически был представлен посадочный материал робинии [5], который привлекался для озеленения путей сообщения и населенных пунктов СССР и независимых республик. Несомненно, так создавались предпосылки для инвазионного распространения этого интродукта, который в 2008 г. постановлением Минприроды РБ был запрещен к интродукции и выращиванию.

Действительно, в процессе природопользования, как отмечает А. А. Касьяненко [6], неумелое внедрение новых видов организмов приводит к нарушению биоценозов и изменению природных ландшафтов и экосистем, сопровождающемуся негативными эстетическими и экологическими последствиями. В ряде ситуаций после проведе-

ния интродукции мы сталкиваемся с проблемой натурализации и инвазионного распространения чужеродных растений. В ряде регионов Беларуси такая проблема возникла в связи с широким использованием робинии лжеакации в защитных посадках вдоль путей сообщения и при озеленении населенных мест. В зонах инвазии вытесняются аборигенные виды, что негативно отражается на экологической безопасности и ведении хозяйственной деятельности.

Важным для восполнения информационного пробела применительно к современной инвазионной ситуации представляется изучение ценообразующей роли семенного возобновления в формировании популяций робинии и влиянии климатических факторов на этот процесс. Несомненно, семенной потенциал робинии для захвата новых территорий за пределами сплошного распространения достаточно высок. Вместе с тем его роль в расширении границ вторичного ареала лимитирована климатическими факторами.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выяснения особенностей этого процесса в средней полосе Беларуси, которая в связи со сдвигом климатических зон стала более приемлемой для расселения теплолюбивой робинии, проведены полевые исследования численности семян семенного происхождения. Характер инвазионного распространения семян оценивали путём анализа возрастной структуры их популяций в различных ландшафтах средней полосы Беларуси. Этот метод широко используется для решения подобного рода задач [2]. Предполагается, что в случае расширения инвазионного ареала робинии приграничные популяции семян будут представлены особями с небольшим возрастом. Если инвазия стабильна, то популяции должны быть представлены деревьями разного возраста. Если же условия стали неблагоприятны для инвазионного разрастания вида, то популяции должны состоять преимущественно из особей со значительным возрастом.

По комплексу этих признаков проведен анализ возрастной структуры семенных популяций робинии лжеакации в регионах средней полосы Беларуси – в Минской и Могилевской областях. Несомненно, наиболее достоверной точкой отсчета являются документально подтвержденные сведения о времени высадки древесных растений в различных посадках, дендрариях ботанических садов и парках. Робиния способна плодоносить с 3–4-х летнего возраста, но наибольшее число семян производит в возрасте от 15 до 40 лет. Семена сохраняют всхожесть до трёх лет, сеянцы первые 6–8 лет способны выдерживать затене-

ние. Такая ситуация нередко возникает вблизи мест произрастания плодоносящих экземпляров робинии, высаженных с целью озеленения. Так, по данным Е. З. Боборекко и др. [7], в состав дендрария и ландшафтного парка Центрального ботанического сада НАН Беларуси в разное время с 1935 по 1952 гг. были высажены экземпляры робинии пышной, новомексиканской, лжеакации, однолисточковой, клейкой, полученных из разных мест СССР и ГДР. Однако наличие семенного поколения зафиксировано только у робинии лжеакации через несколько десятилетий в отдельных местах. Особенно важные данные получены в лесопокрытом секторе, где произрастают три экземпляра *Robinia pseudoacacia* диаметром 15,0–17,5 см и высотой 14–20 м. Вокруг них в радиусе 25 м обнаружено более 75 семян и корневых отпрысков высотой от 1,0 до 2,5 м с различной степенью развития колючек на стволах и ветвях. Из обнаруженных семян колючки имели только 17 особей, у 44 они были небольшие и образовались не по всему стволу, а 14 особей не имели их вовсе.

В литературе отмечается, что колючки имеются не у всех видов и разновидностей робинии [16]. Они практически отсутствуют у *Robinia pseudoacacia* f. *crispa* (DC.) Rehd. и *R. pseudoacacia* f. *Inermis* (Mirb.) Rehd. При обследовании молодых экземпляров типичной формы *Robinia pseudoacacia*, мы отметили, что колючки на стволах не являются обязательным признаком, а образуются как результат генетически запрограммированного способа защиты от негативных

факторов. Корневой отпрыск, возникший чаще всего в месте нарушения корневой системы, выполняет роль физиологической и естественной защиты и образует колючки по всей скелетной части ствола. Настоящий сеянец, не имеющий препятствий для своего развития, лишен колючек. Однако поврежденный сеянец, лишившийся верхушечной точки роста после подмерзания или скашивания, выпускает защитную колючую боковую ветвь и продолжает рост как колючий кустарник. Через некоторое время эта боковая ветвь может трансформироваться в прямостоячий стволовой побег. Колючки на таком восстановленном стволе уже не образуются, и робиния продолжает рост как гладкоствольное дерево. Перечисленные изменения хода роста робинии принимали во внимание при установлении происхождения и подсчете числа сеянцев.

Непосредственный биометрический анализ сеянцев робинии лжеакации выполнен на элювиальных участках селитебного ландшафта в п. Погост 1 Солигорского района Минской области (ПП 1), лесопокрытого сектора белорусской флоры (ПП 2) Центрального ботанического сада НАН Беларуси (ЦБС НАН Беларуси) и железнодорожной посадки у п. Ходосы Мстиславльского района Могилевской области (ПП 3). Здесь, в отличие от других мест, где затруднительно проследить за процессом инвазии вследствие периодического скашивания и рубок ухода, имелась возможность заложить площади для оценки нативной структуры популяций. На пробных площадях измеряли все сеянцы в зонах рассеяния семян от предполагаемых материнских деревьев, произрастающих в аллейной посадке сквера (ПП

1), в составе смешанного насаждения (ПП 2) и защитной посадке (ПП 3). Равномерный характер размещения сеянцев на участках инвазии свидетельствовал, что формирование семенных популяций происходило без вмешательства извне. Измерения диаметра стволиков проводили осенью, когда формирование годовичного прироста было завершено. При расчете возраста сеянцев опирались на опыт исследователей [9, 10], полученный при таксационной оценке насаждений робинии лжеакации в условиях Украины и южной части Беларуси. Расчет возраста сеянцев проведен по формуле:

$$A = dH/K,$$

где A – возраст сеянцев, dH – диаметр стволика, K – коэффициент роста.

Исходили из допущения, что формула отражает общую биологическую закономерность формирования стволовой части и применима ко всем типам посадок и насаждений, но годовой прирост теплолюбивой робинии будет несколько различаться в условиях Украины, южной и средней части Беларуси. Для деревьев на слабозасоленных почвах Донецкого региона [9] он составил 0,450. Для расчета возраста сеянцев Солигорского района применили коэффициент 0,400, согласно с данными для находящегося с ним на одной широте Ветковского района [10]. Коэффициент 0,380 для г. Минска и Могилевской области определен по результатам собственных исследований. Исходя из этого, расчет возраста сеянцев проведен по формулам:

$$A \text{ ПП 1} = dH / 0,400; A \text{ ПП 2, ПП 3} = dH / 0,380.$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные о возрастной структуре семенных популяций робинии на участке селитебного ландшафта Солигорского района Минской области представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что на пробной площади высота надземной части 55-ти сеянцев составила от 0,4 до 3,5 м. Диаметр ствола у корневой шейки варьировал от 0,5 до 5,0 см. Расчет возраста показал, что в максимуме он составляет около 13 лет. Таким образом, формирование популяции на территории, примыкающей к скверу в п. Погост 1, началось примерно в 2009–2010 гг. Первый выживший сеянец появился в этот период. В 2011 г. популяция пополнилась на 4 сеянца, а в 2013 г. – на 10 сеянцев и включала пятнадцать особей. Первые из сеянцев уже могли начать плодоносить и к 2016 г., вероятно, способствовали возрастанию численности популяции на 16, а в 2018 г. еще на 17 сеянцев. В целом инвазионное зарас-

тание территории было наиболее интенсивным в период 2013–2018 гг., когда ежегодно появлялось по 5–8 сеянцев. На эти годы приходится максимум (43 из 55 шт.) численного прироста популяции. Однако в дальнейшем число сеянцев снизилось до 3–4 сеянцев в год, а за период 2020–2022 гг. появилось только 7 экземпляров.

Данные о возрастной структуре семенной популяции робинии на участке культурного ландшафта в ЦБС НАН Беларуси представлены в табл. 2.

Согласно данным мониторинга, с появления в 1991 г. первого сеянца за период 1994–2006 гг. популяция увеличивалась на 1–2 сеянца ежегодно. Затем с 2009 до 2016 гг. последовал период всплеска прироста популяции и ежегодно появлялось по 4–6 сеянцев. В это время формируется более половины всей популяции – 27 из 43 шт. В дальнейшем вплоть до 2020 г. прирост популяции, как и на ПП 1, сократился до 2–3 сеянцев в год.

Таблица 1. Возрастная структура инвазивной популяции робинии лжеакации на открытом участке селитебного ландшафта (ПП 1) в Солигорском районе**Table 1.** Age structure of the invasive population of black locust in an open area of the residential landscape (PP1) in Soligorsk district

Средний диаметр ствола, см / Barrel diameter, cm	Высота сеянцев, м / Seedling height, m	Количество сеянцев, шт. / Number of seedlings, pcs	Расчетный возраст, лет / Estimated age, years	Примерный срок появления, год / Approximate date of appearance, year
до 1	0,4–0,7	7	до 2,5	2020–2022
1,5	0,8–1,2	17	4	2018
2,5	1,4–1,8	16	6	2016
3,5	2,0–2,3	10	9	2013
4,5	2,8–3,2	4	11	2011
5	3,5	1	13	2009–2010
Всего	0,4–3,5	55	1–13	-

Таблица 2. Возрастная структура инвазивной популяции робинии лжеакации на участке культурного ландшафта (ПП 2) в ЦБС НАН Беларуси**Table 2.** Age structure of the invasive population of black locust in the in the cultural landscape (PP2) in the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus

Средний диаметр ствола, см / Barrel diameter, cm	Высота сеянцев, м / Seedling height, m	Количество сеянцев, шт. / Number of seedlings, pcs	Расчетный возраст, лет / Estimated age, years	Примерный срок появления, год / Approximate date of appearance, year	Средняя температура, г. Минск, °С / Average temperature, Minsk, °С		Весенние заморозки, г. Минск / Spring frosts, Minsk
					июля / july	годовая / annual	
0,5	0,5–0,7	3	до 2	2020	17,4	8,6	+
1,0	0,8–1,0	3	3	2019	16,5	8,4	+
1,5	1,1–1,2	2	4	2018	19,6	8,0	+
2,0	1,4–1,6	4	6	2016	19,6	7,8	-
2,5	1,7–2,0	4	7	2015	18,7	8,7	-
3,0	2,2–2,6	5	8	2014	20,8	7,7	-
3,5	2,7–3,0	6	10	2012	21,0	6,7	-
4,0	3,2–3,8	4	11	2011	20,2	7,5	-
5,0	3,9–4,2	4	13	2009	18,6	6,9	-
6,0	4,5–4,8	3	16	2006	20,4	6,9	-
7,5	5,5	1	19	2002	22,0	7,7	+
8,5	6,0	1	22	2000	16,9	7,9	-
9,5	6,5–7,0	2	25	1997	18,2	6,2	-
10,5	7,0–7,5	2	28	1994	20,2	6,5	-
12,0	9,0	1	31	1991	18,6	6,8	-
-	-	-	-	1990	15,8	7,7	-
Всего	0,5–9,0	43	1–31	1991–2020	19,0	7,5	+

Данные о возрастной структуре семенных популяций робинии на участке промышленного ландшафта в Могилевской области представлены в табл. 3.

Инвазивная популяция сеянцев робинии на ПП 3, очевидно, образовалась из семенного материала деревьев, высаженных в защитной посадке вдоль железнодорожного пути в 1950–1960-е гг. Расширение посадки началось с образования корневых отпрысков у деревьев только в 2000-е гг., вероятно, при нарушении почвенного слоя на границе посадки при ее обкашивании, прокладке пешеходной дорожки и прочих строительных работах. Здесь на протяжении около 10 лет появи-

лось 10 корневых отпрысков. Они расположены на границе посадки и имеют приподнимающиеся стебли, покрытые колючками. Настоящие сеянцы робинии появились, судя по расчетным данным, внутри посадки только в 2010 г. К 2015 г. количество сеянцев составило 8 шт., а затем за 2015–2016 гг. возросло на 21 шт. В 2019–2020 гг. выросло еще 11 сеянцев. В итоге с 2010 по 2020 гг. состав популяции возрос с нуля до 55 сеянцев. В последние годы здесь, как и на ПП 1 и ПП 2, прирост количества сеянцев начал снижаться.

Для установления взаимосвязи между рассмотренными фактами расширения инвазивного ареала робинии лжеакации в средней части

Беларуси и климатическими факторами полученный материал о численности сеянцев сопоставили с соответствующими региональными метеоданными. Для анализа связи этих показателей использовали сведения о среднегодовой температуре в Республике Беларусь [11–13], данные по г. Минску [14] и Могилевскому региону [15]. Климатические показатели приведены в табл. 2 и 3.

В итоге пришли к выводу о том, что наблюдаемая периодичность в росте сеянцев инвазивных растений робинии, особенно активация пополнения популяции в течение прошедшего десятилетия, может быть связана с динамикой климатических изменений. На фоне общего потепления климата с 1990-х гг. за прошедшие три десятилетия в Беларуси самым теплым было последнее десятилетие. В этот период отмечены аномально жаркие периоды вегетации 2010, 2014 и 2015 гг. Известно, что оптимальная температура для прорастания семян акации – +20...+25°C, а таковая в Беларуси была отмечена именно в эти годы как в Минске, так и в Могилевской области и, очевидно, в Солигорском районе. Поэтому при всей приблизительности определения возраста, ока-

зывается не случайным совпадением аномально жаркого периода вегетации 2010 г. с возникновением семенной популяции робинии на ПП 1, началом ее активного численного роста на ПП 2 и появлением первых сеянцев на ПП 3. Дальнейшая динамика роста числа новых сеянцев во всех популяциях совпадает с устойчивым потеплением в последующие годы.

Значительное влияние в этот период оказало устойчивое повышение температуры воздуха в период с 2012 по 2017 гг. до 18,5–23,0°C и жаркие условия вегетации 2014 и 2015 гг. Причиной снижения количества сеянцев в последние годы наблюдений может быть такой фактор как снижение июльской температуры воздуха и заморозки в Могилевском регионе в 2017 г., а в Минске в 2018–2020 гг.

Более детально проверить наличие климатозависимой динамики семенной инвазии робинии в средних широтах Беларуси позволил проведенный нами анализ развития ситуации на ПП 2 и ПП 3 с ориентацией на показатели июльской температуры воздуха и наличие поздних весенних (майских) заморозков.

Таблица 3. Возрастная структура инвазионной популяции робинии лжеакации в посадке промышленного ландшафта (ПП 3) в Мстиславльском районе

Table 3. Age structure of the invasive population of black locust in planted industrial landscapes (PP 3) in Mstislavl district

Средний диаметр ствола, см Barrel diameter, cm	Высота сеянцев, м Seedling height, m	Количество сеянцев, шт Number of seedlings, pcs	Расчетный возраст, лет Estimated age, years	Примерный срок появления, год Approximate date of appearance, year	Средняя температура июля, °C / Average temperature, july, °C		Весенние заморозки Spring frosts
					Могилев Mogilev	Мстиславль Mstislavl	
0,5	0,3–0,6	6	до 2	2021	24,2	22,2	
1,0	0,7–0,9	7	3	2020	19,1	17,8	
1,5	1,0–1,2	11	4	2019	17,4	16,1	-0,2
2,0	1,3–1,5	8	6	2017	18,8	17,4	-3,7
2,5	1,4–2,0	12	7	2016	19,9	19,6	
3,0	1,8–2,5	9	8	2015	23,0	19,0	
3,5	2,2–3,0	4	9	2014	20,3	20,4	-1,8
4,0	3,5 / 4,0	2 / 3	11	2012	20,0	20,4	
4,5	3,8 / 4,5	1 / 3	12	2011	20,4	20,7	
5,0	4,5 / 5,0	1 / 2	13	2010	23,0	23,3	
8,0	0 / 6,0	0 / 2	21	2002	22,0	-	-1,2
Всего	0,3–6,0	61 / 10	2–21	2002–2020	17,4–24,2	16,1–23,3	-1,8 – -0,2

В г. Минске с 1960 до 1990 гг. вероятность семенного расселения высаженных коллекционных экземпляров была очевидно невысокой при преобладающих тогда температурах июля от 15,4 до 18,0°C. Только три года зафиксировано ее повышение до 20°C. Кроме того, в дендрарии периодически проводилось удаление кустарников. Поэтому появления сеянцев в этот период не отмечено. Первая их плеяда из 7 сеянцев за десяти-

летие 1991–2002 гг. совпадает, очевидно, как с периодом временного снижения тщательности благоустройства, так и с повышением средних июльских температур до 20,2–22,0°C. Некоторые ограничения внесли весенние заморозки 2002 и 2005 гг. Поэтому формирование второй, наиболее массовой инвазионной волны из 28 сеянцев произошло только в последующее десятилетие – с 2006 по 2016 гг. в период устойчиво высокой

июльской температуры от 18,6 до 20,4°C. Из них 11 сеянцев появились в 2012–2014 гг., когда температура воздуха составляла около 21°C (см. табл. 2). В последующие годы, начиная с 2018 г. численный прирост сеянцев снизился, что в рамках выдвинутого предположения о термозависимой динамике инвазионного распространения робинии вполне может быть объяснимо снижением июльской температуры воздуха и ежегодными весенними заморозками.

Для прорастания семян и появления сеянцев в Могилевской области климатические условия до 2010 г. по-видимому, также были неблагоприятными. Температура воздуха в июле 1993–2000 гг. составляла 16,1–17,8°C и начала повышаться только с 2002 г. Однако появление сеянцев в этот период могла лимитировать высокая сомкнутость деревьев в посадке, заморозок весной 2002

г., развитие корневых отпрысков и иные факторы. Сеянцы появились только в 2010 г., когда показатели температуры достигли 23,0°C. Затем в период сохранения повышенных температур воздуха в 2015–2016 гг. число сеянцев возросло на 21 шт. В 2017 г. отрицательное влияние на прирост числа сеянцев (8 шт.) мог оказать весенний заморозок до -3,7°C. В 2019–2020 гг. несмотря на невысокие летние, но при наиболее высоких за весь рассмотренный период среднегодовых температурах воздуха в отсутствие заморозков выросло 11 сеянцев. Часть из них могла образоваться из запаса семян, накопленных в предыдущий период. В итоге с 2010 до 2020 гг. в отмечаемый в Беларуси термически благоприятный период общая численность сеянцев выросла с нуля до 55. В последние годы здесь, как и на ПП 1 и ПП 2, прирост числа сеянцев начал снижаться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важным обстоятельством в рамках выдвигаемой гипотезы о климатозависимой динамике процесса расширения ареала робинии лжеакалии является то, что за небольшой, примерно десятилетний период потепления с 2010 по 2020 гг., в различных регионах и участках ландшафта (селитебный, культурный, промышленный) в средней части Беларуси смогли образоваться локальные семенные популяции по полусотне сеянцев, несомненно адаптированных к местным условиям и способных к генеративному размножению. Их можно считать приграничными в расширяющемся вторичном ареале, а судя по разновозрастному составу, свидетельствующими о стабильности современной накопительной фазы инвазионного процесса. На сходную климатозависимую динамику инвазии робинии лжеакалии на Западном Кавказе указывает В. В. Акатов и др. [2], которые отметили рост ее популяций в начале периода глобального потепления с 1990 г., а с повышением летних температур через полтора десятилетия – продвижение ареала в более холодные условия верхних поясов горной растительности. Таким об-

разом, с началом периода глобального потепления, особенно в аномально жаркие периоды вегетации последнего десятилетия, в Беларуси произошло усиление потенциала расширения вторичного ареала робинии лжеакалии от южной границы сплошного распространения в северные широты.

Несмотря на невысокую всхожесть семян, численность плодоносящих экземпляров робинии в период повторения благоприятных тепловых условий может оказаться достаточной для расширения вторичного ареала в средней и даже северной части Беларуси. Следует признать, что при этом воздействие деревьев на компоненты экосистем будет иметь мультитрофный характер, что отразится на агрохимических свойствах почвы и сообществах микроорганизмов и растений [16]. В ряде случаев появление робинии в наших лесах может быть даже полезным. При этом [2, 6, 10], значительного влияния на изменение богатства и численности аборигенных древесных видов может и не наблюдаться, что не исключает негативного влияния инвазионного процесса на подлесок и травяной покров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова, Ю. К. Чёрная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Ю. К. Виноградова, С. Р. Майоров, Л. В. Хорун. – М.: ГЕОС, 2010. – 512 с.
2. Акатов, В. В. *Robinia pseudoacacia* L. на западном Кавказе / В. В. Акатов, Т. В. Акатова, А. Е. Шадже // Рос. журн. биол. инвазий. – 2016. – Т. 9, № 1. – С. 2-23.
3. Государственный кадастр растительного мира Республики Беларусь. Основы кадастра. Первичное обследование 2002–2017 гг. / О. М. Масловский [и др.]; науч. ред. А. В. Пугачевский. – Минск: Беларуская навука, 2019. – 599 с.
4. Чёрная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д. В. Дубовик [и др.]; Нац. академия наук Беларуси; Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 407 с.
5. ГОСТ 24909-81. Саженцы деревьев декоративных лиственных пород. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 56 с.

6. Касьяненко, А. А. Современные методы оценки рисков в экологии. Учебное пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2008. – 271 с.
7. Древесные растения Центрального ботанического сада АН БССР / Е. А. Бобореко [и др.]. – Минск: Наука и техника, 1982. – 293 с.
8. Робиния лжеакация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russianpermaculture.ru/rastenia/robinia-pseudoacacia/>. – Дата доступа: 01.11.2023.
9. Танюкевич, В. В. Опыт применения робинии ложноакациевой в рекультивации териконников Донецкого края / В. В. Танюкевич, М. А. Запривода // Науч. журн. Рос. НИИ проблем мелиорации. – 2014. – №1 (13). – С. 1–11.
10. Дайнеко, Н. М. Распространение инвазивного вида робинии псевдоакации (*Robinia pseudoacacia* L.) на территории Ветковского района Гомельской области / Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rasprostranenie-invazivnogo-vida-robinii-lozhnoakatsii-robinia-pseudoacacia-l-na-territorii-vetkovskogo-rayona-gomelskoj-oblasti>. – Дата доступа: 11.12.2023.
11. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учётом изменения климата / В. И. Мельник [и др.] // В рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь. 7-е заседание Межведомственной рабочей группы по проблемам изменения климата. – Минск: Проект «ClimaEast», 2017. – 83 с.
12. Как изменился белорусский климат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rodniva.by/2023/03/kak-izmenilsja-beloruskij-klimat/>. – Дата доступа: 18.12.2023.
13. Среднегодовая температура в Республике Беларусь, 2000-2022 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/b-izmenenie-klimata/v-1-temperatura-vozduha/>. – Дата доступа: 18.01.2024.
14. Температура воздуха и осадки по месяцам и годам: Минск [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pogodaiklimat.ru/history/26850.htm>. – Дата доступа: 05.01.2024.
15. Летопись погоды в Метиславле [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/26779>. – Дата доступа: 15.11.2023.
16. How ecosystems change following invasion by *Robinia pseudoacacia*: Insights from soil chemical properties and soil microbial, nematode, microarthropod and plant communities [Электронный ресурс]. – Режим доступа: pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29054645/. – Дата доступа: 19.01.2024.

Поступила в редакцию 11.07.2023 г.

ЭКОЛОГИЯ ПРИРОДНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ECOLOGY OF NATURAL PLANT COMPLEXES

УДК 581. 526. 32

Ю. И. ВЫСОЦКИЙ, Л. М. МЕРЖВИНСКИЙ, А. Б. ТОРБЕНКО,
И. М. МОРОЗОВ, С. Э. ЛАТЫШЕВ, В. В. ЛАТЫШЕВА

ИНВАЗИЯ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN. В БРАСЛАВСКОМ РАЙОНЕ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

*Витебский государственный университет имени П. М. Машерова,
Витебск, Беларусь, e-mail: leonardm@tut.by*

Аннотация. В статье приведены сведения о распространении борщевика Сосновского в Браславском районе Витебской области, описываются очаги инвазии и их состояние. В ходе обследования района зафиксированы GPS-координаты 760 популяций борщевика площадью 72,77 га, образующих 210 колоний (метапопуляций). Места произрастания борщевика сосредоточены в 6 центрах распространения инвазии. Большинство зарослей борщевика приходится на луговые земли – 28,833 га (35,4%); на 2 месте находятся неиспользуемые земли – 11,193 га (15,3%); на 3 месте – закустаренные земли 8,234 га (11,2%); на 4 месте – пахотнопригодные земли (окраины полей) – 7,840 га (11,0%); на 5 месте – земли под застройкой (территории для обслуживания зданий и хозяйственных построек) – 6,493 га (9,0%). Далее идут лесные земли – 4,700 га (6,5%), земли под болотами – 3,062 га (4,2%), дороги и другие коммуникации – 1,250 га (1,7%), водотоки (мелиоративные каналы) – 0,490 га (0,7%), сады – 0,154 га (0,2%). За 10 лет в Браславском районе в борьбе с борщевиком достигнуты значительные успехи, площадь зарослей борщевика уменьшилась в 2,4 раза. Угроза распространения инвазии в районе сохраняется, на 1/3 площади зарослей борщевик обсеменяется и быстро расселяется по поймам ручьёв, неудобьям и закустаренным полям. В ближайшие годы площадь инвазии может возрасти на 23,3%, что приведет к переходу в категорию районов с очень высокой угрозой распространения инвазии (оценка 5 – площадь инвазии от 100 га и более).

Ключевые слова: борщевик Сосновского, *Heracleum sosnowskyi*, ГИС, ГИС-технологии, инвазивные популяции, инвазия, инвентаризация, карта распространения, колонии борщевика, места произрастания, очаги инвазии, центры инвазии.

Y. I. VYSOTSKI, L. M. MERZHVINSKI, A. B. TORBENKO,
I. M. MOROZOV, S. E. LATYSHAU, U. V. LATYSHAVA

HERACLEUM SOSNOWSKYI MANDEN. INVASION IN THE BRASLAV DISTRICT OF VITEBSK REGION

P. M. Masherov Vitebsk State University, Vitebsk, Belarus, e-mail: leonardm@tut.by

Annotation. The article highlights data on *Heracleum sosnowskyi* Manden. distribution in the Braslav district of Vitebsk region, spots of invasion and their condition are described. The GPS coordinates of 760 *Heracleum sosnowskyi* populations with an area of 72,770 hectares were fixed. This area is colonized by 210 colonies (metapopulations). The places of growth of invasive species are concentrated in 6 centers. Most of *Heracleum sosnowskyi* locations spread on meadow lands – 28,833 ha (35,4%); in the second place, unused lands – 11,193 ha (15,3%); in the third place – bushy lands with 8,234 ha (11,2%); in fourth place – arable lands (fields margins) with 7,840 ha (11,0%); in the fifth place – lands under construction (territories for maintenance of buildings and outbuildings) – 6,493 ha (9,0%). Next are forest lands – 4,700 ha (6,5%), lands under swamps – 3,062 ha (4,2%), roads and other communications – 1,250 ha (1,7%), watercourses (reclamation canals) – 0,490 ha (0,7%), orchards – 0,154 ha (0,2%). For 10 years in the Braslav district,

significant success was achieved in the struggle against *Heracleum sosnowskyi*. The area of invasive species has decreased by 2,4 times. The spread of invasion remains, one third of *Heracleum sosnowskyi* locations is seeded and quickly spreads along the streams and bushy fields. In the nearest time the area of invasion may increase by 23,3%, that will lead to the transition to the category of areas with a very high risk of invasion.

Keywords: *Heracleum sosnowskyi*, GIS, GIS-technologies, invasive populations, inventory, maps of distribution, colonies of hogweed, locations, centers and spots of invasion.

ВВЕДЕНИЕ

В 1960–1980 гг. на европейской территории СССР велась работа по интродукции гигантских борщевиков для привлечения их в сельское хозяйство как новой кормовой культуры. В БССР проводили производственные опыты с восемью видами борщевиков [1].

Особенно привлекательным для производства силосных кормов являлся борщевик Сосновского и его гибриды. С течением времени, несмотря на достоинства новой кормовой культуры в растениеводстве и животноводстве, постепенно накапливались отрицательные последствия от введения борщевика в агрокультуру. Экономический кризис, вызванный распадом СССР, способствовал превращению борщевика из новой кормовой культуры в опасный инвазивный сорняк. Борщевик оказался способен к распространению самосевом, натурализовался в Беларуси, Прибалтике, европейской части России и начал интенсивно расселяться на залеж-

ных и заброшенных землях сельскохозяйственных предприятий, вокруг ферм и в зонах отчуждения дорог [2–5].

Изучение современного масштаба инвазии борщевика Сосновского и близкородственных ему видов гигантских борщевиков на территории Браславского района Витебской области проведено ВГУ имени П.М. Машерова в 2019–2020 гг. в ходе выполнения НИР «Оценка угроз распространения инвазивных видов – бальзамина, борщевика, золотарника на территории северных и западных районов Витебской области, молекулярно-генетическое изучение их таксономического состава». НИР проводилась в рамках ГПНИ на 2016–2020 гг. «Природопользование и экология», п/п 2 «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», задание 2.05 «Оценка угроз и разработка системы рисков от внедрения инвазивных видов в нативные сообщества как элемент экологической безопасности Республики Беларусь».

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом исследования являлись очаги инвазии и популяции борщевика, выявленные на территории Браславского района, расположенного на северо-западе Витебской области. Площадь 2,2 тыс. км². В составе района – г. Браслав и г.п. Видзы, 9 сельсоветов и 628 сельских населённых пунктов. Основная часть территории района занята холмисто-моренно-озёрными ландшафтами. На севере и в центре – Браславская гряда, на юге – часть Полоцкой низины. Преобладают высоты 130–160 м. Средняя температура января -7,1°C, июля – 17,6°C. Осадков выпадает 620 мм в год. Почвы сельскохозяйственных угодий дерново-подзолистые, дерново-подзолистые заболоченные, дерновые и дерново-карбонатные заболоченные, торфяно-болотные. Под лесом около 35% территории. Под болотами 18,6 тыс. га (более 8%). Мелиорировано 31,5 тыс. га земель. В составе АПК района 14 сельхозпредприятий и 12 фермерских хозяйств. Основная специализация района – молочно-мясное животноводство, производство зерна, картофеля, рапса. Сельскохозяйственные земли занимают 74,2 тыс. га (почти

34%), в т.ч. пашня 39,2, сенокосы 16,7, пастбища 18,3. Длина железных дорог 5 км, автодорог 1139,6 км, в т.ч. с твёрдым покрытием 311 км [6].

При разработке маршрутов полевых исследований использованы данные Витебского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды о местах произрастания борщевика. Изучение проводили детально-маршрутным методом с применением GPS-навигации. При обследовании локальных популяций борщевика прибором спутниковой навигации GARMIN 60 CXS зафиксированы GPS-координаты и контуры локалитетов. Впоследствии GPS-данные передавали в специальные картографические программы OziExplorer и MapInfo. Дальнейшая обработка результатов полевых работ осуществляли с использованием ГИС-технологий и ГИС-картографирования. Изучение пространственного распределения инвазии осуществляли на топографической подложке Геопортала «Белгипрозем» на основе аэрофотоснимков (ортофотопланов) Земельно-информационной системы Республики Беларусь (ЗИС РБ).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 2019 г. проведена инвентаризация мест произрастания борщевика в Браสลавском районе. По результатам обработки данных полевых исследований создана картографическая база данных в программе OziExplorer (рис. 1).

В ходе обследования района зафиксированы GPS-координаты 760 популяций борщевика площадью 72,770 га, образующих 210 колоний борщевика (метапопуляций). В 2016 г. для описания колоний и очагов инвазии была разработана градация состояния борщевика и лугового фитоценоза, а также выделены 5 типов колоний по пространственному расположению: точечные, ленточные, пятнистые, пятнисто-ленточные, площадные. Для оценки результативности проводимых мероприятий по борьбе с распространением инвазии выделены критерии 6-ти категорий состояния борщевика: доминирует, прогрессирует, стабилен, угнетён, сильно угнетён, уничтожен [7].

По результатам обработки данных полевых исследований создана ГИС распространения борщевика в Браславском районе. Концепция и иерархия слоев ГИС от локуса к колонии, от колонии к очагу инвазии и центру инвазии были разработаны при выполнении предыдущей НИР [8].

На территории Браславского района места произрастания борщевика сосредоточены в 6-ти

центрах распространения инвазии (2 расположены в северной части района, 3 – в центральной части и 1 – на юге района (рис. 2).

Центр инвазии «Восточный» расположен в восточной части Браславского района по границе с Миорским районом, который также сильно засорён борщевиком (рис. 3).

Центр образуют 55 колоний, состоящие из 217 отдельных мест произрастания общей площадью 21,560 га. Центр состоит из 11 очагов инвазии: Ахремовцы, Белобоки, Бувещина, Гайлеши-Моровщина, Голубовщина, Замощье, Иказнь, Мильки, Споруны, Тетерки, Укля. Места произрастания борщевика расположены на луговых и пастбищных землях ОАО «Браславский райагросервис».

Очаг инвазии «Ахремовцы» расположен к северу от г. Браслав в а.г. Ахремовцы на территории хоздворов ОАО «Браславский райагросервис». Очаг состоит из 3 локалитетов борщевика общей площадью 0,020 га.

Очаг инвазии «Гайлеши-Моровщина», состоящий из 7 колоний, расположен к северу от г. Браслав в окрестностях д. Гайлеши Ахремовского сельсовета (с/с). Общая площадь зарослей борщевика в очаге 3,618 га. Очаг прогрессирует и быстро увеличивает площадь.



Рис. 1. Точки GPS в местах произрастания борщевика Сосновского, отображенные на топографической карте

Fig.1. GPS points of *Heracleum sosnowskyi* locations on a topographic map

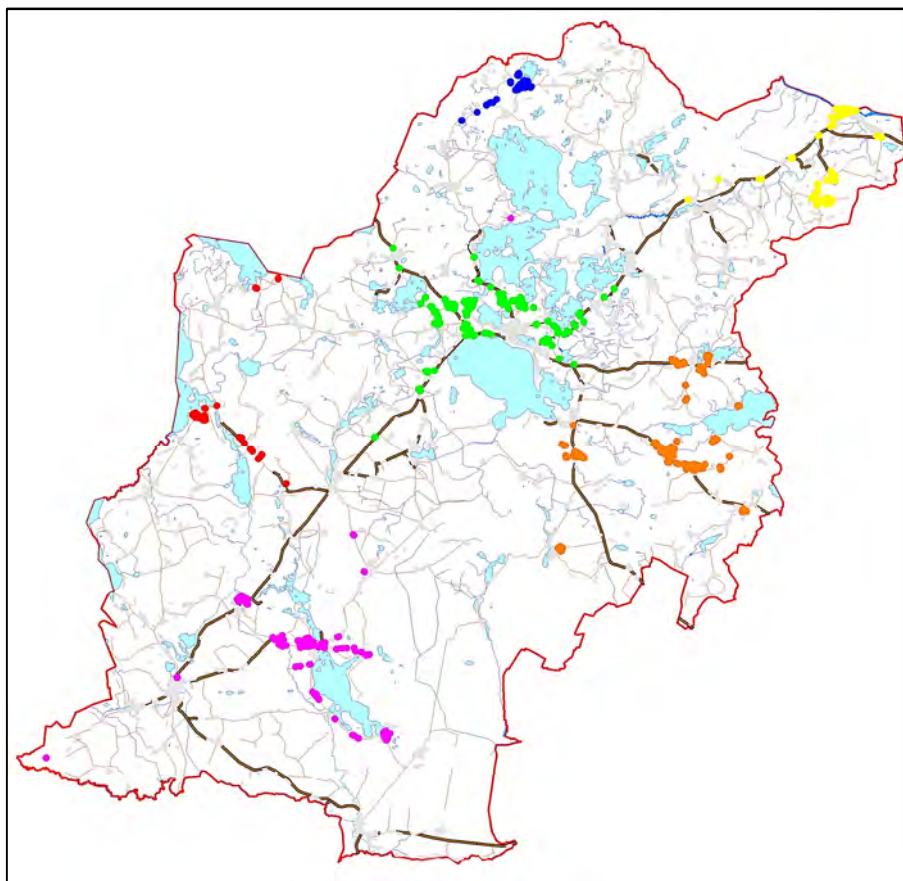


Рис. 2. Центры инвазии борщевика Сосновского на территории Браสลавского района

Fig.2. Centers of *Heracleum sosnowskyi* invasion in the Braslav district



Рис. 3. Локализация мест произрастания борщевика Сосновского в центре инвазии «Восточный»

Fig.3. *Heracleum sosnowskyi* locations in «Eastern» center of invasion

Очаг инвазии «Замощье» расположен к северу от г. Браслав в окрестностях д. Замощье Ахремовского с/с. Образован 5 колониями, состоящими из 11 локалитетов общей площадью 0,557 га. Очаг прогрессирует, борщевик расселяется на пахотнопригодных землях.

Очаг инвазии «Тетерки» расположен к северу от г. Браслав в окрестностях д. Тетерки Ахремовского с/с. Образован 11 колониями, состоящими из 36 локалитетов общей площадью 6,380 га. В очаге две большие колонии: перед деревней (слева и справа от дороги многочисленные локалитеты вдоль каналов и ложбин по кромкам полей) и колония к северо-востоку от деревни вокруг фермы. Очаг прогрессирует, борщевик на протяжении ряда лет обсеменяется и быстро увеличивает площадь зарослей.

Очаг инвазии «Мильки» расположен к северу от г. Браслав в окрестностях а.г. Мильки Тетерского с/с. Образован 2 колониями, состоящими из 9 локалитетов общей площадью 0,530 га. Заросли борщевика расположены на восточной окраине деревне, занимают территорию хозяйственного двора фермы и примыкающие поля. Очаг угнетен: часть локалитетов обработана гербицидом, но вдоль кустов борщевик обсеменяется и есть угроза расселения на соседние земли.

Очаг инвазии «Белобоки» расположен к северу от г. Браслав в окрестностях д. Белобоки Тетерского с/с. Очаг образован 2 колониями, общая площадь зарослей борщевика 3,618 га. Колония восточнее деревни состоит из 4 локалитетов, произрастающих вокруг территории фермы, вторая колония находится восточнее д. Белобоки вдоль а/д Н-2145. Очаг прогрессирует и заселяет прилегающие земли.

Очаг инвазии «Голубовщина» расположен к северу от г. Браслав в окрестностях д. Голубовщина Тетерского с/с. Очаг образован 4 колониями, состоящими из 7 локалитетов общей площадью 1,200 га. Очаг прогрессирует, борщевик ряд лет обсеменяется и расселяется на прилегающие луговые земли.

Очаг инвазии «Иказнь» расположен к востоку от г. Браслав в окрестностях д. Иказнь Тетерского с/с. Очаг образован 6 колониями, состоящими из 36 локалитетов общей площадью 3,300 га. Три колонии, произрастающие вдоль дороги на полуостров, имеют много малых по площади локалитетов. Три колонии на хозяйственном дворе бывших мастерских состоят из больших по площади локалитетов. Очаг сильно угнетен гербицидом, но часть зарослей борщевика на неудобьях не обрабатывается и не скашивается. На этих местах борщевик на протяжении ряда лет обсеменяется, что создает угрозу восстановления популяции и дальнейшего расселения борщевика по полуострову.

Очаг инвазии «Бувещина» расположен к востоку от г. Браслав в окрестностях д. Бувещина Тетерковского с/с. Расположен напротив д. Бувещина на территории фермы. Колония борщевика состоит из 2 локалитетов общей площадью 0,050 га. Очаг прогрессирует, обсеменяется, идет расселение борщевика на прилегающие к ферме поля.

Очаг инвазии «Укля» расположен к востоку от г. Браслав в окрестностях д. Укля Тетерского с/с, образован колонией борщевика, произрастающей на хозяйственном дворе фермы и состоящей из 5 локалитетов общей площадью 0,160 га. Два локалитета возле водонапорной башни скашиваются, угнетены гербицидом. Три локалитета на берегу оз. Укля на протяжении ряда лет обсеменяются, идет расселение и увеличение площади зарослей борщевика.

Центр инвазии «Западный» расположен в западной части района, вдоль приграничной окраины. Центр образуют 18 колоний, состоящих из 49 отдельных мест произрастания общей площадью 3,167 га. Центр состоит из нескольких небольших очагов инвазии: Дворище-Миллонцы, Дрисвяты, Кривасели.

Очаг инвазии «Дворище-Миллонцы» расположен на запад от а.г. Опса в окрестностях д.д. Миллонцы и Дворища Опсовского с/с. Образован 3 колониями, состоящими из 13 локалитетов общей площадью 0,240 га. Очаг стабилен. Заросли скашиваются, расселения борщевика не происходит.

Очаг инвазии «Дрисвяты» расположен в окрестностях а.г. Дрисвяты Видзовского с/с к югу от деревни на территории хозяйственных дворов ферм. Образован 3 колониями, состоящими из 30 локалитетов общей площадью 2,830 га. Борьба с борщевиком не ведется на протяжении ряда лет, очаг прогрессирует, идет расселение на прилегающую территорию.

Очаг инвазии «Кривасели» расположен к северо-западу от г. Браслав в окрестностях д. Кривасели. Образован 2 колониями борщевика, состоящими из 6 локалитетов общей площадью 0,098 га. Большая часть локалитетов на протяжении ряда лет обсеменяется, очаг прогрессирует, идет расселение борщевика на прилегающую территорию.

Центр инвазии «Северный» расположен в северной части района вдоль а/д Н-2112 (Браслав – Плюсы) в окрестностях населенных пунктов Рожки, Неверишки, Плюсы. Центр образуют 12 колоний, состоящих из 52 отдельных мест произрастания общей площадью 7,392 га. Центр состоит из 2 очагов инвазии: Неверишки-Рожки и Плюсы (рис. 4).

Очаг инвазии «Неверишки-Рожки» простирается на несколько километров вдоль а/д Н-2112 на

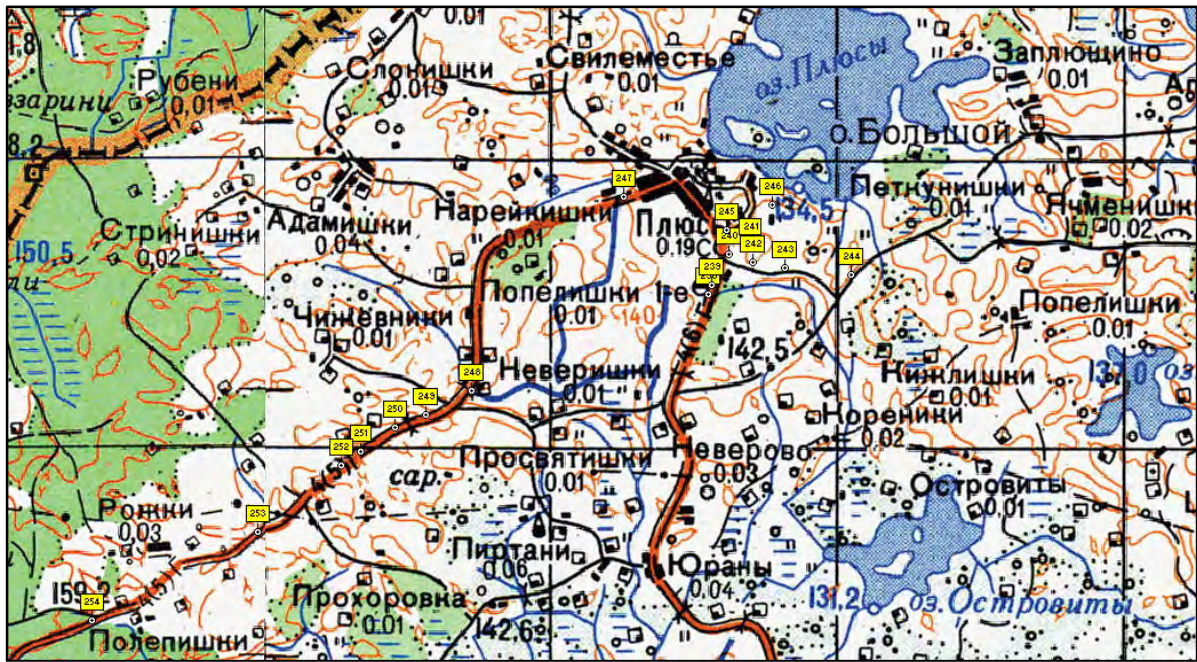


Рис. 4. Локализация мест произрастания борщевика Сосновского в центре инвазии «Северный»

Fig. 4. *Heracleum sosnowskyi* locations in «Northern» center of invasion

отрезке между деревнями Неверишки и Рожки. Очаг образуют 7 колоний общей площадью 0,240 га. Борщевик произрастает в придорожной полосе, по кромкам полей с многолетними травами и на прогалинах среди кустарника. Локалитеты вдоль дороги угнетены гербицидом, локалитеты на сельскохозяйственных землях обсеменяются и борщевик расселяется по неудобьям.

Очаг инвазии «Плюсы» расположен в окрестностях д. Плюсы и оз. Плюсы. Очаг образуют 5 колоний, состоящих из 36 отдельных мест произрастания общей площадью 14,550 га. Основная часть зарослей борщевика расположена на территории хозяйственных дворов ферм и прилегающих полях. Большинство локалитетов на протяжении ряда лет обсеменяются, борщевик быстро расселяется, происходит замещение растительности на монодоминантные заросли борщевика. Высока угроза распространения очага на прилегающую территорию.

Центр инвазии «Северо-восточный» расположен вдоль а/д Н-2100 (Браслав – Друя) в северо-восточной части района (рис. 5).

Центр образуют 20 колоний, состоящих из 90 отдельных мест произрастания общей площадью 3,430 га. Центр делится на 6 очагов инвазии: 2 крупных (Друя, Мальки-Войса) и 4 мелких (Деликаторы, Кочерги, Черново, Яя).

Очаг инвазии «Друя» расположен в северной части района в пойме р. Западная Двина и на территории а.г. Друя. Образован 5 колониями, состоящими из 49 отдельных мест произрастания об-

щей площадью 0,630 га. В 2018-2019 гг. все локалитеты борщевика обработаны гербицидом. Очаг находится в сильно угнетенном состоянии, частично уничтожен. Угрозы расселения нет. Необходим контроль за местами произрастания для предотвращения восстановления популяций за счет почвенного банка семян.

Очаг инвазии «Мальки-Войса» расположен к востоку от шоссе Н-2100 (Браслав – Друя) за рекой Друйка. Очаг включает 11 колоний, состоящих из 71 отдельного места произрастания общей площадью 5,820 га. Очаг делится на 2 части: 1) 18 локалитетов в д. Войса и на территории хозяйственного двора фермы; 2) 53 локалита в окрестностях д. Мальки. Локалитеты в д. Войсо и на склонах к озерной котловине обсеменяются, а локалитеты вокруг фермы скашиваются. Локалитеты вокруг д. Мальки частично обработаны гербицидом, но большая часть зарослей обсеменяется. В целом очаг прогрессирует, идет расселение и увеличение площади зарослей борщевика.

Центр инвазии «Центральный» расположен в окрестностях г. Браслав. Центр образуют 66 колоний, состоящих из 186 отдельных мест произрастания общей площадью 18,400 га. Колонии борщевика на территории центра группируются в 17 очагов инвазии: Боярунишки, Задоны, Злото, Каленкишки, Кошанишки-Зарачье, Красносельцы, Лапки, Муражи-Шауры, Надбережье, оз. Цно, Пантелейки, Пузовичи, Ратюны-Бошаны, Рубеж-Княжино, Струсто, Урбаны, Чернишки. Среди них есть небольшие по площади очаги и есть крупные, занимающие большую территорию (рис. 6).

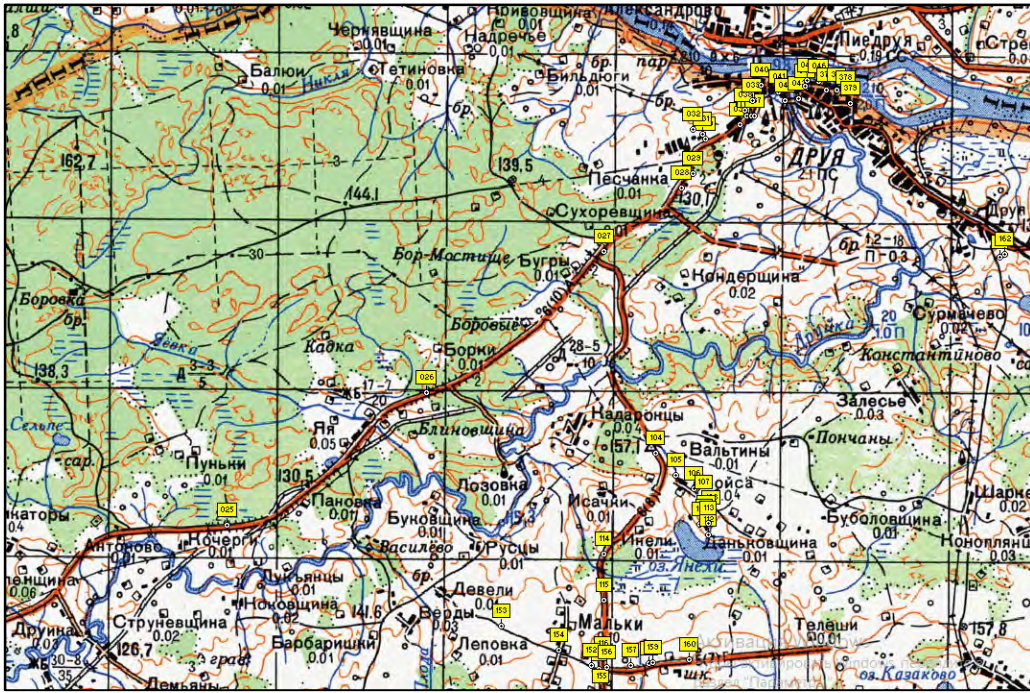


Рис. 5. Локализация мест произрастания борщевика Сосновского в центре инвазии «Северо-восточный»

Fig. 5. *Heracleum sosnowskyi* locations in «Northeastern» center of invasion

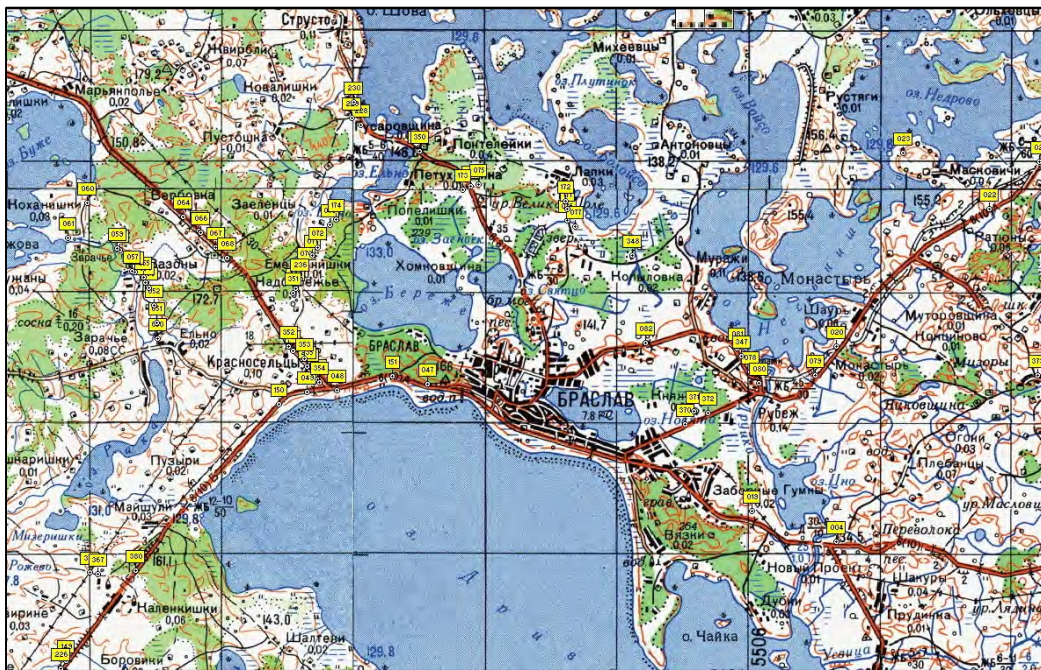


Рис. 6. Локализация мест произрастания борщевика Сосновского в центре инвазии «Центральный»

Fig. 6. *Heracleum sosnowskyi* locations in «Central» center of invasion

Очаг инвазии «Рубеж» расположен восточнее г. Браслав в окрестностях д. Рубеж вдоль котловины оз. Неспиш. Образован 3 колониями, состоящими из 13 локалитетов площадью 0,976 га (см. рис. 6). Все локалитеты в 2018 г. скашивались, в 2019 г. обработаны гербицидом, частично уничтожены. Очаг находится в угнетенном состоя-

нии, но сохраняется угроза восстановления очага из почвенного банка семян.

Очаг инвазии «Княжино» расположен в пригородах г. Браслав в окрестностях д. Княжино вдоль а/д Н-2100 (Браслав – Дря). Очаг угнетен гербицидом, его образуют 3 колонии, состоящие из 13 локалитетов общей площадью 0,976 га.

Очаг инвазии «Лапки» расположен в пригородах г. Браслав в окрестностях д. Лапки вдоль а/д Н-2126 (Миражи – Красносельцы). Очаг образуют 5 колоний, состоящих из 22 локалитетов общей площадью 4,946 га. Локалитеты борщевика на территории хоздвора старой котельной частично скашиваются, угнетены гербицидом. Локалитеты, произрастающие вдоль канала на поле, на протяжении ряда лет обсеменяются. Очаг прогрессирует. Идет расселение борщевика на неудобья и прогалины.

Очаг инвазии «Коханишки-Зарачье» расположен в пригородах г. Браслав в окрестностях д. Зарачье. Очаг образуют 8 колоний, состоящих из 19 локалитетов общей площадью 1,166 га. На большей части площади борщевик на протяжении ряда лет обсеменяется. Очаг прогрессирует, наблюдается быстрое расселение по заброшенным полям и увеличение площади инвазии.

Очаг инвазии «Зазоны» расположен к северо-западу от г. Браслав вдоль а/д Р-3 (Глубокое – граница Латвии) в окрестностях д. Зазоны. Очаг образуют 2 колонии борщевика, состоящие из 19 локалитетов общей площадью 3,877 га. Очаг на большей площади угнетен гербицидом, на лесных прогалинах и неудобьях обсеменяется, но угрозы расселения нет.

Очаг инвазии «Шауры» расположен к северо-востоку от г. Браслав вдоль а/д Н-2100 (Браслав – Друя) в окрестностях д. Шауры, вдоль берега оз.

Неспиш. Очаг состоит из 5 локалитетов общей площадью 0,460 га на естественных луговых землях озерной котловины. Очаг угнетен гербицидом, угрозы расселения нет.

Центр инвазии «Южный» расположен в южной части Браславского района, на восток от г.п. Видзы в окрестностях оз. Богинское (рис. 7).

Центр образуют 40 колоний, состоящих из 167 отдельных мест произрастания общей площадью 15,100 га. Колонии борщевика в центре группируются в 9 очагов инвазии: Богино, Браславская Лука, Видзы, Далекые, Жвирблишки, Ковшенки-Устье, Подрукша, Ставрово, Юрши-Сиповичи.

Очаг инвазии «Богино» расположен в южной части района в окрестностях а.г. Богино Далековского с/с вдоль а/д Н-2105 (Опса – Богино – Видзы). Очаг образуют 13 колоний, состоящих из 70 локалитетов общей площадью 5,038 га.

Очаг инвазии «Браславская Лука» расположен в южной части района в окрестностях д. Браславская Лука Далековского с/с на восточной стороне оз. Богинское. Очаг образуют 3 колонии, состоящие из 10 локалитетов общей площадью 0,120 га. В 2019 г. локалитеты вдоль дороги уничтожены гербицидом, локалитеты на сельскохозяйственных землях на протяжении ряда лет обсеменяются. Очаг прогрессирует, борщевик заселяет заброшенные поля.

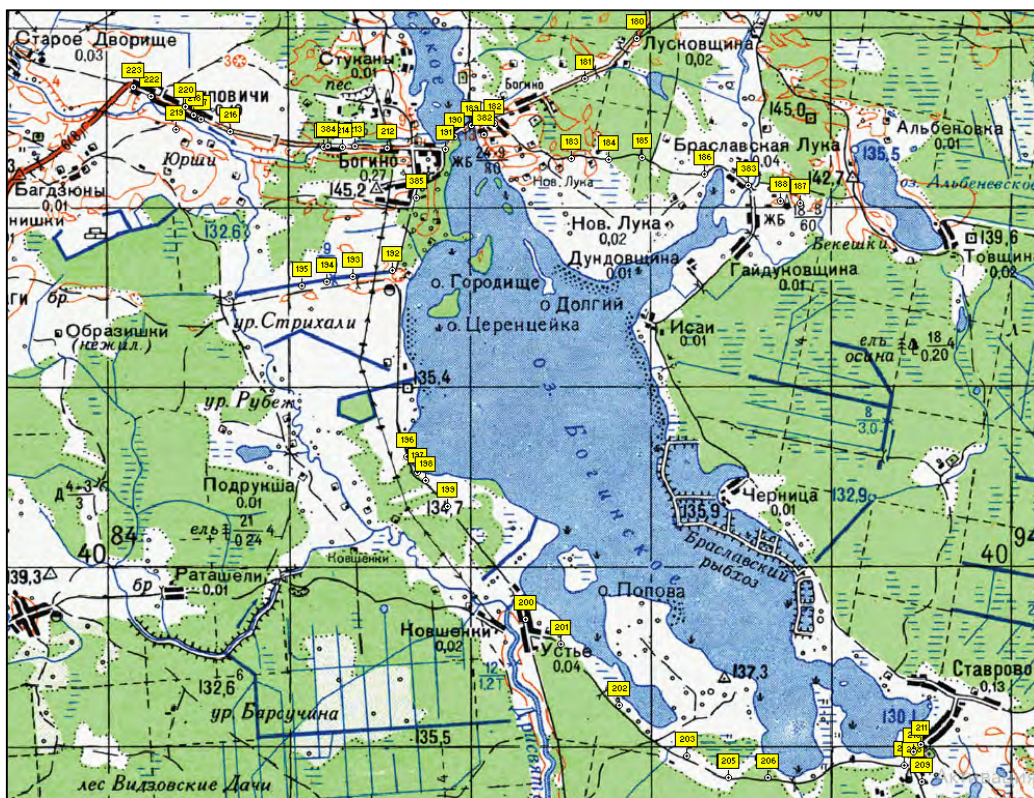


Рис. 7. Локализация мест произрастания борщевика Сосновского в центре инвазии «Южный»

Fig. 7. *Heracleum sosnowskyi* locations in «Southern» center of invasion

Очаг инвазии «Видзы» включает 1 локалитет площадью 0,184 га, расположенный среди огородов на пустыре г.п. Видзы. Очаг скашивается, угрозы расселения нет.

Очаг инвазии «Далекие» расположен в южной части района в окрестностях а.г. Далекие вдоль а/д Н-2105 (Опса – Богино). Очаг образуют 2 колонии, состоящие из 3 локалитетов общей площадью 0,080 га. Локалитет в придорожной полосе уничтожен гербицидом. Локалитеты на хозяйственном дворе фермы угнетены обработкой гербицидом, частично ликвидированы. Угрозы расселения нет, необходим контроль для предотвращения возможности восстановления из почвенного банка семян.

Очаг инвазии «Жвирблишки» расположен на юго-западной окраине района в приграничной зоне с Литвой в окрестностях д. Ровишке и Жвирблишки. Очаг расположен на краю удаленного поля с многолетними травами. Последние годы травы не скашиваются и борщевик ежегодно обсеменяется. Идет быстрое расширение очага, на поле появляются новые пятна зарослей.

Очаг инвазии «Ковшенки-Устье» расположен к югу от а.г. Богино в окрестностях д. Устье Видзовского с/с на западном берегу оз. Богинское вдоль а/д Н-2119 (Богино – Ставрово). Очаг образуют 5 колоний. Часть придорожных локалитетов обработана гербицидом, часть зарослей на кромках полей обсеменяется. Наблюдается расселение борщевика на сельскохозяйственные земли. Очаг прогрессирует, борщевик заселяет заброшенные поля.

Очаг инвазии «Подрукша» расположен в южной части района в окрестностях д. Подрукша Опсовского с/с вдоль а/д Н-2105 (Опса – Видзы). Очаг образуют 4 колонии, состоящие из 21 локалитета общей площадью 3,610 га. Большая часть локалитетов на полях с многолетними травами, прилегающих к фермам, обсеменяется, происходит расселение борщевика на прилегающие земли.

Очаг инвазии «Ставрово» расположен в южной части района в окрестностях д. Ставрово Далековского с/с на южной оконечности оз. Богинское. Очаг образуют 5 колоний, состоящих из 20 локалитетов общей площадью 5,038 га. Заросли борщевика в деревне обработаны гербицидом и усыхают, локалитеты на неудобьях и вдоль кустов обсеменяются. Очаг частично угнетен. Необходима повторная обработка гербицидом участков борщевика на неудобьях.

Очаг инвазии «Юрши-Сиповичи» расположен в южной части района в окрестностях а.г. Богино Далековского с/с вдоль а/д Н-2105 (Богино – Видзы). Очаг образуют 5 колоний, состоящих из 26 локалитетов общей площадью 2,950 га. Очаг

прогрессирует, локалитеты ряд лет обсеменяются, борщевик быстро заселяет заброшенные поля с многолетними травами и нежилые подворья деревень.

После завершения работы по созданию ГИС распространения борщевика на территории Браславского района инструментами ГИС проанализировано распределение площади инвазии по категориям землепользователей и типам земель.

В Браславском районе первое место по площади зарослей борщевика принадлежит сельскохозяйственным организациям – 46,190 га (63,5%), второе место занимают земли населенных пунктов – 18,927 га (26,0%), третье место – земли национального парка «Браславские озера» (7,2%), четвертое место – земли организаций образования – 1,020 га (1,4%), пятое место приходится на хозяйственные организации областного уровня – 0,830 га (1,1%).

По типам земель площадь инвазии в Браславском районе распределилась следующим образом: большинство зарослей борщевика приходится на луговые земли – 28,833 га (35,4%), далее следуют неиспользуемые земли – 11,193 га (15,3%), закустаренные земли – 8,234 га (11,2%), пахотнопригодные земли (окраины полей) – 7,840 га (11,0%), земли под застройкой (территории для обслуживания зданий и хозяйственных построек) – 6,493 га (9,0%). Далее следуют лесные земли – 4,700 га (6,5%), земли под болотами – 3,062 га (4,2%), дороги и другие коммуникации – 1,250 га (1,7%), водотоки (мелиоративные каналы) – 0,490 га (0,7%), сады – 0,154 га (0,2%).

Тенденция сходного распределения долей инвазии по типам земель аналогична и другим ранее обследованным районам области. В большинстве районов наибольшая площадь зарослей борщевика приходится на луговые земли [9–14].

По результатам инвентаризации большинства районов Витебской области нами была разработана пятибалльная шкала оценки угроз распространения инвазии борщевика:

- оценка 1 (благополучные районы) – площадь инвазии менее 10 га;
- оценка 2 (малая угроза распространения инвазии) – площадь инвазии от 10 до 20 га;
- оценка 3 (средняя угроза распространения инвазии) – площадь инвазии от 20 до 60 га;
- оценка 4 (высокая угроза распространения инвазии) – площадь инвазии от 60 до 100 га;
- оценка 5 (очень высокая угроза распространения инвазии) – площадь инвазии от 100 га и более.

Браславский район по пятибалльной системе относится к районам с высокой угрозой распространения инвазии (оценка 4 – площадь инвазии от 60 до 100 га).

В 2010 г. на территории Браславского района учеными Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси выявлено и зарегистрировано у 28 землепользователей 172 места произрастания борщевика общей площадью 147,800 га. По сравнению с 2010 г. отмечен многократный рост количества мест произрастания борщевика и площади инвазии на территории района. К 2018 г. число зарегистрированных мест произрастания возросло в 4,4 раза (с 172 до 760), площадь зарослей борщевика увеличилась до 174,647 га.

В 2018–2019 гг. большинство мест произрастания борщевика обрабатывалось гербицидом. Это вызвало угнетение или полное уничтожение части популяций борщевика, что привело к уменьшению площади инвазии (в 2,4 раза уменьшилась площадь зарослей борщевика).

На осень 2019 г. по результатам инвентаризации нами было зафиксировано 760 локальных популяций борщевика общей площадью 72,770 га. Увеличилась площадь некоторых старых (известных с 2010 г.) очагов, появились молодые дочерние колонии на прилегающих территориях, резко возросло количество мест произрастания борщевика, зарегистрировано 588 его новых популяций (локалитетов), что свидетельствует о том, что на многих участках борщевик на протяжении ряда лет не скашивался и давал семена.

В ближайшие годы площадь инвазии борщевика Сосновского в Браславском районе может возрасти на 23,3% (18,200 га), что приведет район к переходу в категорию с очень высокой угрозой распространения инвазии (оценка 5 – площадь инвазии от 100 га и более).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения НИР установлена современная площадь – 72,770 га распространения инвазии борщевика на территории Браславского района Витебской области. С применением GPS-навигации и ГИС-технологий зафиксированы географические координаты – 760 популяций, образующих 210 колоний (метапопуляций) борщевика.

В борьбе с расселением борщевика на территории Браславского района достигнуты определенные успехи, в 2,4 раза уменьшилась площадь его зарослей. Однако угроза распространения инва-

зии в районе сохраняется, на 1/3 площади зарослей борщевик обсеменяется и быстро расселяется вдоль полевых дорог, по поймам ручьёв, неудобьям и закустаренным полям. Увеличилась площадь некоторых старых, известных с 2010 г. очагов, появились молодые дочерние колонии на прилегающих территориях, резко возросло количество мест произрастания борщевика. Это стало следствием того, что мероприятия по борьбе с распространением выполнялись не в полном объёме и на многих участках борщевик давал семена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интродукция борщевиков в Белоруссии / М. А. Кудинов [и др.]. – Минск: Наука и техника. – 1980. – 200 с.
2. Сацыперова, И. Ф. Борщевика флоры СССР – новые кормовые растения: перспективы использования в народном хозяйстве / И. Ф. Сацыперова. – Л.: Наука, 1984. – 218 с.
3. Медведев, И. В. Рекомендации по борьбе с борщевиком Сосновского / И. В. Медведев, С. Л. Сметанников. – Вологда. – 1981. – 40 с.
4. Практическое пособие по борьбе с гигантскими борщевиками (на основе европейского опыта по борьбе с инвазивными сорняками) / под ред. Ш. Нильсон [и др.]. – Hoersholm, Denmark. – 2005. – 44 с.
5. Ламан, Н. А. Гигантские борщевика – опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси / Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров, О. М. Масловский. – Минск, 2009. – 40 с.
6. Регионы Беларуси: энциклопедия. В 7 т. – Т.2. Витебская область. – В 2 кн. Кн.1 / редкол.: Т. В. Белова (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Беларус. Энцикл. імя П. Броўкі, 2010. – С. 234–237.
7. Анализ распространения инвазивных борщевиков на территории Дубровенского района Витебской области / Ю. И. Высоцкий [и др.] // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўн-та. – 2017. – № 3(96). – С. 49–55.
8. Новикова, Ю. И. Обновлённый классификатор для ГИС «Инвазивные виды Витебской области» / Ю. И. Новикова // Молодость. Интеллект. Инициатива: мат-лы VI междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Витебск, 19 апр. 2018 г. / Витеб. Гос. Ун-т; редкол.: И. М. Прищеп (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2018. – С.89–90.
9. Высоцкий, Ю. И. Анализ распространения инвазии борщевика на территории Лиозненского района Витебской области / Ю. И. Высоцкий // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўн-та. – 2017. – №4 (97). – С. 48–53.
10. Высоцкий, Ю. И. Анализ распространения инвазивных борщевиков на территории Сенненского района Витебской области / Ю. И. Высоцкий // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўн-та. – 2018. – № 1 (98). – С. 48–53.
11. Анализ распространения инвазии борщевика на территории Городокского района Витебской области / Ю. И. Высоцкий [и др.] // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўн-та. – 2018. – № 4 (101). – С. 66–72.
12. Высоцкий, Ю. И. Анализ распространения инвазии борщевика на территории Оршанского района Витебской области / Ю. И. Высоцкий // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўн-та. – 2019. – № 2 (103). – С. 26–35.
13. Высоцкий, Ю. И. Изучение инвазии борщевика в Полоцком районе Витебской области / Ю. И. Высоцкий // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўн-та. – 2020. – № 2 (107). – С. 25–31.
14. Инвазия борщевика в Витебском районе Витебской области / Ю. И. Высоцкий [и др.] // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўн-та. – 2020. – № 3 (108). – С. 69–77.

Поступила в редакцию 05.02.2024 г.

УДК 614.4:577.472(075.83)

Н. Д. ГРИЩЕНКОВА¹, И. А. РУДАКОВСКИЙ²**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕР В ЗАКАЗНИКЕ
РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗНАЧЕНИЯ «КРАСНЫЙ БОР»**¹*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: nhrysh@gmail.com*²*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: igor.rudakovsky@gmail.com*

Аннотация. В статье представлены материалы мониторинговых исследований высшей водной растительности в трех озерах заказника республиканского значения «Красный Бор» (Белое (Доброплёсы), Бредно и Моховое), включенных в Национальную систему мониторинга окружающей среды Республики Беларусь. Оцениваются изменения характера и степени зарастания водоемов, а также физико-химических показателей водной массы за многолетний период наблюдений. Выявлены основные угрозы уникальным водным экосистемам и местам обитания охраняемых видов водных растений на территории заказника «Красный Бор».

Ключевые слова: высшая водная растительность, мониторинг, охраняемые виды, заказник, озеро, трансформация, антропогенный фактор.

N. D. HRYSHCHANKAVA¹, I. A. RUDAKOVSKI²**ECOLOGICAL CONDITION OF LAKES
IN THE NATIONAL SIGNIFICANCE RESERVE «KRASNY BOR»**¹*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: nhrysh@gmail.com*²*Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: igor.rudakovsky@gmail.com*

Annotation. The article presents the materials of monitoring studies of the higher aquatic vegetation in three lakes of the national significance reserve «Krasny Bor» (Beloe (Dobroplesy), Bredno and Mohovoye), included in the National Environmental Monitoring System of the Republic of Belarus. Changes in the type and degree of overgrowth of lakes, as well as physical and chemical water indicators, over a long period of observations are assessed. The main threats to unique aquatic ecosystems and habitats of protected species of aquatic plants on the territory of the «Krasny Bor» reserve have been identified.

Keywords: higher aquatic vegetation, monitoring, protected species, reserve, lake, transformation, anthropogenic factor.

ВВЕДЕНИЕ

Высшие водные растения (макрофиты) являются неотъемлемым средообразующим компонентом водных экосистем, формируют биологическое разнообразие, являются ценным кормовым ресурсом и промышленным сырьем. Различные признаки и свойства отдельных растений или растительных сообществ и их комплексов могут применяться при индикации экологического состояния водных объектов для получения качественной, а иногда и количественной характеристики среды [1, 2].

Заказник «Красный Бор» расположен на севере Беларуси, в пределах Россонского и Верхнедвинского районов Витебской области. Особо охраняемая природная территория (ООПТ) объявлена республиканским ландшафтным заказником Постановлением Совета Министров Респуб-

лики Беларусь в 1997 г. в целях сохранения в естественном состоянии уникального природного ландшафтно-озерного комплекса с популяциями редких и исчезающих видов растений и животных, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь.

Здесь находится 51 озеро, занимающих около 3% площади ООПТ. Слабая освоенность территории заказника еще до недавнего времени позволяла сохраняться в ненарушенном состоянии озерам различного трофического типа (от дистрофных и мезотрофных до эвтрофных). Такая пестрота озерных типов определяет биологическое и ландшафтное разнообразие ООПТ, дает возможность на относительно ограниченной площади наиболее полно проследить естественные эволюционные процессы развития озерных водоемов.

Наиболее значительное количество озер заказника относится к эвтрофному типу. Они отличаются высоким видовым разнообразием высшей водной растительности.

Наибольший интерес представляют мезотрофные озера с низкой минерализацией (20–80 мг/дм³). Они характеризуются небольшими глубинами (4–8 м), имеют простое строение котловины. По сравнению с другими озерами у них бедный видовой состав высшей водной растительности, но за счет лимнических характеристик в данных озерах сохраняются (как правило занимают доминирующее положение) лобелия Дортманна и полушник озерный – охраняемые растения Беларуси, Литвы, Латвии, Российской Федерации и Польши [3–7].

В отдельную группу можно выделить озера верховых болот и заболоченных земель. Как правило, это мелководные озера (глубины не превышают 2 м), в которых формируются специфиче-

ские прибрежно-водные экосистемы. Часто здесь отмечают редкие охраняемые виды: на акватории озер – кубышка малая, на прилегающих территориях – береза карликовая, пухонос альпийский, пушица стройная и прочие виды.

Всего в озерах заказника отмечено 38 видов высших водных растений, среди них пять видов занесены в Красную книгу Республики Беларусь [3] – гидриллы мутноватая (*Hydrilla verticillata* (L.fil.) Royle), кувшинка белая (*Nymphaea alba* L.), кубышка малая (*Nuphar pumila* (Timm) DC.), лобелия Дортманна (*Lobelia dortmanna* L.), полушник озерный (*Isoetes lacustris* L.). Охраняемые виды отмечены в шести озерах.

Регулярный мониторинг высшей водной растительности в трех озерах заказника (Белое (Доброплёсы), Бредно и Моховое), включенных в Национальную систему мониторинга окружающей среды Республики Беларусь, осуществляется с 2001 г.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пунктами наблюдений мониторинга водной растительности являются ключевые участки (КУ). КУ представляют собой репрезентативные, однородные или разнородные по составу растительности участки акватории произвольных размеров и формы, закрепленные на плано-картографической основе, с расположенными на них объектами мониторинга водной растительности, в отношении которых по специальной программе [8] на регулярной основе проводится комплекс мониторинговых наблюдений.

Представленная в статье оценка выполнена на основании комплексного обследования в 2001, 2003, 2006, 2008, 2013 и 2023 гг. трех уникальных озер заказника «Красный Бор» (Белое (Доброплёсы), Бредно, Моховое) в рамках мониторинга водной растительности Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь. Озера Белое (Доброплёсы) и Бредно еще до недавнего времени являлись мезотрофными

водоемами с низкой минерализацией, полушникового подтипа зарастания, озеро Моховое – дистрофный водоем мохового подтипа зарастания [9].

Анализировали видовой состав, количественное развитие и состояние водной растительности, а также среды ее произрастания (содержание химических элементов в воде). Изучение растительности проводили на профилях, заложенных перпендикулярно берегу от уреза воды к центру водного объекта до границы распространения растительности. Исследования проводили по общепринятым методикам [8, 10]. Сроки проведения наблюдений и отбор проб на КУ соответствовал максимальному развитию биомассы и приходился на период цветения (июль – август).

Отбор проб и анализы физико-химических свойств воды проводили по общепринятым методикам [11–13]. В водной массе определяли рН, прозрачность, цветность, содержание основных ионов минерального состава и биогенных веществ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Озеро Белое (Доброплёсы) (далее – озеро Белое) расположено в Россонском районе Витебской области, в 0,8 км к северо-востоку от д. Доброплёсы. Площадь озера 1,17 км², объём воды 4,06 млн. м³ [14]. Относится к неглубоким озерам (максимальная глубина 6,6 м, средняя 3,5 м). Котловина термокарстового типа, округлой формы. Береговая линия слабо изрезана. Склоны котловины на севере высокие (10–13 м) крутые, на юге и востоке повышенные (5–9 м), на западе их высота достигает 2–3 м, пологие. Сложены склоны

повсеместно песками, покрыты сосновым лесом. Подводная часть котловины имеет простую воронкообразную форму, осложненную небольшим поднятием дна у северного берега. Хорошо выраженная песчаная литораль сменяется крутым у северо-западного берега и пологим у юго-восточного берега сублиторальным склоном, переходящим в пологое ложе озера. Берега преимущественно низкие, повсеместно сложены песком.

Озеро Белое сточное, относится к системе р. Свольна, бассейна р. Западная Двина. Гидроло-

гической особенностью водоёма является отсутствие притоков и наличие одного небольшого ручья, вытекающего на западе в р. Свольна. Исключительно малая площадь водосбора (0,70 км²) и отсутствие притока поверхностных вод определяют замедленный водообмен в озере. Глубина озера и характер грунтов, слагающих водосбор, позволяют предположить преобладание в водном балансе грунтового питания и, в меньшей мере, осадков на зеркало озера. Расходную часть водного баланса составляют сток по ручью в р. Свольна и испарение с водной поверхности.

Гидрохимические показатели. Ограниченное поступление минеральных веществ с водосбора оказывает сильное влияние как в целом на гидрохимический режим озера, так и на развитие органической жизни в водоёме. Активная реакция воды нейтральная (рН 6,9). Озеро Белое относится к низкоминерализованным водоемам. Концентрация солей в озерной воде составляет 66,8 мг/дм³. Содержание как основных элементов минерализации, так и биогенных – низкое. Очень малая цветность (22 град.) указывает на низкое содержание органического вещества в воде (табл.).

Таблица. Химический состав воды объектов исследования (июль 2023 г.)

Table. Chemical water composition of study objects (July 2023)

Наименование показателя, единица измерения / Indicator name, unit measure	Озеро Белое (Доброплёсы) Lake Beloe (Dobroplesy)	Озеро Бредно Lake Bredno	Озеро Моховое Lake Mohovoye
Кальций, мг/дм ³	9,32	1,86	5,59
Магний, мг/дм ³	3,39	1,13	2,26
Хлориды, мг/дм ³	< 10,0	10,5	< 10,0
Сульфаты, мг/дм ³	3,94	5,66	20,10
Гидрокарбонаты, мг/дм ³	48,8	12,2	12,2
Карбонаты, мг/дм ³	0	0	0
Натрий, мг/дм ³	0,65	0,35	0,35
Калий, мг/дм ³	0,25	0,05	0,05
Минерализация, мг/дм ³	66,8	32,6	42,6
Азот аммонийный, мгN/дм ³	< 0,1	0,18	0,37
Азот нитритный, мгN/дм ³	0,003	< 0,003	< 0,003
Азот нитратный, мгN/дм ³	0,41	0,26	1,08
Фосфор фосфатный, мгP/дм ³	0,006	< 0,005	0,013
Цветность, град.	22	61	283
Железо общее, мг/дм ³	< 0,1	0,434	0,528
рН, ед.	6,9	6,6	6,0

Характеристика высшей водной растительности. Песчаный водосбор и низкая минерализация определяют специфику видового состава водных растений. Озеро ранее относилось к так называемому полушниковому подтипу зарастания. Так, в 2001 г. [15] было выявлено 18 видов макрофитов, из них 2 вида (лобелия Дортманна и полушник озерный) занесенные в Красную книгу Республики Беларусь [3]. Максимальная глубина произрастания макрофитов составляла 2,8 м. Растительные формации распространялись по всему периметру озера. Они образовывали две полосы произрастания: до глубины 1,2 м – надводные растения (доминантами выступали тростник обыкновенный и камыш озерный), и погруженные растения до глубины 2,8 м. В распространении погруженных растений прослеживалась четкая градиация. Почти повсеместно на глубинах 0,5–1,5 м отмечался подводный ковер из зарослей лобелии Дортманна, полушника озерного и харовых водорослей (проективное покрытие 60–90%). Глубже произрастали рдесты,

уруть и реже элодея. Степень зарастания водоема составляла 40% от общей площади озера.

Однако, за период наблюдений зафиксированы изменения в характере и степени зарастания озера, которые связаны с антропогенным фактором – строительством в 2014 г. на юго-западном берегу озера и функционированием туристического комплекса «Красный Бор», а также необдуманным регулярным зарыблением озера [16].

До сдачи озера в аренду Новополоцкому обществу с ограниченной ответственностью «Интерсервис» в нем обитали аборигенные виды рыб, свойственные данному типу озер: щука, лещ, окунь, плотва, красноперка, карась золотой. Зарыбление озера растительными и всеядными интродуцированными видами – карпом, белым амуром, серебряным карасем и толстолобиком, составляющими конкуренцию коренным обитателям и отличающимися очень активным ростом, – привело к полному исчезновению погруженной растительности в водоеме. Кроме того, всеядная (так называемая сорная) рыба ак-

тивно потребляет зоопланктон, особенно крупный, который контролирует развитие фитопланктона [17], что может привести к «цветению» воды, снижению прозрачности и, как итог, к нарушению природного баланса. Данные виды приносят наиболее быструю экономическую отдачу арендаторам, однако наносят непоправимый ущерб таким уязвимым, в силу своей природной специфики, озерам как Белое.

Подобная трансформация произошла с озером Большие Швакшты (НП «Нарочанский») при попытке увеличить его рыбопродуктивность за счет вселения в озеро растительноядной рыбы – белого амура и пестрого толстолобика [18]. При этом в озере фактически пропала плотва, резко уменьшилось количество и других аборигенных видов, отмечалось интенсивное цветение фитопланктона. Озеро по сути превратилось в гипертрофный водоем с низким качеством воды и соответствующей потерей рекреационных достоинств. Изменение экологического состояния озера Большие Швакшты можно рассматривать как классический пример, подтверждающий известную в лимнологии концепцию альтернативного устойчивого функционирования озерных экосистем [19–22].

В соответствии с предложенной Шеффером [19] моделью перехода озерной экосистемы из одного состояния в другое, озеро в присутствии макрофитов, несмотря на повышение биогенной нагрузки, изменяет показатели качества воды (мутность, прозрачность и др.) гораздо медленнее, чем при их отсутствии. Однако по достижении критического уровня мутности (прозрачности) скачкообразно переходит в альтернативное состояние. Ситуация с озером Большие Швакшты – яркий пример того, как решая локальную задачу (повышение рыбопродуктивности) и игнорируя

при этом законы фундаментальной лимнологии, можно нарушить экологическое равновесие, при котором в озере обеспечиваются высокие показатели качества воды, и спровоцировать проблемы экосистемного масштаба [18], которые неминуемо ожидают и озеро Белое в случае непринятия срочных мер по его восстановлению.

Уже при обследовании озера Белое в 2013 г. пояс погруженной растительности находился на стадии деградации: растения отмечались единичными экземплярами на глубинах 0,2–0,8 м, среди зарослей надводной растительности. Озеро из гидрофитного (доминирует погруженная растительность) типа водоема перешло в гелофитный (доминирует воздушно-водная растительность) [15] (рис. 1).

Площади распространения, биомасса и число видов высших водных растений за годы исследований постепенно снижались вплоть до полного исчезновения сначала погруженных растений (рис. 2), а в 2023 г. в связи со сплошным выкашиванием тростниковых зарослей по всему периметру озера – и надводной растительности (рис. 3). Таким образом, на акватории озера в настоящее время полностью отсутствуют макрофиты.

Следует отметить, что проведение сплошного и регулярного выкашивания водной растительности в озере Белое резко снизит ее продуктивность, а, следовательно, и ее функцию «биофильтра» на пути загрязняющих веществ, что непосредственно скажется на качестве воды и может повлечь за собой непредвиденные и катастрофические последствия. Водная и прибрежно-водная растительность, образующая пояса вдоль берегов, служит своеобразным барьером на пути поступающих с водосбора и из донных отложений эвтрофирующих и загрязняющих веществ. Именно по этой причине водные экосистемы с широко разви-

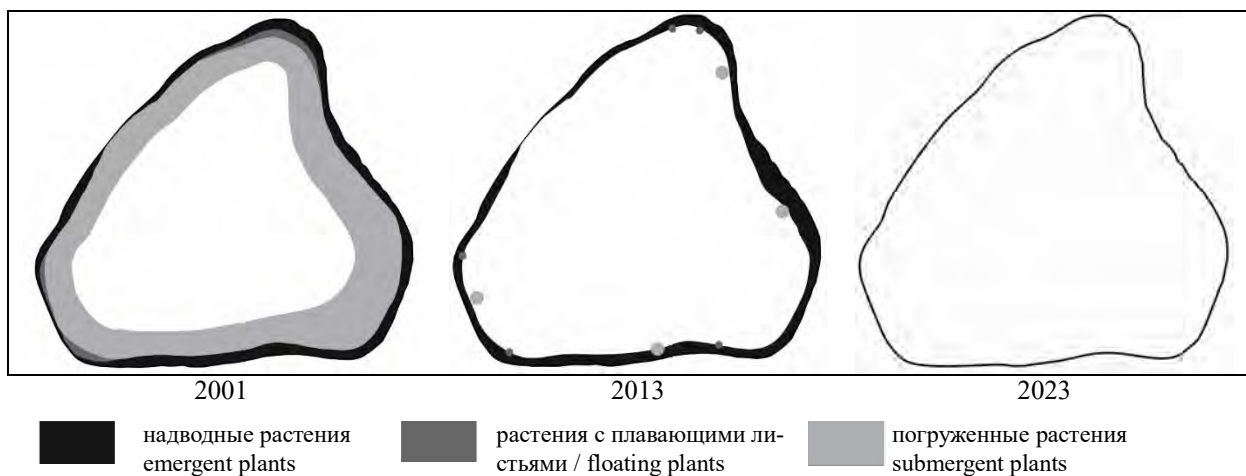
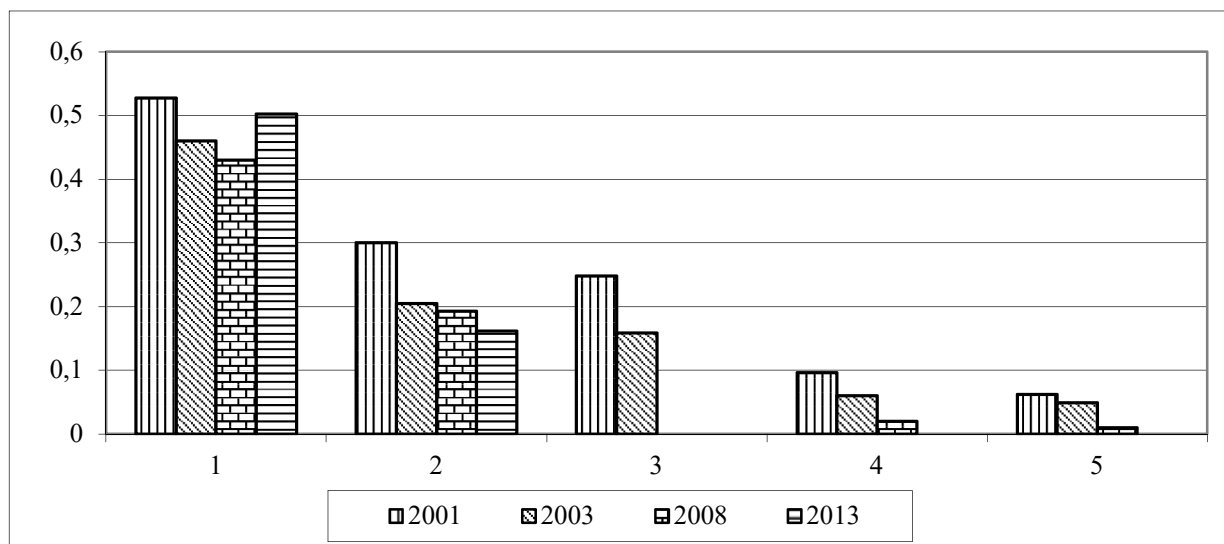


Рис. 1. Динамика изменения зарастания озера Белое (Доброплёсы)

Fig. 1. Dynamics of changes in overgrowing of Lake Beloe (Dobroplёsy)



По оси абсцисс – номера растений, по оси ординат – биомасса (кг ВСВ/м²).
 Растения: 1 – тростник обыкновенный, 2 – камыш озерный, 3 – рдест плавающий,
 4 – лобелия Дортманна, 5 – полушник озерный

On the abscissa axis – plant numbers, on the ordinate axis – biomass (kg ADW/m²).
 Plants: 1 – *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., 2 – *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla,
 3 – *Potamogeton natans* L., 4 – *Lobelia dortmanna* L., 5 – *Isoetes lacustris* L.

Рис. 2. Сравнение биомассы макрофитов на ключевом участке озера Белое (Доброплёсы)

Fig. 2. Comparison of macrophyte biomass at the key site of Lake Beloe (Dobroplesy)



Рис. 3. Фрагменты ключевого участка озера Белое (Доброплёсы)

Fig. 3. Fragments of the key site of Lake Beloe (Dobroplesy)

тым поясом растительности являются наиболее устойчивыми к антропогенному эвтрофированию и загрязнению. Многолетние наблюдения позволяют считать, что наиболее благоприятным фактором для формирования хорошего качества воды при достаточном водообмене является зарастание акватории до 30–40% (в зависимости от типа водоема) при биомассе растений до 1,5 кг воздушно-сухого вещества (ВСВ) на 1 м² зарослей [9]. Как раз такая степень зарастания и отмечалась для озера Белое до передачи его в аренду.

Озеро Бредно расположено в Россонском районе Витебской области, в 2,4 км к северо-востоку от д. Доброплёсы. Площадь зеркала 0,28 км², объём воды 0,54 млн. м³ [14]. Мелководный водоём (средняя глубина 1,9 м, максимальная 4,7 м). Котловина остаточного типа, округлой формы. Береговая линия изрезана слабо, лишь на юго-востоке выделяется небольшой полуостров. Склоны котловины в основном высокие и крутые, сложены песками, покрыты сосновым лесом; лишь на севере – низкие, сложены песками,

покрыты смешанным лесом. На западе и юго-западе прослеживается участок высокой поймы. Берега озера высокие (0,3–0,5 м). На юге, западе и севере сложены торфом и лишь на востоке и юго-западе песком. Подводная часть котловины имеет простую форму. Глубины равномерно нарастают от берегов к центру, где расположена максимальная глубина. На долю глубин 0–2 м приходится 42% площади.

Озеро по гидрологическому режиму относится к бессточным водоёмам бассейна р. Западная Двина. Приходная часть водного баланса складывается из осадков на зеркало озера и грунтового питания, расход составляет испарение с водной поверхности. Площадь водосбора 0,33 км². Сложен песками, полностью покрыт лесом. Рельеф крупнохолмистый, на севере низкий.

Гидрохимические показатели. Небольшие размеры и мелководность котловины способствуют интенсивному перемешиванию водной массы озера. Активная реакция воды ранее была кислая (рН = 4,86–5,23), в настоящее время за счет повышенной биогенной нагрузки на озеро стала нейтральной (6,6).

Озеро Бредно являлось одним из самых низкоминерализованных водоемов Беларуси (до 10 мг/дм³). В настоящее время минерализация повысилась и составляет 32,6 мг/дм³ (см. табл.). Содержание в воде как основных, так и биогенных элементов также возросло (рис. 4). Увеличилась цветность воды (61 град.), а прозрачность, напротив, вдвое уменьшилась (с 4,7 м в 2001 г. до 2,0 м

в 2023 г.). Кроме повышенной биогенной нагрузки идентифицируется увеличение болотного питания озера. По сравнению с предыдущими исследованиями в озере существенно возросло содержание сульфатов, что наряду с повышением цветности и содержания железа свидетельствует о высоком содержании аллохтонного органического вещества, вызванном притоком болотных вод. Таким образом, выявлены негативные изменения качества воды озера: увеличение показателя рН, цветности, содержания биогенных элементов в воде, снижение прозрачности.

Характеристика высшей водной растительности. Озеро Бредно расположено среди лесного массива, ранее было слабо подвержено антропогенному воздействию и являлось примером наиболее благоприятных условий произрастания охраняемых видов. Из семи видов водных растений, выявленных в озере, три (лобелия Дортманна, полушник озерный, кувшинка белая) занесены в Красную книгу Республики Беларусь [3].

Озеро является гидрофитным, еще в 2013 г. погруженные растения занимали 35% площади водоема и были распространены до глубины 1,5–1,7 м [15]. Заросли лобелии Дортманна и полушника озерного занимали 2/3 доступной площади литорали на глубинах 0,3–1,5 м. Дно водоема во многих местах было покрыто сплошным ковром из листовых розеток лобелии. На 1 м² дна насчитывалось до 700 розеток лобелии и от 100 до 200 растений полушника. Растения обильно цвели и плодоносили. Все это свидетельствовало о том,

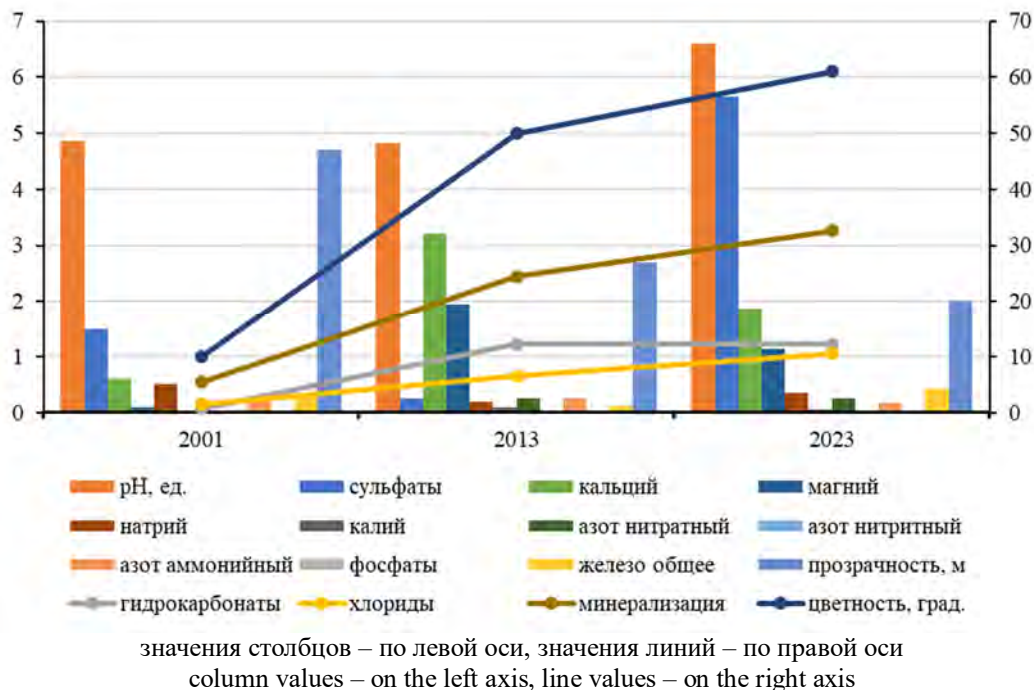


Рис. 4. Динамика гидрохимических показателей озера Бредно, мг/дм³

Fig. 4. Dynamics of hydrochemical parameters of Lake Bredno, mg/dm³

что популяции этих охраняемых видов растений в озере находились в оптимальных для своей жизнедеятельности условиях.

При обследовании в 2023 г. выявлены негативные изменения в состоянии водной растительности и экосистемы в целом. Указанные выше охраняемые виды растений отличаются низкой жизнеспособностью. Распространены как правило на глубинах до 0,4–0,5 м. По периметру озера данные виды больше не формируют сплошной полосы зарастания, а встречаются фрагментарно. Отмечается массовое развитие нитчатых водорослей и перифитона. Причиной таких изменений очевидно является поступление биогенных и загрязняющих веществ с туристических стоянок, оборудованных в недавнее время на берегу озера. Кроме того, отмечено проникновение водяных мхов в озеро, что подтверждает увеличение доли болотного питания.

Ключевой участок на озере расположен в 2 км на северо-восток от д. Доброплёсы на юге водоема.

Пояс надводной растительности формируют осоки, тростник обыкновенный и рогоз широколистный. Они произрастают разреженной полосой вдоль берега (рис. 5а), ширина полосы 4–5 м. Проективное покрытие доминирующего в этой полосе тростника составляет 30%, обилие по шкале Друде соответствует 4 баллам. Рогоз широколистный ранее отмечался на КУ единичными экземплярами, в настоящее время начал формировать разреженные заросли с проективным покрытием до 10%, обилие – 2 балла.

Погруженные растения представлены лобелией Дортманна и полушником озерным. На глубинах 0,1–0,5 м лобелия Дортманна формирует фон погруженной растительности с проективным покрытием 40–80%, обилием 4 балла (рис. 5б). Полушник озерный имеет фрагментарный характер распространения, встречается мозаично среди зарослей лобелии. Площади занятые полушником незначительные, проективное покрытие не превышает 2–3%, обилие – 1 балл.

За период наблюдений на КУ начало происходить переформирование растительных сообществ. Увеличилась плотность зарослей тростника, появился рогоз широколистный, сократилась площадь распространения полушника озерного за счет уменьшения глубины произрастания. Появились нитчатые водоросли, массово развиваются организмы обрастания (перифитон), покрывающие как мертвые субстраты, так и водную растительность. Такое переустройство, видимо, вызвано увеличившимися антропогенными нагрузками в связи с рекреационной деятельностью.

В продуктивности высшей водной растительности также произошли существенные изменения. Как видно из рис. 6, биомасса тростника обыкновенного, занимающего главенствующее положение среди аэрогидрофитов, снизилась в 2 раза по сравнению с 2001 г. При этом появился рогоз широколистный, причем продуктивность его зарослей уже приблизилась к тростниковым, что указывает на заиление литорали и согласуется с другими изменениями в водной экосистеме. Кроме того, существенно снизилась биомасса лобелии Дортманна и полушника озерного.



а



б

Рис. 5. Фрагменты зарастания озера Бредно:
а – тростник обыкновенный, б – лобелия Дортманна

Fig. 5. Fragments of overgrowth of Lake Bredno:
а – *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., б – *Lobelia dortmanna* L.

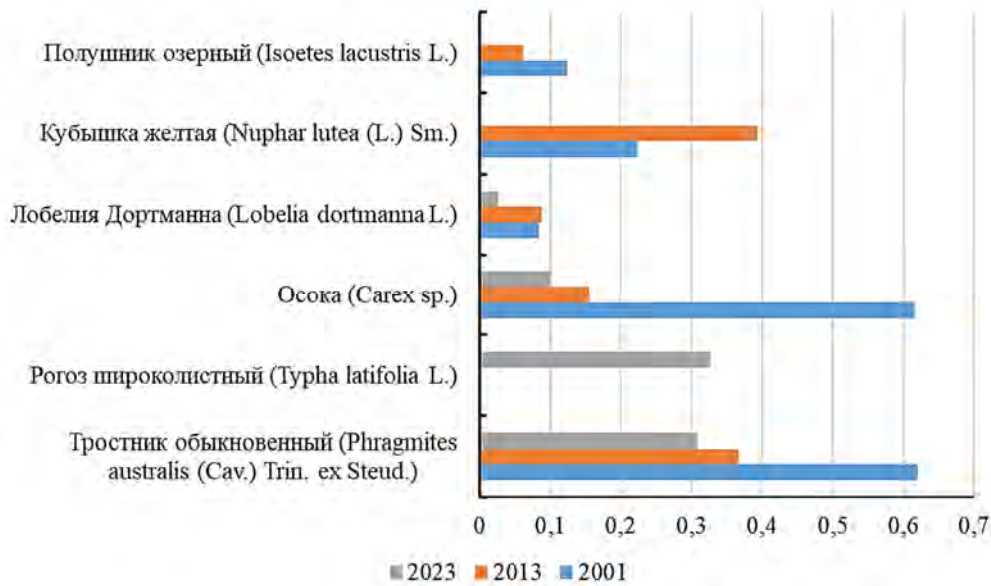


Рис. 6. Сравнение биомассы макрофитов на КУ озера Бредно, кг ВСВ/м²

Fig. 6. Comparison of macrophyte biomass at the key site of Lake Bredno, kg ADW/m²

Озеро Моховое расположено в 5,3 км к северо-западу от д. Юховичи в Россонском районе Витебской области. Площадь озера 0,33 км², объём воды 0,41 млн. м³ [14]. Относится к числу мелководных водоемов (средняя глубина 1,2 м, максимальная – 2,0 м). Котловина остаточного типа, округлой формы. Береговая линия слабо изрезана. Склоны не выражены, на востоке низкие (до 2,5 м) пологие, сложены песком, облесены. Берега озера повсеместно сплавинные (ширина сплавин 20–30 м), заторфованы, закустарены. Подводная часть котловины имеет простую, блюдцеобразную форму.

Озеро относится к бассейну р. Западная Двина. На западе в озеро впадает безымянный ручей, выток из озера отсутствует. Приходную часть водного баланса составляет приток поверхностных вод и в меньшей степени атмосферные осадки на зеркало озера. Расходная часть состоит из испарения с водной поверхности. Водосбор озера (площадь 5,59 км²) отличается высокой степенью заболоченности и низкой облесенностью. Рельеф водосбора низинный, сложен торфом. Озеро лежит среди верхового болота Большой Мох. Воздействие человека ограничено любительским ловом рыбы.

Гидрохимические показатели. Активная реакция воды слабокислая (рН 6,0). Общая минерализация воды низкая и составляет 42,6 мг/дм³. Преобладание сульфатного иона (20,1 мг/дм³) в солевом составе воды, очень высокие цветность (283 град.) и содержание железа свидетельствуют о большом содержании аллохтонного органического вещества, вызванном притоком болотных вод. Повышенное содержание аммонийной фор-

мы азота указывает на слабопротекающие окислительные процессы в водоеме. Прозрачность воды составляет 0,5 м. В целом, гидрохимические показатели, приведенные в табл., характеризуют озеро Моховое как водоем дистрофного типа.

Характеристика высшей водной растительности. Высшая водная растительность представлена 15 видами. Среди них один вид является охраняемым – кубышка малая [3]. За период наблюдений характер и степень зарастания озера существенно не изменились. Низкая прозрачность, высокая цветность определяют характер и степень зарастания водоема. Озеро имеет фрагментарный характер зарастания. Растения образуют отдельные группировки, состоящие из чистых или смешанных ассоциаций. Надводная растительность как таковой самостоятельной полосы не образует. В южной и северной частях озера отмечаются разреженные полосы тростника обыкновенного, а вдоль западного берега прослеживается полоса хвоща приречного (рис. 7а).

Растения с плавающими листьями встречаются в виде отдельных пятен, наиболее значительные площади они занимают вдоль северо-восточного и западного берегов. Среди данной группы растений доминируют рдест плавающий и кубышка желтая. В этой же полосе отмечается кубышка малая. Она произрастает в виде «островков» (рис. 7б), в каждом из которых насчитывается 10–20 растений. Погруженные растения при обследовании в 2023 г. не отмечены.

Ключевой участок расположен на севере водоема, в 2 км к востоку от хут. Красный Бор. Высшая водная растительность произрастает от уреза воды до глубины 0,7 м. Аэрогидрофиты об-

разуют разреженную полосу, шириной до 15 м, вдоль береговой линии. Ассоциации надводных растений формируются из смешанных, разреженных зарослей тростника, осоки и хвоща. Наиболее плотные заросли сформировали осоки и хвощ приречный с проективным покрытием до 40% (осока) и 30% (хвощ), обилие по шкале

Друде – 5 и 4 балла соответственно. Тростник образует редкие заросли с проективным покрытием до 15%, обилие – 3 балла. Плейстогидрофиты представлены кубышкой малой, которая произрастает единичными экземплярами или небольшими группами с проективным покрытием до 5%, обилием 2 балла.



а



б

Рис. 7. Фрагменты зарастания озера Моховое:

а – хвощ приречный, б – кубышка малая

Fig. 7. Fragments of overgrowth of Lake Mohovoye:
а – *Equisetum fluviatile* L., б – *Nuphar pumila* (Timm) DC.

Из видового состава высшей водной растительности КУ выпали эугидрофиты – телорез (в прошлые годы он занимал незначительные площади или отмечался единично) и элодея канадская, что, вероятно, связано со снижением прозрачности. Среди плейстогидрофитов не были отмечены кувшинка чисто-белая и рдест плавающих. Последний в 2018 г. формировал заросли с проективным покрытием до 40%.

В продуктивности водной растительности на КУ за период наблюдений произошли изменения. Среди надводных растений, как видно из рис. 8, главенствующее положение стал занимать тростник обыкновенный, биомасса которого существенно увеличилась и составляет в настоящее время 0,492 кг ВСВ/м². Наблюдается снижение биомассы кубышки малой. Большая часть видов, ранее устойчиво формирующих продукцию в озере, в 2023 г. и вовсе не были обнаружены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние годы в целом отмечаются отрицательные тенденции в изменении экологического состояния исследованных водных объектов. Основную угрозу уникальным водным экосистемам и местам обитания охраняемых видов водных растений на территории заказника «Красный Бор» представляют изменения физико-химических показателей водной массы и трофического статуса озер в результате интенсивного рекреационного использования акваторий и побережий. Угрозы видам представляют также необдуманное зарыбление растительноядными и всеядными видами рыб, выкашивание, механические повреждения и вытаптывание отдыхающими, повреждения орудиями лова. К числу возможных последствий от-

носятся: появление монодоминантных сообществ из толерантных к изменению условий среды видов растений, сокращение площади зарастания и биомассы водных растений, массовое развитие фитопланктона, исчезновение видов-индикаторов чистых вод, чувствительных к любым изменениям в экосистеме.

Так, озеро Белое (Доброплёсы) используется расположенным на его побережье туристическим комплексом «Красный Бор» для предоставления услуг рыбной ловли. При этом проводится периодическое зарыбление водоема и осуществляется подкормка рыбы. Такие действия привели к изменению параметров местобитания редких охраняемых видов растений – полушника озер-

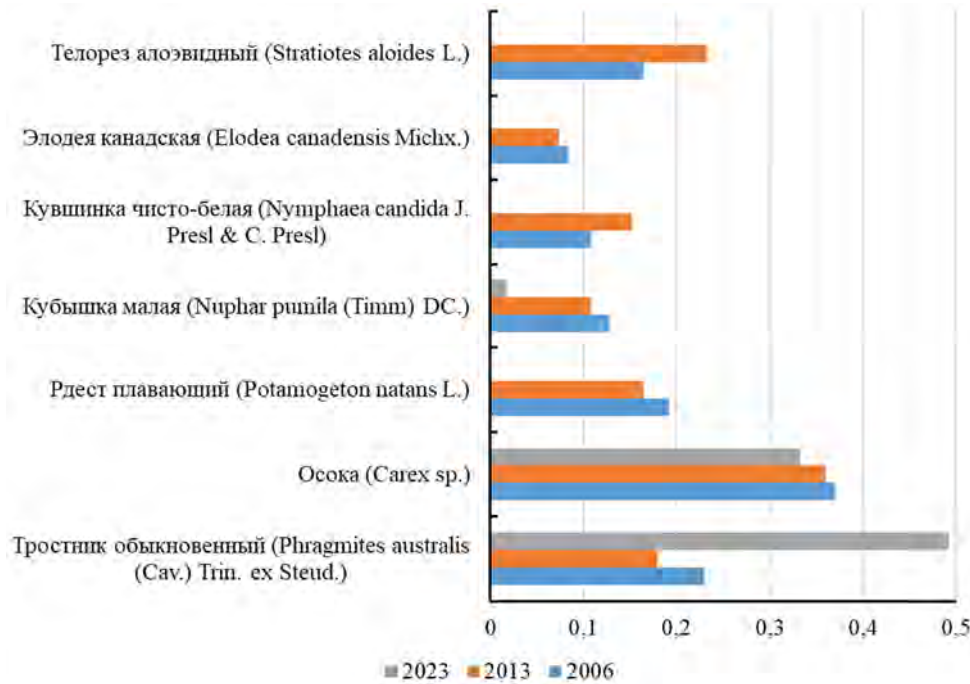


Рис. 8. Сравнение биомассы макрофитов на ключевом участке озера Моховое, кг ВСВ/м²

Fig. 8. Comparison of macrophyte biomass at the key site of Lake Mohovoye, kg ADW/m²

ного и лобелии Дортманна, что привело к их полному исчезновению в данном озере. Аналогичная ситуация с критическим влиянием хозяйственно-рекреационной деятельности на развитие данных видов существует на озере Бредно.

Вмешательство человека в функционирование озерных экосистем должно быть основано на понимании фундаментальных экологических закономерностей, а также должно учитывать особенности конкретного водоема. В противном случае попытки управления природными экосистемами могут привести к серьезным отрицательным последствиям, что и произошло с озером Белое (Доброплёсы) при попытке увеличить его рыбопродуктивность за счет вселения в озеро быстрорастущих растительных и всеядных видов-интродуцентов. Вселение и последующее недостаточное изъятие таких видов является наиболее вероятным фактором исчезновения погруженных макрофитов и последующего перехода мезотрофных озер в высокоэвтрофное состояние и резкого снижения качества воды. Такие же последствия следует ожидать и в связи с полным выкашиванием тростниковых зарослей в озере. Данные действия противоречат законодательству Республики Беларусь [23–26] по выпол-

нению специального режима охраны мест обитания растений, внесенных в Красную книгу, а передача в аренду подобных уникальных и крайне уязвимых озер, расположенных на территории ООПТ, представляется просто преступным.

В совокупности полученные данные свидетельствуют, что существующие меры охраны на ООПТ нарушаются и таким образом не гарантируют устойчивое сохранение уникальных водных экосистем и редких видов водных растений. Для снижения нарастающих угроз, в том числе темпов эрозии генетического разнообразия охраняемых видов и предотвращения сокращения численности и восстановления их популяций, специалистами [27] предлагается создание зон особой охраны аналогично «заповедной» на определенное время. В локалитетах, в которых отмечается количественное и/или качественное ухудшение состояния популяций охраняемых видов либо других экосистемных характеристик, рекомендовано проведение ежегодных мониторинговых исследований и слежение за динамикой параметров популяций. Целесообразным является развитие системы льгот при развитии программ по устойчивому природопользованию, экологическому информированию и воспитанию населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гигевич, Г. С. Биоиндикаторная роль макрофитов в процессах эвтрофирования озер / Г. С. Гигевич // Прикладные вопросы лимнологии Беларуси. – Минск, 1992. – С. 30–36.
2. Husak, S. Freshwater macrophytes as indicators of organic pollution / S. Husak, V. Sladeczek, A. Sladeczkova // Acta hydrochim et hydrobiol. – 1989. – № 6. – P. 693–697.

3. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол.: И. М. Качановский [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 448 с.
4. Lietuvos raudonoji knyga / vyr. red. V. Rašomavičius ; Lietuvos Respublikos aplinkos min. – Vilnius ; Kaunas : Lututė, 2007. – 799 с.
5. Latvijas Sarkanā grāmata. Vaskulārie augi / V. Baroniņa [u. c.]. ; Andrušaitis, G. (atb. red.). – 3.sēj. – Rīga: Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts, 2003. – 691 l.
6. Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации: приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 23.05.2023 № 320.
7. Polish Red Data Book of Plants. Pteridophytes and flowering plants / eds R. Kaźmierczakowa, K. Zarzycki, Z. Mirek. – Krakow: Instytut Ochrony Przyrody PAN, 2014. – 896 s.
8. Власов, Б. П. Концепция и методика мониторинга водной растительности / Б. П. Власов, Г. С. Гигевич, Н. Д. Грищенкова // Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / под ред. А. В. Пугачевского. – Минск: Право и экономика, 2011. – С. 28–39.
9. Гигевич, Г. С. Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана / Г. С. Гигевич, Б. П. Власов, Г. В. Вынаев. – Минск: БГУ, 2001. – 231 с.
10. Катанская, В. М. Методика исследования высшей водной растительности / В. М. Катанская // Жизнь пресных вод СССР. – М.; Л., 1956. – Т. 4. Ч. 1. – С. 160–182.
11. Винокуров, В. В. Методика инструментальных исследований прозрачности внутренних водоемов / В. В. Винокуров // Итоги гидробиологических исследований водных экосистем Белоруссии. – Минск, 1988. – С. 29–40.
12. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 39 с.
13. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А. Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 292 с.
14. Блакітны скарб Беларусі : Рэкі, азёры, вадасховішчы, турыскі патэнцыял водных аб'ектаў : энцыклапедыя / Г. С. Жукоўская [і інш.]. – Мінск : БелЭн імя П. Броўкі, 2007. – 480 с.
15. Мониторинг растительного мира в Республике Беларусь: результаты и перспективы / И. В. Бордок [и др.]; науч. ред. А. В. Пугачевский, А. В. Судник. – Минск: Беларуская навука, 2019. – 491 с.
16. Официальный сайт туристического комплекса «Красный Бор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://krasnybor.by/rybalka/arendovannye-vodoemy/ozero-beloe-dobroples>. – Дата доступа: 08.01.2024.
17. Особенности видовой и размерной структуры фитопланктона при разных уровнях контроля «снизу» и «сверху» в эксперименте / Е. Г. Сахарова [и др.] // Сибирский экологический журнал. – 2019. – № 3. – С. 303–313.
18. Остапеня, А. П. Изменение экологической ситуации в озере Большие Швакшты и его причины / А. П. Остапеня, Т. В. Жукова // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2009. – Т. 53 (№ 3). – С. 98–101.
19. Scheffer, M. Alternative attractors of shallow lakes / M. Scheffer // The Scientific World. – 2001. – № 1. – P. 254–263.
20. Scheffer, M. Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size / M. Scheffer, E. H. Van Nes // Hydrobiologia. – 2007. – № 584. – P. 455–466.
21. Scheffer, M. Regime shifts in shallow lakes / M. Scheffer, E. Jeppesen // Ecosystems. – 2007. – № 10. – P. 1–3.
22. Floating plant dominance as a stable state / M. Scheffer [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences USA. – 2003. – № 100. – P. 4040–4045.
23. Об особо охраняемых природных территориях : Закон Республики Беларусь № 150-3 от 15 ноября 2018 г.
24. О растительном мире : Закон Республики Беларусь № 205-3 от 14 июня 2003 г.
25. Об охране окружающей среды : Закон Республики Беларусь № 1982-ХІІ от 26 ноября 1992 г.
26. О порядке предоставления поверхностных водных объектов в аренду для рыбоводства : постановление Совета Министров Республики Беларусь № 333 от 25 апреля 2015 г.
27. Реликтовый вид полушник озерный (*Isoetes lacustris* L.): интегральный подход к изучению и проблемы сохранения генетического ресурса вида в Беларуси / Б. П. Власов [и др.] // Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых природных территорий (ООПТ): сборник научных статей. – Минск, 2019. – С. 175–181.

Поступила в редакцию 05.02.2024 г.

УДК 630*1:504.5:546.36

А. Н. НИКИТИН^{1,2}, О. А. ШУРАНКОВА¹, Е. В. МИЩЕНКО¹, Г. А. ЛЕФЕРД¹,
Д. В. СУХАРЕВА¹, Е. В. СОЛОНЕНКО¹, С. А. КАЛИНИЧЕНКО³

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ¹³⁷Cs В СТВОЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЕ И КОРЕ СОСНЫ И БЕРЕЗЫ В БЕЛОРУССКОМ СЕКТОРЕ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

¹Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси,
Гомель, Беларусь, e-mail: nikitinale@gmail.com

²Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

³Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, Хойники, Беларусь

Аннотация. Достоверный прогноз загрязнения стволовой древесины и других компонентов лесных экосистем долгоживущими радионуклидами важен для принятия обоснованных управленческих решений в отношении территорий, пострадавших от аварий на объектах ядерного энергетического цикла. На основании наблюдений на 59 пробных площадях, заложенных в сосновых и березовых насаждениях в белорусском секторе зоны отчуждения Чернобыльской АЭС, установлены особенности перехода ¹³⁷Cs в древесину и кору сосны и березы. Показано, что коэффициенты перехода радионуклида в компоненты ствола из почвы имеют широкий диапазон варьирования. Более высокие коэффициенты перехода (Кп) ¹³⁷Cs в древесину и кору сосны характерны для насаждений с низкой биологической продуктивностью. Повышение Кп ¹³⁷Cs в древесину и кору березы обусловлено более высоким содержанием органического вещества в почве. Показана тесная связь между накоплением ¹³⁷Cs в коре и древесине сосны и березы с накоплением радионуклида в лесной подстилке. Установлена тенденция к уменьшению Кп радионуклида в компоненты ствола сосны и березы с повышением плотности загрязнения, что обусловлено изменением вклада топливных частиц в валовое загрязнение.

Ключевые слова: лесные экосистемы, радиоактивное загрязнение, сосна, береза, цезий-137, коэффициент перехода, лесная подстилка.

A. N. NIKITIN^{1,2}, O. A. SHURANKOVA¹, E. V. MISCHANKA¹, G. A. LEFERD¹,
D. V. SUCHAREVA¹, E. V. SOLONENKO¹, S. A. KALINICHENKO³

CONTAMINATION WITH ¹³⁷Cs OF PINE AND BIRCH STEMWOOD AND BARK IN THE BELARUSIAN SECTOR OF THE CHERNOBYL NPP EXCLUSION ZONE

¹Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus,
Gomel, Belarus, e-mail: nikitinale@gmail.com

²Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

³Polesie State Radiation and Ecological Reserve, Choiniki, Belarus

Annotation. Accurate forecasting of stemwood and other components of forest ecosystems contamination by long-lived radionuclides is crucial for making informed management decisions regarding areas affected by accidents at nuclear facilities. Based on observations at 59 sample plots established in pine and birch stands in the Belarusian sector of the Chernobyl NPP exclusion zone, peculiarities of the transition of ¹³⁷Cs into the wood and bark of pine and birch were identified. It was demonstrated that the aggregated transfer factor of the radionuclide into the components of the trunk from the soil exhibit a wide range of variability. Higher transfer coefficients of ¹³⁷Cs into the wood and bark of pine are characteristic for stands with low biological productivity. The increase in transfer factor of ¹³⁷Cs into the wood and bark of birch is due to a higher organic matter content in the soil. A close relationship was shown between the accumulation of ¹³⁷Cs in the bark and wood of pine and birch and the accumulation of the radionuclide in the forest litter. A trend was identified towards decreasing aggregated transfer factor of the radionuclide into the components of the pine and birch stems with increasing contamination density, which is attributed to changes in the contribution of fuel particles to gross contamination.

Keywords: forest ecosystems, radioactive contamination, pine, birch, cesium-137, aggregated transfer factor, forest litter.

ВВЕДЕНИЕ

Авария на Чернобыльской АЭС привела к масштабному загрязнению значительной площади территории Республики Беларусь радиоактивными изотопами техногенного происхождения. На этапе от-

даленных последствий радиоактивных выпадений радиоэкологическую обстановку на этих территориях определяют долгоживущие радионуклиды ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{238, 239, 240, 241}\text{Pu}$, ^{241}Am . Наиболее высокие уровни загрязнения сформировались на расстоянии в несколько десятков километров от эпицентра аварии [1]. Территория, на которой ведение хозяйственной деятельности исключалось по радиационному фактору, была выделена в зону эвакуации (отчуждения). Впоследствии она вошла в Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (ПГРЭЗ).

Более 64% площади ПГРЭЗ покрыто лесом, при этом происходит постепенное естественное залесение территории, преимущественно за счет земель бывших в сельскохозяйственном использовании. Преобладающими главными породами являются сосна (39,3% от лесопокрытой площади) и береза (30,9%). В ПГРЭЗ лесные экосистемы выполняют важную функцию по предотвращению выноса радиоактивных веществ за пределы зоны отчуждения [2].

Уровни загрязнения древесины и других компонентов древостоя в лесных экосистемах ПГРЭЗ постепенно снижаются по мере радиоактивного распада долгоживущих радионуклидов и их перераспределения в почве по формам нахождения [3]. В силу того, что созревание лесных насаждений происходит на протяжении многих десятилетий, в определенный момент времени в сформировавшихся на территории ПГРЭЗ лесах древесина начинает отвечать санитарно-гигиеническим требованиям, и может быть заготовлена. Для органи-

зации и планирования хозяйственной деятельности на лесных площадях ПГРЭЗ необходим прогноз уровня загрязнения древесины нормируемыми радионуклидами на этапе отдаленных последствий радиоактивных выпадений.

За годы, прошедшие после аварии на Чернобыльской АЭС проведено большое количество исследований поведения техногенных радионуклидов в лесных экосистемах зоны отчуждения и построены прогнозные модели [4–8]. Однако, в силу сложного характера радиоактивного загрязнения в зоне отчуждения, динамических процессов перераспределения радионуклидов по формам нахождения и биотическим компонентам в лесных экосистемах, особенностей динамики насаждений в отсутствие антропогенного вмешательства, эти модели часто дают смещенную оценку уровня загрязнения стволовой древесины. Данное обстоятельство затрудняет принятие обоснованных управленческих решений в отношении лесных ресурсов на территории ПГРЭЗ. В связи с этим необходимо продолжение исследований, направленных на выявление закономерностей формирования загрязнения компонентов лесных экосистем техногенными радионуклидами на этапе отдаленных последствий аварии на Чернобыльской АЭС и при переходе к ситуации существующего облучения.

Целью настоящих исследований явилось выявление основных факторов, влияющих на загрязнение древесины и коры сосны и березы ^{137}Cs на территории ПГРЭЗ на этапе отдаленных последствий формирования радиоактивного загрязнения территории.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование особенностей накопления ^{137}Cs в стволовой древесине и коре сосны и березы проводили в заповедной зоне ПГРЭЗ. С этой целью в 2019–2021 гг. заложено 29 временных пробных площадей в сосновых насаждениях, 30 – в березовых. Распределение пробных площадей по типам леса отражает лесотипологическую структуру лесного фонда ПГРЭЗ. При отборе участков для закладки пробных площадей учитывали характерные для территории ПГРЭЗ лесотаксационные признаки насаждений.

Закладку пробных площадей осуществляли в соответствии с рекомендациями [9]. На пробных площадях размером 0,2–0,4 га проводили сплошной перебор деревьев с измерением диаметра ствола на высоте 1,3 м. Рассчитывали следующие таксационные характеристики насаждений: сумма площадей сечений, густота, возраст, средние диаметр и высота, запас, полнота, состав, бонитет, тип леса и тип лесорастительных условий (ТЛУ).

Таксационные характеристики определяли исходя из методических рекомендаций [10, 11].

На пробных площадях отбирали образцы лесной подстилки с 15 площадок площадью 0,25 м². После удаления подстилки с 5 площадок отбирали образцы минеральных горизонтов почвы на глубине 20 см с использованием цилиндрического пробоотборника с внутренним диаметром 4 см. После взвешивания образцов лесной подстилки и почвы в естественном состоянии, формировали смешанные образцы для определения влажности и измерения удельной активности ^{137}Cs в них. В камеральных условиях производили расчет запаса лесной подстилки и содержания в ней ^{137}Cs .

Образцы древесины отбирали приростным буром на высоте 1,3 м не менее чем у 60 деревьев, относящихся к различным классам роста и развития пропорционально их вкладу в запас древесины в насаждении. Образцы древесины отбирали строго радиально до центра ствола для

исключения влияния неравномерности распределения радионуклидов в различных слоях. Образцы коры отбирали стругом с 20 деревьев в количестве достаточном для γ -спектрометрического определения содержания ^{137}Cs .

Измерение удельной активности ^{137}Cs в образцах почвы, лесной подстилки и растений осуществляли с использованием гамма-спектрометрического комплекса на основе коаксиального полупроводникового детектора Ge(Li) GX2018 с расширенным энергетическим диапазоном (Canberra Packard, США). Относительная ошибка измерения удельной активности ^{137}Cs в пробах составляла от 5 до 10% в зависимости от активности образца. Измерение удельной активности в образцах коры, почвы и лесной подстилки осуществляли в сосудах Маринелли объемом 1 л, в образцах древесины – в сосудах геометрии «дента». При этом минимальная детектируемая активность ^{137}Cs при измерениях была ниже 3 Бк при времени измерения 1 час.

После высушивания до воздушно-сухого состояния в очищенных от остатков корней образцах почвы определяли: pH_{KCl} [12], обменный NH_4^+ (с использованием ионселективного электрода), содержание органического вещества [13], калий и фосфор подвижные [14], кальций и магний обменные по методу ЦИНАО [15]. Гидролитическую кислотность и сумму поглощенных оснований определяли по методу Каппена [16].

Математическую и статистическую обработку результатов, обработка данных дистанционного зондирования Земли производили в среде

iPython с использованием библиотек Numpy, Scipy, Sklearn, Pandas, Geopandas и некоторых других. Для оценки особенностей загрязнения почвы и растений ^{137}Cs , агрохимических характеристик почвы и других показателей использованы средняя арифметическая, стандартное отклонение, коэффициент вариации, медиана, верхний и нижний квартили. Оценка значимости влияния отдельных факторов среды на накопление ^{137}Cs растениями осуществлено с использованием критерия Краскела-Уоллиса. Оценку значимости различий между двумя выборками осуществляли с использованием U-критерия Манна-Уитни. Для оценки характера связи между показателями накопления ^{137}Cs растениями и факторами среды использован коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Для анализа использованы мультиспектральные данные высокого разрешения миссии Sentinel-2 уровня 2A (отражение снизу атмосферы) [17]. Рассчитана медиана вегетационного индекса для отрезков времени апрель-сентябрь на протяжении 2018–2020 гг. Для анализа спектрального отклика полого лесных экосистем данные Sentinel-2 отобраны из области интереса, представляющей собой круг радиусом 50 м, центрированный относительно центра пробной площадки. При этом отфильтровывали данные с наличием облачного покрова или тени облаков над пробной площадью. Поиск и загрузка данных Sentinel-2 осуществляли через сервис Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu/>) посредством API сервиса.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание ^{137}Cs в почве на пробных площадях колебалось в широких пределах – от 0,9 до 42,0 кБк/кг. Плотность загрязнения минеральных горизонтов почвы ^{137}Cs в обследованных сосновых насаждениях колебалась от 195 до 3769 кБк/м², медиана и межквартильный интервал составили 1229 и 776–2285 кБк/м² соответственно. В березовых насаждениях данный показатель загрязнения составлял от 461 до 4024 кБк/м², а медиана и межквартильный интервал составляли соответственно 1590 и 894–2521 кБк/м². На обследованных участках леса содержание ^{137}Cs в древесине сосны и березы составляло от 44 до 8214 Бк/кг, а в коре – от 139 до 54233 Бк/кг. Медианы удельной активности в древесине сосны и березы 1998 и 2274 Бк/кг соответственно, для коры данный показатель выше – 8929 и 3155 Бк/кг соответственно.

Коэффициент перехода (Кп) представляет собой нормирование уровня загрязнения компонентов древостоя по плотности загрязнения

почвы и позволяет исключить данный фактор из анализа закономерностей накопления ^{137}Cs древесиной и корой в предположении о линейности связи между содержанием радионуклида в почве и органах растений. Медиана коэффициента перехода ^{137}Cs из почвы в древесину сосны на заложённых пробных площадях значительно выше, чем в древесину березы – $1,424 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ и $1,098 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ соответственно. В отношении коэффициента перехода радиоактивного изотопа цезия в кору эта разница еще более существенная – $7,251 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ и $1,780 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ соответственно. Для всей совокупности обследованных сосновых и березовых насаждений Кп ^{137}Cs из почвы в древесину и кору имеет широкий диапазон варьирования и бимодальный характер распределения (рис. 1). Данное обстоятельство обуславливает необходимость поиска факторов, влияющих на Кп радионуклида с целью построения адекватной модели прогноза накопления ^{137}Cs компонентами древостоя.

Следует ожидать сужение диапазонов варьирования Кп радионуклида в пределах отдельных типов леса или типов лесорастительных условий (ТЛУ), поскольку они объединяют экосистемы, находящиеся в близких экологических условиях среды. Выполненный анализ показал, что средние значения Кп ^{137}Cs в кору и древесину заметно ниже в сосняках вересковых по сравнению с мшистыми и черничными (табл. 1). Однако критерий Краскела-Уоллиса не позволил подтвердить влияние типа леса на коэффициент перехода ^{137}Cs из почвы в древесину и кору сосны – $H=4,68$ ($p=0,197$) и $H=2,07$ ($p=0,558$) соответственно. Попарное сравнение с использованием непараметрического U-критерия Манна-Уитни свидетельствует о наличии значимых различиях в Кп ^{137}Cs из почвы в древесину между сосняками вересковым и мшистым – $U=8,0$; $p=0,041$. Между остальными парами типов леса и между Кп радионуклида в кору различия не являются статистически значимыми ($p>0,05$).

Статистические показатели Кп ^{137}Cs из почвы в древесину и кору березы возрастают в ряду березняк черничный < березняк кисличный < березняк папоротниковый. Однако близкие значения нижних квартилей указывают на сильное перекрытие статистических распределений Кп в древесину березы в обследованных типах леса. Критерий Краскела-Уоллиса не подтверждает влияние типа леса на уровень накопления ^{137}Cs древесиной и корой березы – $H=1,57$ ($p=0,666$) и $H=2,18$ ($p=0,536$) соответственно.

Внутри ТЛУ также сохраняется высокая вариабельность Кп ^{137}Cs из почвы в древесину и кору сосны и березы (табл. 2). Возрастающий ряд средних значений Кп для древесины и коры сосны выглядит следующим образом: бор влажный < бор свежий < суборь влажная. Различия между минимальным и максимальным средним арифметическим значением Кп для древесины сосны составляет 2,9 раза, а между медианами – 3,9 раза. Сходные различия наблюдаются и в от-

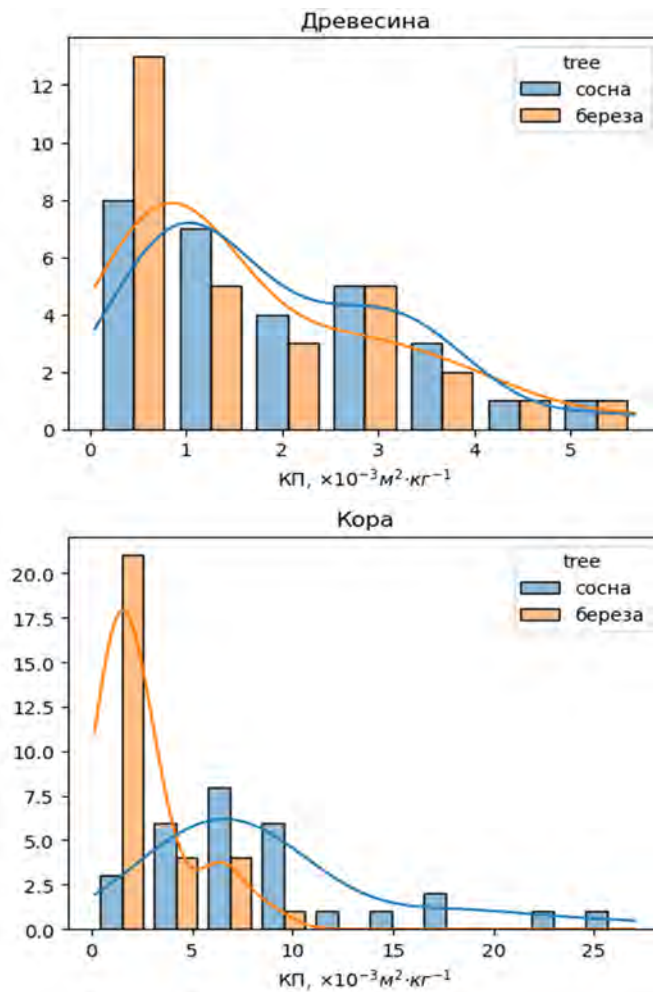


Рис. 1. Статистическое распределение Кп ^{137}Cs из почвы в древесину и кору сосны и березы в обследованных насаждениях на территории ППРЭЗ

Fig. 1. Statistical distribution of ^{137}Cs aggregated transfer factor from soil to wood and bark of pine and birch in surveyed stands within the PSRER area.

Таблица 1. Статистические показатели Кп ^{137}Cs из почвы в древесину и кору сосны и березы в насаждениях, относящихся к различным типам леса, на обследованных пробных площадях, $\times 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$

Table 1. Statistical indicators of ^{137}Cs aggregated transfer factors from soil to wood and bark of pine and birch in stands of different types on surveyed sample plots, $\times 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$

Тип леса	n	M	S _x	CV	Me	Q1	Q3
Древесина							
Березняк кисличный	8	1,729	1,228	66	1,320	0,756	2,410
Березняк папоротниковый	14	2,124	1,728	78	1,859	0,671	3,087
Березняк черничный	7	1,012	0,492	45	1,093	0,769	1,310
Сосняк вересковый	3	0,664	0,541	66	0,399	0,353	0,843
Сосняк мшистый	21	2,018	1,314	63	1,722	0,984	3,075
Сосняк черничный	4	2,125	1,476	60	2,169	0,909	3,384
Кора							
Березняк кисличный	8	2,793	2,269	75	1,691	1,426	3,320
Березняк папоротниковый	14	3,090	2,611	81	2,845	0,899	3,655
Березняк черничный	7	1,464	0,733	46	1,513	1,149	1,938
Сосняк вересковый	3	5,059	3,576	57	4,682	3,184	6,745
Сосняк мшистый	21	8,894	5,715	62	7,251	5,599	9,636
Сосняк черничный	4	12,143	9,398	67	11,509	4,595	19,057

Примечания: n – количество пробных площадей; M – среднее арифметическое; S_x – стандартное отклонение; CV – коэффициент вариации; Me – медиана; Q1 – нижний квартиль; Q3 – верхний квартиль.

Таблица 2. Статистические показатели Кп ^{137}Cs из почвы в древесину и кору сосны и березы в различных типах лесорастительных условий на обследованных пробных площадях, $\times 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$

Table 2. Statistical indicators of ^{137}Cs aggregated transfer factor from soil to wood and bark of pine and birch in different types of forest growth conditions on surveyed sample plots, $\times 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$

ТЛУ	n	M	σ	CV	Me	Q1	Q3
Древесина							
береза							
B3	7	0,797	0,406	47	0,766	0,627	1,013
C2	2	1,434	1,099	54	1,434	1,045	1,822
C4	13	2,275	1,711	72	2,616	0,845	3,135
D2	7	1,804	1,234	63	1,666	0,844	2,374
сосна							
A2	20	1,999	1,297	63	1,722	1,019	2,925
A3	2	0,868	0,142	11	0,868	0,818	0,919
B3	3	2,510	1,542	50	3,369	2,049	3,400
Кора							
береза							
B3	7	1,093	0,519	43	1,078	0,828	1,480
C2	2	3,726	3,137	59	3,726	2,617	4,835
C4	13	3,348	2,573	73	3,119	2,141	3,734
D2	7	2,462	1,996	75	1,824	1,369	2,393
сосна							
A2	20	8,824	5,466	60	7,731	5,868	9,472
A3	2	5,025	0,030	5	5,025	5,024	5,026
B3	3	14,516	9,934	55	17,995	10,653	20,119

Примечания: n – количество пробных площадей; M – среднее арифметическое; S_x – стандартное отклонение; CV – коэффициент вариации; Me – медиана; Q1 – нижний квартиль; Q3 – верхний квартиль.

ношении Кп в кору сосны. При этом попарные сравнения с использованием U-критерия Манна-Уитни не позволили подтвердить статистическую значимость различий Кп ^{137}Cs в древесину и кору сосны между различными ТЛУ.

Среднее арифметическая Кп ^{137}Cs в древесину для березовых насаждений в пределах ТЛУ выстроены в следующий возрастающий ряд: суборь влажная < субдубрава свежая < дубрава све-

жая < субдубрава сырая. Различия между минимальным и максимальным среднеарифметическим значением составляет 2,8 раза, между медианами – 3,4 раза. Несмотря на выраженные различия средних значений, критерий Краскела-Уоллиса не подтверждает статистическую значимость ТЛУ в качестве фактора, влияющего на Кп ^{137}Cs в древесину (H=5,24; p=0,264) и кору березы (H=5,45; p=0,244). Непараметрический U-

критерий Манна-Уитни подтвердил значимость различий ($p < 0,05$) K_p ^{137}Cs только для коры березы между ТЛУ В3 и С4, а также В3 и Д2.

Таким образом, статистический анализ не позволил подтвердить значимость влияния типа леса и ТЛУ на K_p ^{137}Cs в стволовую древесину и кору сосны и березы в наиболее распространенных в ПГРЭЗ типах сосновых и березовых лесов на этапе отдаленных последствий радиоактивных выпадений.

Дальнейший поиск факторов, оказывающих значимое влияние на K_p радионуклида в отдельные компоненты древостоя выполнен с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена. В анализ включены количественные показатели древостоя: возраст, средняя высота, средний диаметр, полнота насаждения, запас древесины; агрохимические показатели верхнего 20-см слоя минеральных горизонтов почвы: содержание обменного кальция, магния, аммония, подвижного фосфора, калия, органического вещества (ОВП), кислотность соляной вытяжки и гидrolитическая кислотность (Нг), емкость поглощения (Т), а также ряд дополнительных показателей,

характеризующих особенности участка насаждения и его радиоактивное загрязнение: высота над уровнем моря, расстояние до Чернобыльской АЭС, удельная активность ^{137}Cs в почве и лесной подстилке ($A_{\text{почва}}^{137}\text{Cs}$ и $A_{\text{подстилка}}^{137}\text{Cs}$ соответственно), плотность загрязнения территории ^{137}Cs ($A_{\text{пл}}^{\text{почва } 137\text{Cs}}$), запас лесной подстилки и запас в ней ^{137}Cs ($A_{\text{подстилка}}^{137}\text{Cs}$), запас радионуклида в минеральных горизонтах почвы ($A_{\text{почва}}^{137}\text{Cs}$).

На территории с высокими уровнями радиоактивного загрязнения K_p ^{137}Cs в древесину сосны имеет слабую отрицательную связь с запасом стволовой древесины и плотностью загрязнения (табл. 3). Агрохимические показатели не продемонстрировали наличие корреляционной связи с K_p радионуклида в древесину и кору сосны.

Наиболее высокая сила корреляции (положительная) для K_p ^{137}Cs в древесину и кору березы обнаружена с запасом радионуклида в лесной подстилке, а также с отношением этого запаса к плотности загрязнения почвы. Кроме того, обнаружена положительная корреляция между K_p радионуклида в древесину и кору березы с такими показателями плодородия почвы как содержание

Таблица 3. Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена между K_p ^{137}Cs в компоненты сосновых и березовых древостоев с таксационными, агрохимическими и некоторыми другими показателями

Table 3. Spearman's rank correlation coefficients between ^{137}Cs transfer coefficients into components of pine and birch stands and inventory, agrochemical, and some other indicators

Показатель	Сосна		Береза	
	древесина	кора	древесина	кора
Возраст, лет	-0,054	0,052	-0,247	-0,355
Средняя высота, м	-0,093	0,002	-0,064	-0,165
Средний диаметр, см	-0,217	-0,025	-0,104	-0,223
Полнота	0,006	0,136	-0,125	-0,251
Запас древесины, м ³	-0,389*	-0,345	-0,109	-0,260
$A_{\text{почва}}^{137}\text{Cs}$	-0,134	-0,199	0,194	0,099
$A_{\text{пл}}^{\text{почва } 137\text{Cs}}$	-0,401*	-0,189	-0,310	-0,356
Запас лесной подстилки, кг·м ⁻²	0,045	0,059	0,318	0,301
$A_{\text{подстилка}}^{137}\text{Cs}$	0,021	0,029	0,437*	0,322
$A_{\text{з}}^{\text{подстилка } 137\text{Cs}}$	0,015	0,006	0,603**	0,500**
pH	-0,112	-0,206	0,022	0,126
Ca (обм.)	0,000	-0,064	-0,164	-0,184
Mg (обм.)	-0,198	-0,126	0,418*	0,391*
P ₂ O ₅ (подв.)	0,156	0,200	0,296	0,180
K ₂ O (обм.)	-0,300	-0,097	0,411*	0,405*
ОВП	0,370	0,252	0,560**	0,556**
Нг	0,324	0,299	0,521**	0,480**
Т	0,185	0,091	0,438*	0,407*
NH ₄ (обм.)	-0,049	-0,132	0,524**	0,478**
Высота над уровнем моря, м	-0,168	0,002	0,007	-0,026
Расстояние до ЧАЭС, км	0,238	0,259	-0,321	-0,265
$A_{\text{з}}^{\text{подстилка } 137\text{Cs}} / A_{\text{з}}^{\text{почва } 137\text{Cs}}$	0,260	0,314	0,686**	0,649**
$A_{\text{з}}^{\text{подстилка } 137\text{Cs}} / A_{\text{з}}^{\text{почва } 137\text{Cs}}$	0,398*	0,440*	0,793**	0,772**

Примечания: * – значение коэффициента корреляции статистически значимо при $p < 0,05$;
** – значение коэффициента корреляции статистически значимо при $p < 0,01$.

доступных калия, магния и аммония, органического вещества почвы, гидролитической кислотностью и катионообменной емкостью. Следует заметить, что в агроэкосистемах наблюдается противоположная закономерность, связанная в первую очередь с тем, что повышение содержания в почве подвижного калия подавляет накопление радиоактивных изотопов цезия растениями. Как известно [18], причиной этого является увеличение биологической доступности ^{137}Cs с повышением содержания органического вещества в почве. Данные наших исследований свидетельствуют о тесной положительной корреляционной связи между перечисленными агрохимическими показателями и содержанием органического вещества в почве березовых экосистем (коэффициент ранговой корреляции между ними находится в пределах 0,892–0,931). Подавление фиксации радиоактивных изотопов цезия на глинистых минералах при высоком содержании органического вещества в почве в обследованных экосистемах не компенсируется увеличением доступности калия и катионообменной емкости почвы, что и приводит к заметному увеличению Кп ^{137}Cs .

В лесных экосистемах, длительное время существовавших без вмешательства человека после формирования радиоактивного загрязнения, техногенные радионуклиды вовлекаются в биологический круговорот и удерживаются в нем. Значительная часть активности радионуклида ежегодно возвращается на поверхность почвы с отмирающими надземными частями растений и формирует загрязнение лесной подстилки. При ее разложении радиоактивные изотопы цезия высвобождаются в биологически доступных формах и вновь усваиваются корневыми системами растений. Отсюда и положительная корреляционная связь между показателем концентрирования ^{137}Cs в лесной подстилке ($A_{\text{подстилка}}^{137}\text{Cs} / A_{\text{почва}}^{137}\text{Cs}$) и Кп ^{137}Cs в компоненты ствола у сосны и березы. Для березовых экосистем эта связь выражена заметно сильнее, чем для сосновых.

Дополнительно проведен анализ связи Кп ^{137}Cs в компоненты ствола сосны и березы с отдельными вегетационными индексами, рассчитанными по данным дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) Sentinel-2 L2C (табл. 4). Для Кп ^{137}Cs в древесину и кору сосны установлена отрицательная корреляция со слабой силой связи с нормализованным разностным вегетационным индексом (NDVI), относительным вегетационным индексом (RVI) и нормализованным разностным спектральным индексом (зеленый-красный) (NDSI³⁻⁴). Известно, что индексы RVI и NDSI³⁻⁴ имеют положительную связь с сомкнутостью растительности и массой фотосинтезирующих органов. Индекс NDVI является одним из наиболее распространенных и также связан положительной связью с фитомассой фотосинтезирующих органов и первичной продуктивностью фитоценоза. Таким образом, в сосновых насаждениях верескового, мшистого и черничного типов, произрастающих в ПГРЭЗ, Кп ^{137}Cs имеет отрицательную корреляционную связь с их биологической продуктивностью и степенью сомкнутости полога, определяемыми по ДДЗ.

У сосны перечисленные выше вегетационные индексы имеют более сильную корреляционную связь с Кп ^{137}Cs в кору по сравнению с древесиной. Кроме того, особо следует отметить положительную корреляционную связь Кп ^{137}Cs в кору сосны с индексом MSI, указывающим на стресс, обусловленный недостаточной влагообеспеченностью растений.

Для Кп ^{137}Cs в древесину и кору березы не выявлены статистически значимые корреляционные связи с анализируемыми вегетационными индексами.

Анализ полученных результатов позволяет прийти к выводу, что совокупность факторов, оказывающих положительное влияние на биологическую продуктивность древесного яруса в сосновых насаждениях, снижает Кп ^{137}Cs в древесину и кору. Влияние данных факторов прояв-

Таблица 4. Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена между Кп ^{137}Cs в компоненты сосновых и березовых древостоев с отдельными вегетационными индексами

Table 4. Spearman's rank correlation coefficients between ^{137}Cs aggregated transfer factors into components of pine and birch stands and vegetation indices derived from remote sensing data

Вегетационный индекс	Сосна		Береза	
	древесина	кора	древесина	кора
MSAVI	-0,021	-0,229	0,172	0,233
MSI	0,358	0,438*	-0,256	-0,310
NDSI ³⁻⁴	-0,388*	-0,518**	0,150	0,224
NDVI	-0,430*	-0,494**	0,185	0,274
NDWI	0,206	0,334	-0,204	-0,297
RVI	-0,430*	-0,494**	0,182	0,272

Примечания: * – значение коэффициента корреляции статистически значимо при $p < 0,05$;
** – значение коэффициента корреляции статистически значимо при $p < 0,01$.

ляется через накопление запаса стволовой древесины и вегетационные индексы, вычисленные по данным ДЗЗ. При этом в настоящем исследовании не удалось выделить отдельные агрохимические факторы, имеющие связь с параметрами накопления радиоактивных изотопов цезия в древесине и коре сосны. Имеет место совокупный эффект условий среды, влияющих как на скорость роста и развития древесного яруса, так и на фитосанитарное состояние насаждений.

Выявлен тренд к уменьшению K_p ^{137}Cs из почвы в древесину сосны и березы на фоне увеличения плотности загрязнения почвы. Причем для сосновых и березовых экосистем линии тренда близки друг к другу (рис. 2). Объяснение данному явлению следует искать в связи плотности загрязнения территории ^{137}Cs с увеличением вклада топливных частиц в структуру радиоактивных выпадений.

Находящийся в составе топливных частиц ^{137}Cs недоступен для корневого поглощения, внося при этом существенный вклад в валовое загрязнение почвы. Однако к настоящему времени основная масса топливных частиц должна распасться, высвободив входящие в их состав радиоактивные изотопы в почвенную среду. По мнению А. Коноплева [19], медленно высвобождаясь при

распаде фрагментов топливных частиц ^{137}Cs переходит в «фиксированное» состояние вовлекаясь в биологический круговорот. Таким образом, несмотря на распад основного запаса топливных частиц на этапе отдаленных последствий радиоактивных выпадений, их относительный вклад в структуру загрязнения сохраняет свое влияние на биологическую доступность ^{137}Cs и обуславливает слабую отрицательную корреляционную связь между K_p ^{137}Cs в древесину сосны и плотностью загрязнения. Хотя выпадения топливных частиц происходили преимущественно в ближней зоне вокруг эпицентра аварии, формирование радиоактивного загрязнения на территории ПГРЭЗ имеет мозаичный характер, поэтому не удалось установить корреляционную связь между расстоянием от обследованных участков лесных насаждений до источника загрязнения.

Наличие положительной корреляционной связи между K_p ^{137}Cs в древесину и K_p ^{137}Cs в кору для сосны и березы (0,722 и 0,897 соответственно) позволяет использовать содержание радионуклида в коре в качестве индикатора для экспресс-оценки загрязнения древесины. Ранее также было показано, что с этой целью можно использовать показатели накопления ^{137}Cs во мхах [20].

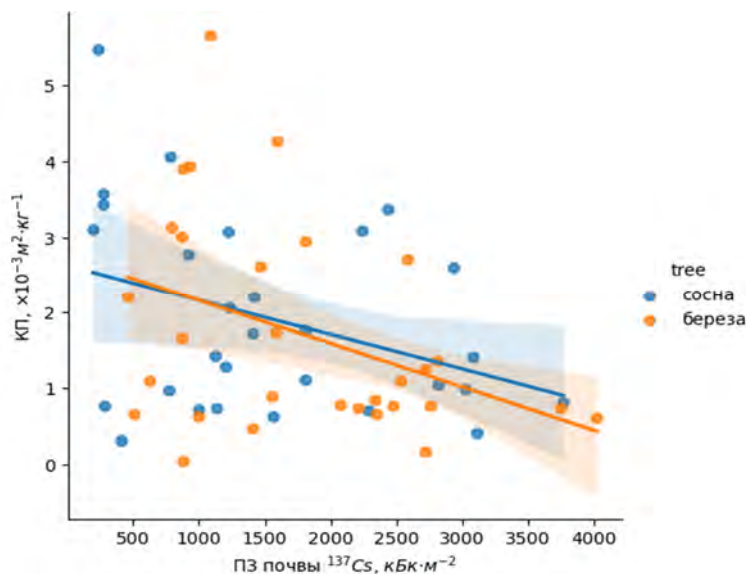


Рис. 2. Связь между плотностью загрязнением почвы ^{137}Cs и коэффициентом перехода радионуклида в древесину сосны и березы

Fig. 2. Relationship between soil contamination density with ^{137}Cs and the aggregated transfer factor of the radionuclide into the wood of pine and birch

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наблюдения в типичных для Полесского государственного радиационно-экологического заповедника лесных экосистемах показали, что значения коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в древесину и кору сосны и березы характеризуются

широким диапазоном варьирования и слабо зависят от типа леса и типа лесорастительных условий. В сосновых насаждениях с увеличением запаса стволовой древесины и биологической продуктивности древесных растений накопление ра-

дионуклида в коре и стволовой древесине сосны снижается. В березовых насаждениях биологическую доступность ^{137}Cs и его переход в компоненты ствола прежде всего обуславливает содержание органического вещества в почве. До настоящего времени, в зоне отчуждения прослеживается влияние структуры радиоактивных выпадений на переход ^{137}Cs в надземные органы растений – на участках с высокой плотностью загрязнения почвы, ассоциированной со значительным вкладом топливных частиц в состав содержащихся в почвах чернобыльских эмиссий, сохраняется пониженная биологическая доступность ^{137}Cs .

Показана возможность использования мультиспектральных данных дистанционного зонди-

рования Земли в высоком разрешении для уточнения коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в древесину и кору сосны. Вегетационные индексы, связанные с сомкнутостью растительного полога, массой фотосинтезирующих органов и первичной продуктивностью экосистем (NDVI, RVI и NDSI³⁻⁴) демонстрируют отрицательную корреляционную связь с коэффициентами перехода радионуклида.

Тесная связь между накоплением ^{137}Cs в коре и древесине сосны и березы с накоплением радионуклида в лесной подстилке свидетельствует о существенной роли данного компонента лесной экосистемы в биологическом круговороте радионуклида цезия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси / ред. Ю. А. Израэль, И. М. Богдевич. – Москва; Минск : Фонд «Ионосфера» – НИИ-Природа; Белкартография, 2009. – 140 с.
2. Кудин, М. В. Динамика лесоводственно-таксационных показателей насаждений Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / М. В. Кудин // Проблемы лесоведения и лесоводства : сборник научных трудов / Национальная академия наук Беларуси, Институт леса. – Гомель, 2008. – Вып. 68. – С. 327-338.
3. Гарбарук, Д. К. Изменение радиационной обстановки в сосняках мшистых в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС / Д. К. Гарбарук, А. В. Углянец, М. В. Кудин // Радиационная биология. Радиозология. – 2021. – Т. 61, № 5. – С. 524-535.
4. Dvornik, A. Model Forestlife and Prediction of Radioactive Contamination of Forests in Belarus / A. Dvornik, T. Zhuchenko // Contaminated Forests / ed. I. Linkov, W. R. Schell. – Dordrecht: Springer Netherlands, 1999. – С. 185--194.
5. Shcheglov, A. Biogeochemical cycles of Chernobyl-born radionuclides in the contaminated forest ecosystems. Long-term dynamics of the migration processes / A. Shcheglov, O. Tsvetnova, A. Klyashtorin // J. Geochem. Explor. – 2014. – Vol. 144. – P. 260-266.
6. TRIPS 2.0: Toward more comprehensive modeling of radiocaesium cycling in forest / Y. Thiry [et al.] // J. Environ. Radioact. – 2020. – Vol. 214–215. – P. 106171.
7. Булавик, И. М. Обоснование лесопользования в условиях радиоактивного загрязнения Белорусского Полесья / И. М. Булавик. – Гомель, 1998. – 39 с.
8. Переволоцкий, А. Н. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в лесных биогеоценозах / А. Н. Переволоцкий. – Гомель : РНИУП «Институт радиологии», 2006. – 255 с.
9. Программа и методика биогеоценотических исследований / ред. Н. В. Дылис. – Москва : Наука, 1974. – 404 с.
10. Кузьменков, М. В. Таксационно-лесостроительный справочник / М. В. Кузьменков. – Минск : РУП «Редакция журнала «Лесное и охотничье хозяйство», 2019. – 335 с.
11. Справочник таксатора / Под общ. ред. В. С. Мирошникова. – 2-е изд. – Минск: Ураджай, 1980. – 360 с.
12. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО : ГОСТ 26483-85 ; Введ. 1986-07-01. – М : Издательство стандартов, 1986. – 6 с.
13. Методы определения органического вещества : Взамен ГОСТ 26213-84 ; введ. 1993-07-01. – М : Издательство стандартов, 1993. – 9 с.
14. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО : ГОСТ 26207-91 ; Введ. 1993-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1993. – 13 с.
15. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО : ГОСТ 26487-85 ; Введ. 1986-07-01. – М : Издательство стандартов, 1986. – 14 с.
16. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО : ГОСТ 26212-91 ; Введ. 1993-07-01. – М : Издательство стандартов, 1993. – 7 с.
17. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services / M. Drusch [et al.] // Remote Sens. Environ. – 2012. – Vol. 120. – P. 25-36.
18. Inhibition of Radiocesium Adsorption on 2:1 Clay Minerals Under Acidic Soil Environment: Effect of Organic Matter Vs. Hydroxy Aluminum Polymer / Y. Tashiro [и др.] // Geoderma. – 2018. – Т. 319. – С. 52–60.
19. Konoplev, A. Mobility and Bioavailability of the Chernobyl-Derived Radionuclides in Soil–Water Environment: Review / A. Konoplev // Behavior of Radionuclides in the Environment II / eds. A. Konoplev, K. Kato, S. N. Kalmykov. – Singapore: Springer, 2020. – P. 157–193.
20. Биодиагностический критерий биологической доступности ^{137}Cs для сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) из почв лесных экосистем / В. Н. Сеглин [и др.] // Радиобиология и экологическая безопасность – 2023 : мат-лы междунар. науч. конф., Гомель, 25–26 мая 2023 г. / Институт радиобиологии НАН Беларуси. – Гомель, 2023. – С. 240-243.

Поступила в редакцию 20.12.2023 г.

УДК 595 .76 (476.5)

Г. Г. СУШКО¹, О. И. ХОХЛОВА², А. А. ЛАКОТКО¹, Т. Н. СУШКО¹

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСА НА РАЗНООБРАЗИЕ И БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ (INSECTA, COLEOPTERA) В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

¹Витебский государственный университет имени П.М. Машерова, Витебск, Беларусь,
e-mail: gennadis@rambler.ru, e-mail: lakotko65@gmail.com, e-mail: tatsushk@mail.ru

²ООО «Экопромсфера», Витебск, Беларусь, e-mail: ok.hohlowa-eco@yandex.by

Аннотация. Проведено исследование α - и β -разнообразия жесткокрылых в травяно-кустарничковом ярусе с преобладанием *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus* и *Vaccinium vitis-idaea* в сосновых лесах в Белорусском Поозерье. Выявлено, что наибольшим видовым богатством, численностью и разнообразием жесткокрылых характеризуются сосняки вересковые и черничные, по сравнению с сосняками брусничными. Отмечена отчетливая дифференциация видового состава жесткокрылых в травяно-кустарничковом ярусе исследуемых типов сосновых лесов. Установлены виды с высокой приуроченностью к ярусу с преобладанием определенного вида кустарничков. Наибольшее число видов жесткокрылых, в том числе и с высоким обилием, продемонстрировали зависимость от высоты яруса, а также от числа видов растений в травяно-кустарничковом ярусе.

Ключевые слова: биоразнообразие, фитоценотические показатели, кустарнички, жесткокрылые, индикаторные виды, дифференциация видового состава.

G. G. SUSHKO¹, O. I. KHOKHLOVA², A. A. LAKOTKO¹, T. N. SUSHKO¹

HERB-SHRUB STRUCTURE INFLUENCE ON DIVERSITY AND HABITAT DISTRIBUTION OF BEETLES (INSECTA, COLEOPTERA) IN THE BELARUSIAN LAKELAND PINE FORESTS

¹Vitebsk State University named after P.M. Masherova, Vitebsk, Belarus,
e-mail: gennadis@rambler.ru, e-mail: lakotko65@gmail.com, e-mail: tatsushk@mail.ru

²ООО «Ekopromsfera», Vitebsk, Belarus, e-mail: ok.hohlowa-eco@yandex.by

Annotation. A study of the α - and β -diversity of Coleoptera in the herb-shrub layer with a predominance of *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus* and *Vaccinium vitis-idaea* in pine forests in the Belarusian Lake District was conducted. It was revealed that pine forests with a predominance of heather and blueberry are characterized by the greatest beetle species richness, abundance and diversity, compared to pine forests with predominance of lingonberry. A clear differentiation in the species composition of Coleoptera was noted in the herb-shrub layer of the studied pine forest types. Species with a high affinity to the layer with a predominance of a certain type of shrub were identified. The largest number of beetle species, including those with high abundance, demonstrated dependence on the height of the layer, as well as on the number of plant species in the herb-shrub layer.

Keywords: biodiversity, phytocenotic parameters, shrubs, coleoptera, indicator species, differentiation of species composition.

ВВЕДЕНИЕ

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) характеризуется обширной областью естественного распространения, что обусловлено ее биологическими особенностями. Она способна расти в самых разнообразных экологических и климатических условиях – от сухих песчаных дюн до верховых болот [1, 2]. От других хвойных и лиственных пород *P. sylvestris* отличается способностью формировать древостой как на бедных песчаных, так и на торфяных почвах в условиях олиготрофного

ряда заболачивания. Способность сосны обыкновенной произрастать на почвах с ограниченным содержанием питательных веществ и влаги наряду со слабыми позициями в конкурентных взаимоотношениях с другими древесными породами и определяет характер распространения сосновых лесов на обширных территориях Европы [3, 4]. В Беларуси сосновые леса являются преобладающей лесной формацией и занимают около 49% лесопокрытой площади [2].

Обширность ареала сосны обыкновенной и экологическая пластичность определяют ее высокую эдификаторную роль и широкий круг консортивных связей [5]. Как следствие, высокий научный интерес представляет изучение экологической структурной организации сосновых лесов, а также взаимосвязей между растительностью и консументами различного уровня, которые формируют трофические, топические и другие связи с различными компонентами фитоценоза.

Значительную долю в составе консументов лесных экосистем, включая сосновые леса, занимают насекомые [6]. Среди них высокой численностью, видовым богатством и разнообразием характеризуются жесткокрылые насекомые, которые вследствие этого играют важную функциональную роль. С одной стороны, различного рода фитофаги (филлофаги, антофаги, ризофаги, ксилофаги и др.) наносят вред вегетативным и генеративным органам растений, с другой стороны – зоофаги уничтожают целый ряд вредителей растений, таких как тли, кокциды, личинки чешуекрылых и др. [7].

В свою очередь, различные компоненты фитоценоза играют важную роль в формировании среды обитания консументов. В частности, кустарнички, являются не только трофическим ресурсами для ряда консументов первого порядка,

но и формируют благоприятные микроклиматические условия в пределах кустарничкового и травяно-кустарничкового ярусов [8, 9]. Это имеет важное значение для бореальных экосистем, к которым относятся и сосновые леса Белорусского Поозерья. Многие обитатели последних, включая холодолюбивые виды, находят экологические ниши в травяно-кустарничковом ярусе [10, 11]. Исследования, выполненные ранее на верховых болотах, продемонстрировали зависимости α -разнообразия насекомых различных таксонов от проективного покрытия кустарничков и видового богатства растений травяно-кустарничкового яруса [12, 13]. Мы предположили, что в условиях сосновых лесов фитоценотические показатели травяно-кустарничкового яруса с преобладанием черники обыкновенной, брусники обыкновенной и вереска обыкновенного будут влиять на разнообразие и биотопическое распределение консументов первого и второго порядков. В связи с этим целью данной работы – оценить на примере жесткокрылых насекомых α - и β -разнообразия консументов в сосняках вересковых, черничных и брусничных и выявить основные фитоценотические показатели, определяющие их пространственное распределение в травяно-кустарничковом ярусе различных типов сосновых лесов Белорусского Поозерья.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования выполнены в 2021–2022 гг. на 10 стационарах на территории Витебского, Сенненского, Лепельского и Миорского районов Витебской области (рис. 1) в сосняках вересковых (*Pinetum callunosum*), брусничных (*Pinetum vacciniosum*) и черничных (*Pinetum myrtillosum*). Сборы насекомых проводили методом энтомологического кошени на фиксированных трансектах длиной 50 м. Трансекты закладывались на стационарах случайно (не менее 10 в каждом типе леса) на участках с хорошо выраженным гомогенным кустарничковым ярусом с отчетливым преобладанием одного из видов растений (вереска, черники, брусники). Расстояние между трансектами в пределах одного стационара составляло не менее 50 м, а также не менее 30 м от дороги или края леса во избежание влияния краевого (эктонного) эффекта. Исследования проводили с конца апреля до начала ноября, с интервалом 10–14 дней. В качестве единицы учета (выборки) было принято 50 взмахов сачка диаметром 30 см. Выборки, полученные с одной трансекты, были объединены в общую выборочную совокупность для последующего статистического анализа.

Измерения фитоценологических показателей проводили на площадках 1x1 м 3 раза в течение сезона исследований (в начале мая, начале июля и в сентябре). Площадки закладывали посередине трансекты. Были описаны фитоценотические показатели, которые характеризуют кормовые ресурсы жесткокрылых фитофагов, а также определяют микроклиматические условия и уровень инсоляции в местообитаниях в пределах травяно-кустарничкового яруса: число видов растений яруса, высота травяно-кустарничкового яруса, общее проективное покрытие (%) травяно-кустарничкового яруса и отдельно трав (%) и кустарничков (%). Проективное покрытие оценивали методом фотоплощадок [14]. Площадки с наложенными деревянными рамками фотографировали, затем на фото с помощью фоторедактора накладывалась сетка из 100 равных квадратов. По степени их заполнения рассчитывали долю покрытия.

Перед выполнением статистического анализа данные были проверены на соответствие закону нормального распределения с использованием теста Шапиро-Уилка. В случае соответствия данному закону, для оценки различий между выборками использовался дисперсионный анализ

(ANOVA) и апостериорный тест Тьюки, в противном случае – непараметрический критерий Краскела-Уолиса и апостериорный тест Данна. Для выявления мультиколлинеарности между фитоценоотическими показателями применяли анализ главных компонент (PCA) [15].

Для оценки α -разнообразия жесткокрылых использованы Числа Хилла (Hill's numbers), графическое отображение которых демонстрирует отличие основных показателей разнообразия. Первое число Хилла ($q=0$) оценивает видовое богатство и предсказывает его ожидаемое максимально возможное значение с помощью метода экстраполяции. Второе число Хилла ($q=1$) является экспонентой энтропийного индекса Шеннона (H'). Третье число Хилла ($q=2$) отражает обратный индекс концентрации Симпсона ($1-D$) (Chao et al. 2014) [16]. Дополнительно для оценки потенциально возможного числа видов (Sest) и сравнения с наблюдаемым числом видов (Sobs), выявленных в ходе исследований, рассчитаны значения непараметрического эстиматора видового богатства Chao2 [17]. Многомерный дисперсионный анализ (PERMANOVA) с 999 перестановками (Permutations) был применен для сравнения видового состава жесткокрылых в трех исследуемых биотопах (β -разнообразии).

Степень биотопической приуроченности вида к определенному типу фитоценоза выявлялась с помощью статистической процедуры IndVal (Indicator Value). Значения индекса IndVal могут варьировать от 0 (не является индикаторным видом) до 1 (идеальный индикатор) при статистической значимости $p < 0,05$ [18].

Для анализа структуры доминирования использовали шкалу Г. Энгельманна (1978), где E – эудоминант (>40,0%), D – доминант (12,5–39,9%), SD – субдоминант (4,0–12,4%), R – рецедент (1,3–3,9%), SR – субрецедент (<1,3%) [19].

Выявление зависимостей учетной плотности насекомых от измеренных фитоценоотических показателей выполняли с помощью канонического анализа соответствий (CCA). Перед анализом данные подвергали логарифмированию ($\log_{10}(x+1)$), поскольку некоторые виды в отдельных выборках не представлены и анализируемая матрица включала нулевые значения. Редкие виды, представленные в сборах менее, чем 3 особями, были удалены из анализа. Названия видов на диаграмме ординации сокращены до 3 первых букв в названии рода и вида. Анализы выполнены с использованием статистической среды R 4.0.5 (пакеты labdsv и vegan) [20], пакетов анализа PAST 4.11 [21] и iNEXT [22].

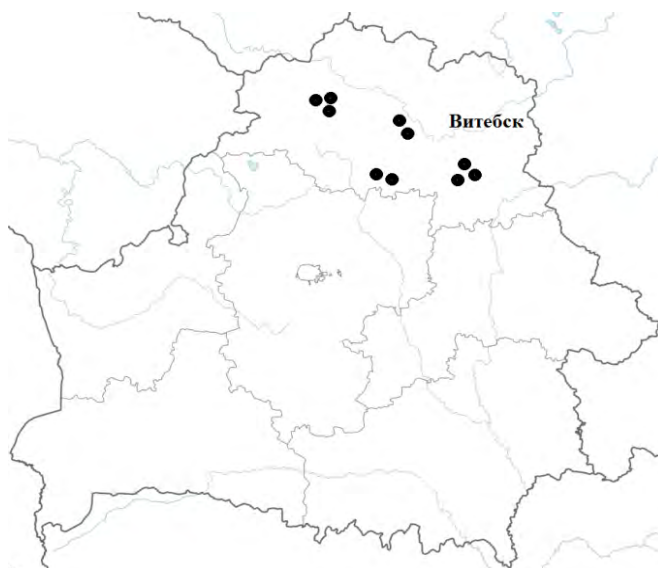


Рис. 1. Локализация стационаров исследований

Fig. 1. Study sites location

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате анализа измеренных фитоценоотических показателей установлено, что число видов растений в травяно-кустарничковом ярусе было невысоким и не различалось значимо ($p > 0,05$) в исследуемых трех типах сосновых лесов. Наиболее обычными в пределах яруса были

7–8 видов, в числе которых, наряду с кустарничками (*Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*) отмечены такие виды как *Pteridium aquilinum*, *Calamagrostis epigeios*, *Festuca ovina*, *Convallaria majalis*, *Viola canina*, *Knautia arvensis*, что свидетельствует о неширо-

ком спектре трофических ресурсов для фитофагов. Их проективное покрытие было невысоким и оказалось наибольшим в сосняках черничных. Самым высоким проективным покрытием в целом характеризовался травяно-кустарничковый ярус в сосняках вересковых, где отмечена и наибольшая высота яруса (табл. 1).

Среди измеренных фитоценологических показателей, как продемонстрировал анализ главных компонент, высокой корреляцией характеризовались только общее проективное покрытие яруса и проективное покрытие кустарничков, что вполне очевидно, так как в каждом типе леса кустарнички составляли основу травяно-кустар-

ничкового яруса (рис. 2). Дисперсия первых двух осей ординации (главных компонент PC1 и PC2) составляет 58,23% и 21,46% соответственно.

Анализ показателей разнообразия выявленных в травяно-кустарничковом ярусе жесткокрылых продемонстрировал, что наибольшее среднее число видов выявлено в местообитаниях с более высоким проективным покрытием травяно-кустарничкового яруса. В сосняках вересковых отмечено $17 \pm 0,67$ видов, в сосняках черничных – $15 \pm 1,16$, в сосняках брусничных – $10 \pm 0,96$ видов. При этом видовое богатство ассамблей жесткокрылых сосняков вересковых и черничных не различалось значимо ($p > 0,05$) (рис. 3а).

Таблица 1. Средние значения (\pm Ст. ошибка) фитоценологических показателей травяно-кустарничкового яруса в сосновых лесах

Table 1. Mean values (\pm SE) of phytocenotic parameters of the herb-shrub layer in the pine forests

Показатель	Тип леса		
	Сосняк вересковый ^а	Сосняк черничный ^б	Сосняк брусничный ^в
Число видов растений ^{н.з.}	$7 \pm 0,63$	$9 \pm 0,79$	$9 \pm 0,76$
Высота кустарничкового яруса (см) ***	$57 \pm 5,12^{б,в}$	$31 \pm 1,79^{а,б}$	$18 \pm 1,23^{а,б}$
Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса (%) ***	$41 \pm 3,81^{б,в}$	$31 \pm 1,79^{а,б}$	$21 \pm 2,39^{а,б}$
Проективное покрытие кустарничков (%) ***	$43 \pm 3,56^б$	$61 \pm 6,24^{а,б}$	$22 \pm 2,48^{а,б}$
Проективное покрытие трав (%) *	$3 \pm 0,58$	$5 \pm 1,14^в$	$2 \pm 0,34^б$

Примечание. Уровень статистической значимости на основе дисперсионного анализа (ANOVA/Kruskal–Wallis test): *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$. Парные сравнения выполнены с использованием апостериорных тестов (Тьюки или Данна); различные буквы (а, б, в) указывают значимые различия показателей на уровне $p < 0,05$, (н.з.) – нет значимых различий.
Note. Significance (ANOVA/Kruskal–Wallis test): *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$. Pairwise comparisons were done using the post hoc tests (Tukey's or Dunn's tests) and different letters (a,b,v) indicate significant differences between groups at $p < 0,05$.

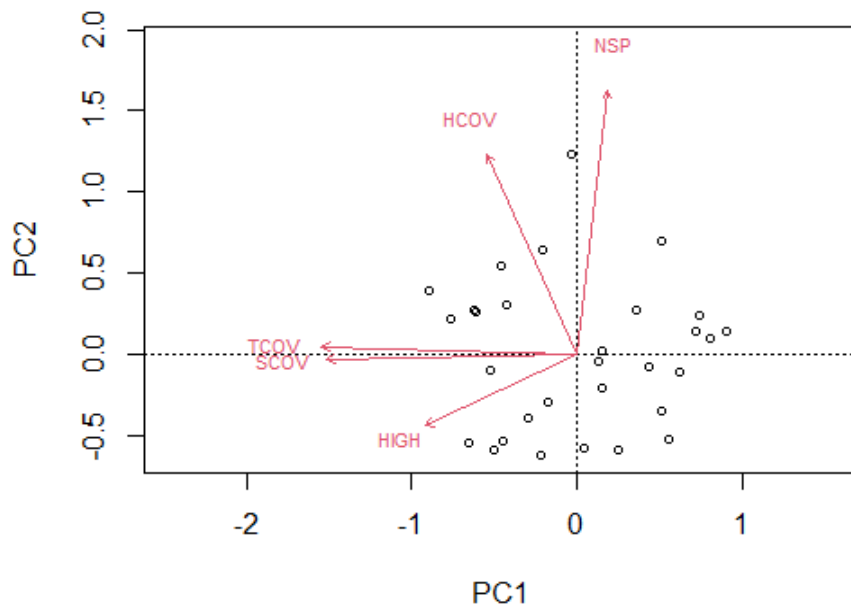


Рис. 2. Диаграмма ординации (PCA) измеренных фитоценологических показателей травяно-кустарничкового яруса в сосновых лесах

Fig. 2. Ordination diagram (PCA) of measured phytocenotic parameters of the herb-shrub layer in pine forests

Сходная тенденция изменчивости видового богатства выявлена и при использовании чисел Хилла ($q = 0$), в том числе на основе анализа экстраполяции с использованием кривых разрежения (рис. 4а). Как наблюдаемое (S_{obs}), так и потенциально возможное (S_{est}), установленное экстраполяцией, число видов наименьшее в сосняках брусничных. При этом в сосняках вересковых и черничных значимых различий S_{est} не наблюдается, так как доверительные интервалы соответствующих кривых перекрываются. Кроме того, предсказанное экстраполяцией на основе многократной генерации выборок ($Bootstrap = 199$) на базе имеющихся выборок, потенциально возможное число близко к наблюдаемому как в сосняках брусничных ($S_{est} = 16$), так и в сосняках вересковых ($S_{est} = 25$) и черничных ($S_{est} = 19$), что указывает на достаточность выборочных усилий выполненных полевых исследований. Это подтверждают и значения эстиматора видового богатства Chao2. В частности, для сосняков брусничных $Chao2 = 15 \pm 2,26$ видов, для сосняков вересковых $Chao2 = 21 \pm 1,49$ видов, для сосняков черничных $Chao2 = 24 \pm 3,63$ видов.

Показатели численности, на основе учетной плотности насекомых, продемонстрировали наиболее высокие показатели в местообитаниях с более высоким проективным покрытием травяно-кустарничкового яруса. В сосняках вересковых отмечено $173 \pm 8,10$ особи, в сосняках черничных – $169 \pm 26,37$ особей и в сосняках брусничных – $71 \pm 8,77$ особь. При этом учетная плотность жест-

кокрылых в сосняках вересковых и черничных не различалась значимо ($p > 0,05$) (рис. 3б).

Анализ разнообразия продемонстрировал сходную тенденцию. Наибольшим разнообразием, как по показателям индекса Шеннона ($q = 1$), так и по показателям инверсного индекса Симпсона ($q = 2$), отличались ассамблеи жесткокрылых сосняков вересковых, наименьшим – сосняков брусничных (рис. 4б, 4в).

Наиболее высокое разнообразие жесткокрылых в сосняках вересковых обусловлено широкой группой видов с высоким относительным обилием, среди которых эудоминантом был только вид *Lochmaea suturalis* (55,46% от всех выявленных жесткокрылых в данном местообитании), субдоминантами – *Coccinella hieroglyphica* (10,46%), *Lagria hirta* (8,72%) и *Strophosoma capitatum* (7,90%). Всего в сосняках вересковых отмечено 5 видов, представленных в сборах 1–2 особями. В сосняках черничных выявлено два эудоминанта *Strophosoma capitatum* (46,86%) и *Lagria hirta* (25,08%), субдоминантами являлись *Athous subfuscus* (7,69%) и *Cryptocephalus labiatus* (4,61%). Отмечено 7 видов, представленных в сборах 1–2 особями. В сосняках брусничных преобладали 2 вида *Strophosoma capitatum* (59,49%) и *Lochmaea suturalis* (23,51%), на долю которых приходилось 83% всех зарегистрированных особей жесткокрылых. Единственным субдоминантом был *Athous subfuscus* (4,53%). Видов, представленных в сборах 1–2 особями, отмечено 6 (табл. 2).

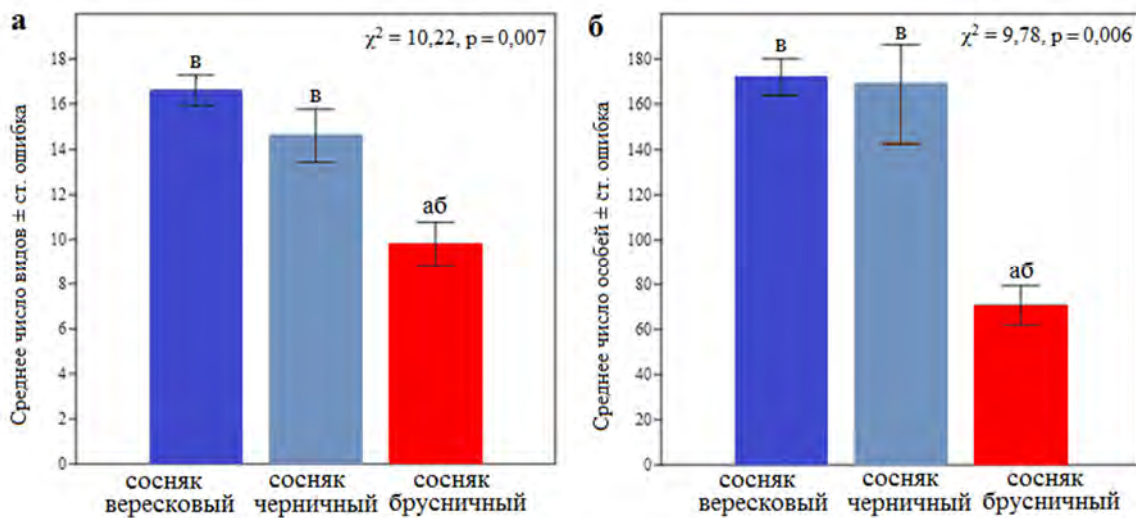


Рис. 3. Видовое богатство и численность (учетная плотность) и жесткокрылых травяно-кустарничкового яруса в сосновых лесах. Парные сравнения выполнены с использованием апостериорных тестов (Данна); различные буквы (а, б, в) указывают значимые различия на уровне $p < 0,05$

Fig. 3. Species richness and abundance of Coleoptera of the herb-shrub layer in pine forests. Pairwise comparisons were made using post hoc tests (Dunn); different letters (a, б, в) indicate significant differences at the $p < 0,05$ level

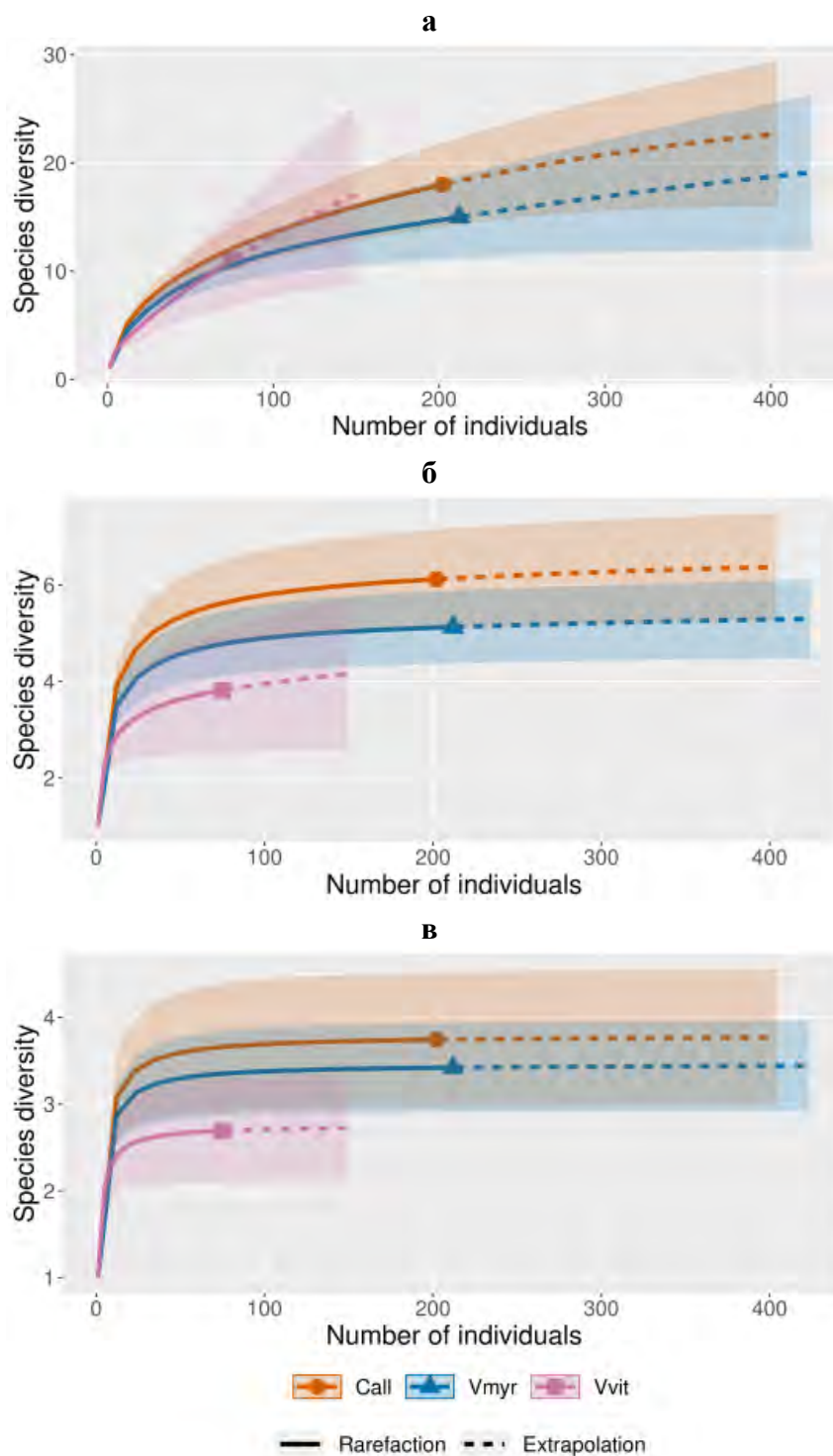


Рис. 4. Кривые разрежения (сплошная линия) и экстраполяции (пунктирная линия) на основе чисел Хилла ассамблей жесткокрылых травяно-кустарничкового яруса сосновых лесов а (q_0 – видовое богатство), б (q_1 – экспоненциальный индекс Шеннона), в (q_2 – инверсный индекс Симпсона); области ниже и выше кривых представляют собой стандартные отклонения; Call – *Pinetum callunosum*, Vmyr – *Pinetum myrtillosum*, Vvit – *Pinetum vaccinosum*

Fig. 4. Rarefaction curves (solid line) and extrapolation (dashed line) based on Hill numbers of assemblages of coleoptera of the herb-shrub layer of pine forests а (q_0 – species richness), б (q_1 – exponential Shannon index), в (q_2 – inverse Simpson index); the areas below and above the curves represent standard deviations; Call – *Pinetum callunosum*, Vmyr – *Pinetum myrtillosum*, Vvit – *Pinetum vaccinosum*

Таблица 2. Относительное обилие (%) жесткокрылых травяно-кустарничкового яруса в сосновых лесах

Table 2. Relative abundance (%) of coleoptera of the herbaceous-shrub layer in pine forests

Семейство, вид	Аббревиатура названия вида	Сосняк вересковый	Сосняк черничный	Сосняк брусничный
Scirtidae				
<i>Cyphon spp.</i>	Cyp spp	0	0,35	0
<i>C. variabilis</i> (Thunberg, 1787)	Cyp var	0	0,23	2,83
Elateridae				
<i>Ampedus balteatus</i> (Linnaeus, 1758)	Amp bal	0,69	0	0
<i>Athous subfuscus</i> (Muller, 1764)	Ath sub	1,0	7,69	4,53
<i>Dalopius marginatus</i> (Linnaeus, 1758)	Dal mar	0,93	0,82	2,54
<i>Prosternon tessellatum</i> (Linnaeus, 1758)	Pro tes	0,46	0	0
<i>Sericus brunneus</i> (Linnaeus, 1758)	Ser bru	2,79	0	0
Cantharidae				
<i>Cantharis fulvicollis</i> (Fabricius, 1792)	Can ful	0,11	0	0
<i>C. pallida</i> Goeze, 1777	Can pal	0,23	0	0
<i>Malthinus biguttatus</i> (Linnaeus, 1758)	Mal big	0	0,23	0
<i>Rhagonycha elongata</i> (Fallen, 1807)	Rha elo	2,44	0	0
<i>Rh. lignosa</i> (Müller, 1764)	Rha lig	0	0	0,56
Dasytidae				
<i>Dasytes plumbeus</i> (Müller, 1776)	Das plu	0	0,35	0
Coccinellidae				
<i>Chilocorus bipustulatus</i> (Linnaeus, 1758)	Chi bip	0	0,47	0
<i>Ch. renipustulatus</i> (Scriba, 1790)	Chi ren	3,48	3,31	0,28
<i>Coccinella hieroglyphica</i> Linnaeus, 1758	Coc hie	10,46	0,94	0
<i>C. septempunctata</i> Linnaeus, 1758	Coc sep	0,23	0,35	0
<i>Coccinulla quatuordecimpustulata</i> (Linnaeus, 1758)	Coc qua	0	0,11	0
<i>Exohomus quadripustulata</i> (Linnaeus, 1758)	Exo qua	0	0,23	0
<i>Hippodamia tredecimpunctata</i> (Linnaeus, 1758)	Hip tre	0,23	0	0
<i>Myzia oblongoguttata</i> (Linnaeus, 1758)	Myz obl	0	0	1,13
<i>Psyllobora vigintiduopunctata</i> (Linnaeus, 1758)	Psy vig	1,51	3,78	1,13
Oedemeridae				
<i>Chrysanthia geniculata</i> Heyden, 1877	Chr gen	1,39	0	0
Tenebrionidae				
<i>Lagria hirta</i> (Linnaeus, 1758)	Lag hir	8,72	25,08	0,56
Cerambycidae				
<i>Corymbia sanguinolenta</i> (Linnaeus, 1761)	Cor san	0,23	0	0
<i>Stenurella melanura</i> (Linnaeus, 1758)	Ste mel	0,34	0	0
Chrysomelidae				
<i>Agelastica alni</i> (Linnaeus, 1758)	Age aln	0,46	0	0
<i>Aphthona euphorbiae</i> (Schrank, 1781)	Aph eup	0	0,82	1,41
<i>Chaetocnema tibialis</i> Illiger, 1807	Cha tib	0	0,47	0
<i>Cryptocephalus labiatus</i> (Linnaeus, 1761)	Cry lab	0,81	4,61	0
<i>Galerucella lineola</i> (Fabricius, 1781)	Gal lin	0	0	0,28
<i>Lochmaea suturalis</i> (Thomson, 1866)	Loc sut	55,46	2,01	23,51
<i>Longitarsus parvulus</i> (Paykull, 1799)	Lon par	0	0	0,56
<i>Mniophila muscorum</i> (Koch, 1803)	Mni mus	0	0,47	0
<i>Phyllotreta vittata</i> (Fabricius, 1801)	Phy vit	0	0,11	0
<i>Ph. vittula</i> (Redtenbacher, 1849)	Phi vit	0	0	0,84
Apionidae				
<i>Apion fulvipes</i> (Geoffroy, 1785)	Api ful	0	0,11	0
Curculionidae				
<i>Brachonyx pineti</i> (Paykull, 1792)	Bra pin	0	0,35	0
<i>Otiorhynchus scaber</i> (Linnaeus, 1758)	Oti sca	0	0	0,28
<i>Phyllobius pyri</i> (Linnaeus, 1758)	Phy pir	0	0,11	0
<i>Strophosoma capitatum</i> (DeGeer, 1775)	Str cap	7,90	46,86	59,49

Анализ β -разнообразия продемонстрировал высокие значимые различия (PERMANOVA; $F=22,5$, $p=0,0001$) видового состава жесткокрылых в травяно-кустарничковом ярусе всех исследуемых типов сосновых лесов.

При исследовании приуроченности жесткокрылых к ярусу с преобладанием определенного вида кустарничков отмечено, что наибольшее число видов ассоциировано с *Calluna vulgaris* (6). С *Vaccinium myrtillus* высокую степень связи продемонстрировали 4 вида. Среди жесткокрылых, зарегистрированных на *Vaccinium vitis-idaea*, установлен такой 1 вид (рис. 5). Следует отметить, что *Vaccinium myrtillus* сбрасывает листья в конце сезона, что делает ее менее привлекательной для листогрызущих насекомых в начале весны. В частности, наибольшая учетная плотность верескового листоеда (*Lochmaea suturalis*) в апреле и начале мая, когда начинается лет данного вида, зимующего на стадии имаго, отмечена на вереске и *Vaccinium vitis-idaea*. *Lochmaea suturalis* зарегистрирована в наших сборах и на *Vaccinium myrtillus*, но в более поздние сроки на побегах с листьями. Невысокая степень приуроченности установленных жесткокрылых к *Vaccinium vitis-idaea*, по всей видимости, обусловлена использованием данного вида как кормового ресурса в основной весенний период, так как она не сбрасывает листья как *Vaccinium myrtillus*. В последующие периоды учетная плотность жесткокрылых возрастает на других кустарничках. С

травяно-кустарничковым ярусом с преобладанием *Calluna vulgaris* наиболее ассоциированы фитофаги *Lochmaea suturalis* (IndVal=82,62, $p=0,03$), *Chrysanthia geniculata* (IndVal=80,22, $p=0,03$), *Sericus brunneus* (IndVal=80,22, $p=0,03$), *Ampedus balteatus* (IndVal=78,42, $p=0,04$) и зоофаги *Rhagoxycha elongata* (IndVal=89,36, $p=0,04$) и *Coccinella hieroglyphica* (IndVal=82,67, $p=0,03$). Среди данных видов *Calluna vulgaris* питаются личинки и имаго листоеда *Lochmaea suturalis* [23, 24]. Полифаг *Chrysanthia geniculata* питается пыльцой и нектаром на генеративных побегах *Calluna vulgaris*, который отличается наибольшей площадью соцветий в ряду исследуемых кустарничков [23]. Щелкуны *Sericus brunneus* и *Ampedus balteatus*, как показали другие исследования, являются обитателями травяно-кустарничкового яруса на верховых болотах [25]. Данные виды являются широкими полифагами, личинки которых развиваются в подстилке и моховом ярусе различных типов лесов, включая сосновые [26]. В числе выявленных зоофагов божья коровка *Coccinella hieroglyphica* в Европе топически ассоциирована с верещатниками [23], а также травяно-кустарничковым ярусом на верховых болотах [25]. Она питается тлями, в том числе вересковой тлей (*Aphis callunae*) и способствует естественной регуляции численности этого вида, а также яйцами и личинками листоедов [23], среди которых наиболее многочисленный на вереске вид *Lochmaea suturalis*.

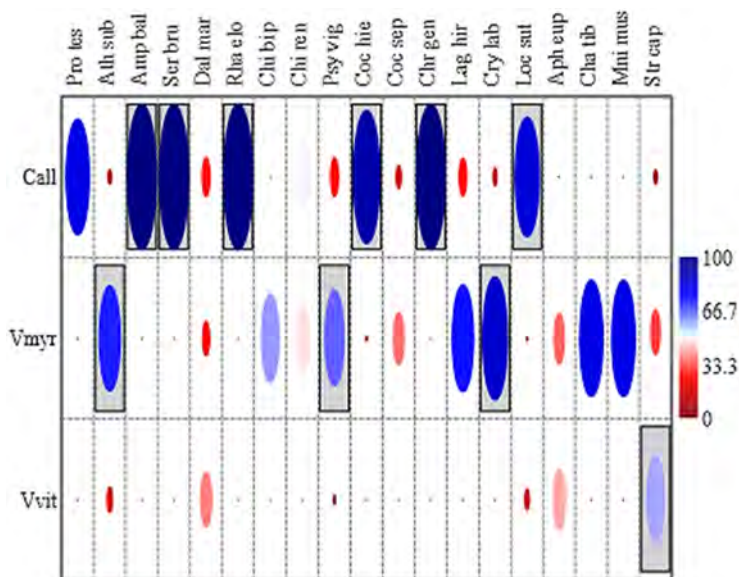


Рис. 5. Анализ индикаторной значимости (IndVal%) видов жесткокрылых травяно-кустарничкового яруса в сосновых лесах:

Call – *Pinetum callunosum*, Vmyr – *Pinetum myrtillosum*, Vvit – *Pinetum vaccinosum*; виды со значениями выше 70% (синие тона) – лучшие индикаторы; серые прямоугольники обозначают виды со значимыми IndVal ($p < 0,05$)

Fig. 5. Analysis of the indicator value (IndVal%) of beetle species of the herb-shrub layer in pine forests: Call – *Pinetum callunosum*, Vmyr – *Pinetum myrtillosum*, Vvit – *Pinetum vaccinosum*; species with values above 70% (blue tones) are the best indicators; gray rectangles indicate species with significant IndVal ($p < 0.05$)

С травяно-кустарничковым ярусом с преобладанием *Vaccinium myrtillus* ассоциированы *Cryptocephalus labiatus* (IndVal=84,78, $p=0,01$), *Athous subfuscus* (IndVal=72,22, $p=0,01$), *Psyllobora vigintiduopunctata* (IndVal=65,31, $p=0,04$). Среди данных видов листоед *Cryptocephalus labiatus*, согласно литературным данным, питается *Vaccinium myrtillus* и другими кустарничками рода *Vaccinium* [24]. Имаго щелкуна *Athous subfuscus*, населяющего различные лесные биоценозы, является широким полифагом [23]. Божья коровка *Psyllobora vigintiduopunctata* играет важную роль в лесных биоценозах с высокой долей ягодников, так как питается грибами и, в частности, мучнистой росой [26].

С травяно-кустарничковым ярусом с преобладанием *Vaccinium vitis-idaea* ассоциирован долгоносик *Strophosoma capitatum* (IndVal=58,75, $p=0,01$). *Strophosoma capitatum* также является широким полифагом. В спектре его питания присутствуют *Pinus sylvestris* и кустарнички рода *Vaccinium* [23]. Личинки данного вида питаются корнями *Calluna vulgaris*, что объясняет его находки и в сосняках вересковых [26].

Канонический анализ соответствий показал, что используемые фитоценотические параметры

объяснили 83,26% и 14,85 % общей дисперсии для двух первых канонических осей (ССА1 и ССА2) соответственно, что указывает на их значительное влияние на учетную плотность жесткокрылых в травяно-кустарничковом ярусе. Так как выявлена корреляция между общим проективным покрытием яруса и покрытием кустарничков, последний показатель исключен из анализа (рис. 6). Наиболее высокое влияние на учетную плотность видов *Prosternon tessellatum*, *Sericus brunneus*, *Ampedus balteatus*, *Rhagonycha elongata*, *Coccinella hieroglyphica*, *Chrysanthia geniculata*, *Lochmaea suturalis* оказала высота травяно-кустарничкового яруса, что может быть обусловлено как фитомассой надземных органов, пригодных для питания фитофагов, так и связью с микроклиматическими условиями и инсоляцией в данном ярусе.

Зависимость от числа видов растений яруса продемонстрировали *Athous subfuscus*, *Aphthona euphorbiae*, *Strophosoma capitatum*, что вполне предсказуемо, так как данные виды являются полифагами. *Dalopius marginatus* и *Phyllotreta vittula*, в трофическом спектре которых присутствуют травянистые растения [23], показали отчетливую приуроченность к изменчивости площади

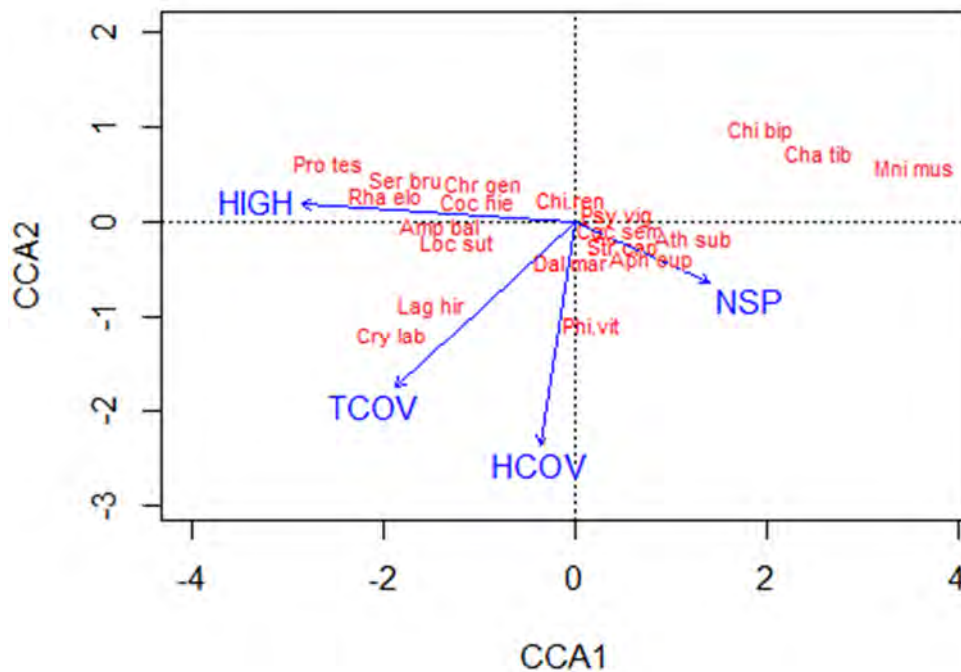


Рис. 6. Диаграмма ординации (ССА) измеренных фитоценологических показателей и обилия жесткокрылых травяно-кустарничкового яруса в сосновых лесах
HIGH – высота яруса, TCOV – общее проективное покрытие яруса, HCOV – проективное покрытие трав;
NSP – число видов растений яруса (полные названия видов в см. табл. 2)

Fig. 6. Ordination diagram (CCA) of measured phytocenotic parameters and abundance of beetles of the herb-shrub layer in pine forests
HIGH – height of the layer, TCOV – total cover of the layer, HCOV – cover of herbs;
NSP – number of plant species in the layer (full species names in table 2)

проективного покрытия трав. Тогда как фитофаги *Cryptocephalus labiatus* и *Lagria hirta* были в наибольшей степени связаны с площадью проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса в целом. Кроме того, следует обратить внимание на божьих коровок *Chilocorus renipustulatus*, *Coccinella septempunctata* и *Psyllobora vigintiduopunctata*, которые играют важную роль в цепях питания как консументы второго порядка. Данные виды не продемонстрировали приуроченности к анализируемым фитоцено-

тическим показателям, так как они расположены на диаграмме ординации вблизи начала координат. На их численность и распределение в травяно-кустарничковом ярусе, по всей видимости, влияют факторы, не связанные с анализируемыми фитоценотическими показателями. К таким видам следует отнести и *Chilocorus bipustulatus*, *Chaetocnema tibialis* и *Mniophila muscorum*, координаты которых расположены на диаграмме ординации вдали от векторов, соответствующих анализируемым экологическим переменным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований в сосновых лесах в Белорусском Поозерье была выявлена важная роль видового состава и структуры травяно-кустарничкового яруса для разнообразия жесткокрылых насекомых, которые являются одними из наиболее многочисленных консументов данного яруса лесных экосистем среди беспозвоночных животных. Важность анализируемых фитоценологических показателей, таких как высота яруса, видовой состав и проективное покрытие яруса обусловлена тем, что они наряду с абиотическими факторами участвуют в формировании специфических микроклиматических условий, а также предоставляют кормовые ресурсы для многих консументов.

Анализ α -разнообразия ассамблей жесткокрылых продемонстрировал, что наибольшее видовое богатство, показатели численности и значения индексов разнообразия (числа Хилла $q=1$ и $q=2$) выявлены в сосняках вересковых и черничных. В сосняках брусничных данные показатели были значимо ($p>0,05$) ниже. В ходе анализа β -разнообразия отмечены высокие значимые раз-

личия (PERMANOVA; $F=22,5$, $p=0,0001$) видового состава жесткокрылых в травяно-кустарничковом ярусе исследуемых типов сосновых лесов. Это свидетельствует о том, что структурная организация фитоценоза, в которой преобладает один из видов кустарничков (*Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*) играет важную роль в формировании условий местобитания жесткокрылых и, как следствие, дифференциации их разнообразия и видового состава. Отдельные жесткокрылые проявили высокую степень приуроченности к ярусу с преобладанием определенного вида кустарничков. Среди них особое значение имеют виды с высоким относительным обилием, которые являются фитофагами и могут быть вредителями вегетативных и генеративных органов растений. Это такие виды как *Lochmaea suturalis*, *Cryptocephalus labiatus* и *Strophosoma capitatum*. Наибольшее число видов жесткокрылых, в том числе и с высоким обилием, на основании ординационного анализа (ССА) продемонстрировали зависимость от высоты яруса, а также от числа видов растений в травяно-кустарничковом ярусе.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 годы в рамках подпрограммы 10.2 «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», задания 2.01 № ГР 20210710 от 14.04.2021.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ловчий, Н. Ф. Кадастр типов сосновых лесов Белорусского Поозерья / Н. Ф. Ловчий, А. В. Пучило, В. Д. Гучевич. – Минск : Беларус. навука, 2009. – 194 с.
2. Гельтман, В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В. С. Гельтман. – Минск: Наука и техника, 1982. – 328 с.
3. Цвирко, Р. В. Современное состояние и динамика сосновой формации подзоны грабово-дубово-темнохвойных лесов Беларуси / Р. В. Цвирко // Природные ресурсы. – 2011. – № 1. – С. 64–72.
4. Орлов, А. Я. Почвенная экология сосны / А. Я. Орлов, С. П. Кошельков. – М.: Наука, 1971. – 323 с.
5. Мазинг, В. В. Консорции как элементы функциональной структуры биоценозов / В. В. Мазинг // Труды Московского общества испытателей природы. – М., 1966. – С. 127–177.
6. Литвинова, А. Н. Насекомые сосновых лесов / А. Н. Литвинова, Т. П. Панкевич, Р. В. Молчанова. – Минск: Наука і тэхніка, 1985. – 152 с.

7. Яхонтов, В. В. Экология насекомых / В. В. Яхонтов. – М., 1964. – 460 с.
8. Microclimate in Mediterranean pine forests: What is the influence of the shrub layer? / B. Prévosto [et al.] // *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2020. – P. 282–283. DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.107856.
9. Effects of structural heterogeneity on the diurnal temperature range in temperate forest ecosystems / M. Ehbrecht [et al.] // *Seidel Forest Ecology and Management*. – 2019. – V. 432. – P. 860–867.
10. Хохлова, О. И. Таксономический состав комплексов насекомых (Insecta: Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera) дикорастущих ягодников семейства брусничных (Vacciniaceae) Белорусского Поозерья / О. И. Хохлова // *Веснік ВДУ*. – 2017. – № 3 (96). – С. 42–48.
11. Хохлова, О. И. Экологическая характеристика комплексов жесткокрылых насекомых (Insecta: Coleoptera) в консорциях черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus*), брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea*) и голубики топяной (*Vaccinium uliginosum*) в Белорусском Поозерье / О. И. Хохлова // *Веснік ГрДУ. Серыя 5. Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія*. – 2019. – Т. 9, № 2. – С. 150–157.
12. Sushko, G. G. Taxonomic composition and species diversity of insect assemblages in grass–shrub cover of peat bogs in Belarus / G. G. Sushko // *Contemporary Problems of Ecology*. – 2017. – Vol. 10, № 3. – P. 259–270.
13. Sushko, G. G. Diversity and species composition of beetles in the herb–shrub layer of a large isolated raised bog in Belarus / G. G. Sushko // *Mires and Peat*. – 2017. – Vol. 19, № 10. – P. 1–14.
14. Бузук, Г. Н. Методы учета проективного покрытия растений: сравнительная оценка с использованием фото площадок / Г. Н. Бузук, О. В. Созинов // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2014. – Т. 1, № 5 (5). – С. 1644–1649.
15. McCune, B. Analysis of ecological communities. / B. McCune, J. B. Grace // *MjM Software Design*. – Glenden Beach, 2002. – 98 p.
16. Chao, A. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies / A. Chao, N. J. Gotelli, R. K. Colwell // *Ecological Monographs*. – 2014. – N 84. – P. 45–67.
17. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages / R. K. Colwell [et al.] // *Journal of Plant Ecology*. – 2012. – N 5. – P. 3–12.
18. Dufrene, M. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach / M. Dufrene, P. Legendre // *Ecological Monographs*. – 1997. – № 67. – P. 345–366.
19. Engelmann, H.-D. Zur Dominanz klassifizierung von Boden art ropoden / H.-D. Engelmann // *Pedobiologia*. – 1978. – Bd. 18, Hf. 5/6. – S. 378–380.
20. R Core Team. R: a language and environment for statistical computing. Version 4.0.5 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.R-project.org>. – Date of access: 01.07.2023.
21. Hammer, O. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis / O. Hammer, D. A. T. Harper, P. D. Ryan // *Palaeontologia Electronica*. – 2001. – P. 4–9.
22. Anne Chao's Website (2020) iNEXT software [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.chao.shinyapps.io/iNEXT>. – Date of access: 21.08.2023.
23. Database of Insects and their Food Plants [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.brc.ac.uk>. – Date of access: 9.05.2023.
24. Лопатин, И. К. Насекомые Беларуси: листоеды (Coleoptera, Chrysomelidae) / И. К. Лопатин, О. Л. Нестерова. – Минск: Технопринт, 2005. – 318 с.
25. Сушко, Г. Г. Современное состояние и эколого-таксономическая структура сообществ насекомых верховых болот Белорусского Поозерья / Г. Г. Сушко. – Минск: БГУ, 2017. – 207 с.
26. Coleoptera Poloniae. Information System about Beetles of Poland [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.coleoptera.ksib.pl>. – Date of access: 24.09.2023.

Поступила в редакцию 08.01.2024 г.

МИКОЛОГИЯ И ФИТОПАТОЛОГИЯ MYCOLOGY AND PHYTOPATHOLOGY

УДК 582.282.112(476)

Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА¹, В. Б. ЗВЯГИНЦЕВ², Т. Г. ШАБАШОВА¹, А. Г. ПРОХОРОВА²

ИНВАЗИВНЫЕ ДЕНДРОПАТОГЕНЫ В СОСТАВЕ МИКОБИОТЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ПРИПЯТСКИЙ»

¹*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: tiniti@inbox.ru*

²*Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь, e-mail: zviagintsev@belstu.by*

Аннотация. На территории национального парка (НП) «Припятский» выявлено 117 видов микромицетов, приуроченных в своем развитии к древесным породам. Впервые идентифицировано 25 видов. К инвазивным и потенциально инвазивным дендропатогенам нами отнесено 12 видов микромицетов, 8 из которых не отмечались на данной территории ранее. Оценка вероятности проникновения новых карантинных фитопатогенов осуществлялась методом компьютерного моделирования в среде Maxent. Построенные модели показали, что наиболее высокая вероятность инвазии у ржавчинного гриба *Melampsora medusae*, в числе угрожаемых направлений – НП «Припятский».

Ключевые слова: инвазивные дендропатогены, микромицеты, микобиота ООПТ, таксономический анализ, молекулярно-генетические методы идентификации, Maxent

D. B. BELOMESYATSEVA¹, V. B. ZVIAGINTSEV², T. G. SHABASHOVA¹, A. G. PROKHARAVA²

INVASIVE DENDROPATHOGENS IN THE NATIONAL PARK "PRIPYATSKY" MYCOBIOTA COMPOSITION

¹*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: tiniti@inbox.ru*

²*Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, e-mail: zviagintsev@belstu.by*

Annotation. On the territory of the Prip'yatsky National Park, 117 species of micromycetes were found, their development confined to tree species. For the first time, 25 species were identified. We classified 12 species of micromycetes as invasive and potentially invasive dendropathogens, 8 of which had not been recorded in this area before. The probability of penetration of new quarantine phytopathogens was assessed using computer modeling in the Maxent environment. The constructed models showed that the rust fungus *Melampsora medusae* has the highest probability of invasion, and the main threatened area is the Prip'yatsky NP.

Keywords: invasive dendropathogens, micromycetes, mycobiota of protected areas, taxonomic analysis, molecular genetic identification methods, Maxent.

ВВЕДЕНИЕ

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) играют важную роль в сохранении биоразнообразия экосистем. Одну из серьезных угроз для биоразнообразия представляет инвазия чужеродных организмов. Фитопатогены могут распространяться через почву, воздушные потоки, воду, путем контакта между растениями, в

питомниках с зараженным посадочным материалом. Способность фитопатогенов вызывать различные болезни у растений может привести к их ослаблению и даже к гибели. Неконтролируемое распространение патогенных грибов на ООПТ способно существенно изменить местные экосистемы, элиминируя отдельные виды сосудистых

растений и вызывая перестройку структуры сообществ и взаимодействия в фитоценозах.

В 2007–2012 гг. сотрудниками Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси были проведены масштабные исследования грибов различных таксономических групп в составе микобиоты национального парка (НП) «Припятский», завершившиеся опубликованием монографии [1]. При гербаризации дендрофильных микромицетов основное внимание уделяли тем группам микроскопических грибов, которые до этого

на территории парка не изучались, а именно пирено- и дискомицетам, а также дейтеромицетам. Ранее, в конце 1980-х – начале 1990 гг. сотрудником кафедры ботаники Белорусского государственного университета И. С. Гириловичем изучены пероноспоровые, мучнисторосяные и ржавчинные грибы НП «Припятский» [2].

Современные исследования позволили дополнить чек-лист микромицетов и выявить ряд инвазивных и потенциально инвазивных видов, включая вид, входящий в перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящем исследовании объектами являются инвазивные микромицеты, развивающиеся на древесных породах. Сбор гербарных образцов проводили в 2021–2023 гг. в Гомельской области (в т.ч. на территории НП «Припятский» сотрудниками Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси и Белорусского государственного технологического университета. Материал гербаризировали по стандартным методикам [3]. Диагностику осуществляли по анатомо-морфологическим и культуральным признакам методом световой микроскопии.

Молекулярно-генетическую идентификацию патогенов проводили в Научной отраслевой лаборатории защиты леса (НОЛЗЛ) Белорусского государственного технологического университета в случаях, когда симптоматическая картина и другие методы не позволяли однозначно определить вид патогена. Использовали методологическую последовательность, которая включала следующие этапы: выделение ДНК, классическую ПЦР, секвенирование по Сенгеру, обработку нуклеотидных последовательностей в программе BioEdit и базе данных NCBI.

Для выделения ДНК из древесины использовали набор DNEasy Plant Mini Kit (Qiagen). С выделенными образцами ДНК проводили классическую ПЦР. Для амплификации ДНК использовали праймеры PA-F/PA-R (Ioos, 2005), которые амплифицируют продукт от 450 п.о. Смесь реак-

тивов для постановки одной реакции объемом 25 мкл содержала: 16 мкл свободной от РНК и ДНК воды, 5 мкл 5X ПЦР буфера MasDDTaqMIX–2025 (ООО «Диалат ЛТД», Москва), по 1 мкл каждого праймера (10мкМ) и 2 мкл целевой ДНК. Температурно-временные параметры амплификации для праймеров ITS 4/ITS 5 включали: денатурацию 95°C – 3 мин., далее 40 циклов, состоящих из денатурации 95°C – 30 сек., отжига праймеров 58°C – 30 сек., элонгации 72°C – 60 сек.; финальный досинтез 72°C – 10 мин.; хранение при +40°C. Результаты амплификации регистрировали после проведения электрофореза в 1,5% агарозном геле, окрашенном бромистым этидием в гель-документирующей системе Gel Doc XR+ (Bio-Rad). Размер продукта ПЦР измеряли, используя маркеры молекулярного веса GeneRuler™ 100+ п.н. и Fast Ruler™ (Fermentas). ПЦР продукты, предназначенные для секвенирования, очищали с помощью коммерческого набора QIAquick PCR Purification Kit (Qiagen). Реакцию секвенирования проводили с применением реагентов BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems) согласно инструкции производителя, с последующим разделением фрагментов на генетическом анализаторе 3500 Applied Biosystems [4–6].

Латинские названия грибов даны в соответствии с Международной глобальной базой данных Index Fungorum [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В монографии 2012 г. на древесных породах НП «Припятский» указано 92 вида микромицетов, все приведенные виды таксономически относились к аскомицетам в анаморфной и телеоморфной стадии. Среди них имелись инвазивные дендропатогены *Erysiphe alphitoides* (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam. и *Ophiostoma complex*. Крупнейшим белорусским специалистом по мучнисторосяным и ржавчинным грибам, И. С.

Гириловичем, в статье [2] упоминаются такие инвайдеры как *Coleosporium tussilaginis* (Pers.) Lév., *Erysiphe alphitoides*, *Melampsorium betulinum* (Pers.) Kleb.

Проведенные в 2021–2023 гг. исследования позволили дополнить список дендрофильных микромицетов 25 новыми видами, 8 из которых относится к числу инвазивных: *Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter, *Dothistro-*

ma septosporum (Dorog.) M. Morelet, *Erysiphe flexuosa* (Peck) U. Braun & S. Takam., *Gymnosporangium sabinae* (Dicks.) G. Winter, *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya, *Passalora juniperina* (Georgescu & Badaea) H. Solheim, *Phyllosticta paviae* Desm., *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk.

Таким образом, идентифицировано 117 видов, большинство из которых относятся к аскомицетам, из них 62 вида представляют собой телеоморфы и 53 вида относятся к грибам в анаморф-

ной стадии. По одному виду относится к базидиальным ржавчинным грибам и к оомицетам. Видовая насыщенность родов – 1–2 вида. Большинство анаморфных грибов относится к группе микромицетов с гифальным типом спороношения (табл. 1).

Как видно из приведенной таблицы, преобладают в составе микобиоты аскомицеты в телеоморфной (62) и анаморфной стадии (53), причем наибольшее количество видов (37) относится к гифомицетам.

Таблица 1. Таксономическая структура дендрофильных микромицетов в национальном парке «Припятский»

Table 1. Taxonomic structure of dendrophiling micromycetes in Prip'yatsky National Park

Классы, подклассы, порядки	Семейства / роды (число видов)
Аскомицеты	
Sordariomycetes	
Sordariomycetidae:	
Chaetosphaeriales	Chaetosphaeriaceae / Chaetosphaeria Tul. & C. Tul. (1)
Diaporthales	Gnomoniaceae / Ditopella De Not. (1), Gnomonia Ces. & De Not. (1), Pseudovalsaceae / Pseudovalsa Ces. & De Not. (1), Valsaceae / Valsa Fr. (2), Valsella Fuckel (1), Incertae sedis / Botryosphaerostroma Petr. & Syd. (1)
Ophiostomatales	Ophiostomataceae / Ophiostoma Syd. & P. Syd. (1)
Phyllachorales	Phyllachoraceae / Polystigma DC. (1)
Sordariales	Chaetomiaceae / Chaetomium Kunze (1)
Trichosphaeriales	Trichosphaeriaceae / Trichosphaeria Fuckel (1)
Hypocreomycetidae:	
Coronophorales	Bertiaceae / Bertia De Not. (1), Nitschkiaceae / Coronophora Fuckel (1)
Hypocreales	Nectriaceae / Nectria (Fr.) Fr. (3), Thyronectria Sacc. (1)
Xylariomycetidae:	
Xylariales	Diatrypaceae / Diatrype Fr. (1), Eutypa Tul. & C. Tul. (1), Xylariaceae / Hypoxylon Bull. (1)
Leotiomycetes	
Leotiomycetidae:	
Erysiphales	Erysiphaceae / Erysiphe R. Hedw. ex DC. (4), Phyllactinia Lév. (1)
Helotiales	Incertae sedis / Bisporella Sacc. (1), Hyaloscyphaceae / Cistella Qué. (1), Hymenoscyphus Gray (2), Lachnum Retz. (1), Phialea (Fr.) Gillet (1), Mollisiaceae / Mollisia (Fr.) P. Karst. (2), Ploettnerulaceae / Pyrenopeziza Fuckel (1)
Marthamycetales	Marthamycetaceae / Cyclaneusma DiCosmo, Peredo & Minter (1)
Rhytismatales	Rhytismataceae / Coccomyces De Not. (1), Colpoma Wallr. (1), Lophodermium Chevall. (3), Rhytisma Fr. (1)
Orbiliomycetes	
Orbiliomycetidae:	
Orbiliales	Orbiliaceae / Orbilia Fr. (2)
Dothideomycetes	
Dothideomycetidae:	
Dothideales	Dothideaceae / Dothidea Fr. (1), Dothioraceae / Dothiora Fr. (1)
Hysteriales	Hysteriaceae / Hysterium Pers. (2), Hysterobrevium E. Boehm & C.L. Schoch (1)
Mycosphaerellales	Mycosphaerellaceae / Dothistroma Hulbary (1)
Incertae sedis	Incertae sedis / Otthia Nitschke ex Fuckel (1)
Pleosporomycetidae:	
Pleosporales	Fenestellaceae / Fenestella Tul. & C. Tul. (1), Incertae sedis / Herpotrichia Fuckel (1), Leptosphaeriaceae / Leptosphaeria Ces. & De Not. (2), Massariaceae / Massaria De Not. (1), Melanommataceae / Melanomma Nitschke ex Fuckel (1), Mytiliniaceae / Lophium Fr. (1), Mytilinidion Duby (2), Pleosporaceae / Pleospora Rabenh. ex Ces. & De Not. (1), Pleomassariaceae / Splanchnonema Corda (1)

Классы, подклассы, порядки	Семейства / роды (число видов)
Arthoniomycetes	
<i>Arthoniomycetidae:</i>	
Arthoniales	Roccellaceae / Lecioglyphia A. Massal. (1)
Всего	62
Базидиомицеты	
Pucciniomycetes	
Pucciniales	Gymnosporangiaceae / Gymnosporangium R. Hedw. ex DC. (1)
Всего	1
Оомицеты	
Peronosporales	Peronosporaceae / Phytophthora de Bary (1)
Всего	1
Анаморфная стадия аскомицетов	
Hyphomycetes	
	Acremonium Link (2), Actinocladium Ehrenb. (1), Alternaria Nees (1), Arthrotrichum Corda (1), Aureobasidium Viala & G. Boyer (1), Bactrodesmium Cooke (1), Botrytis P. Micheli (1), Brachysporium Sacc. (1), Chalara (Corda) Rabenh. (1), Cheirospora Moug. & Fr. (1), Cladosporium Link (3), Dictyosporium Corda (1), Endophragmia Duvernoy & Maire (1), Epicoccum Link (1), Fusidium Link (1), Harpographium Sacc. (1), Humicola Traaen (1), Minimelanolocus R.F. Castañeda & Heredia (1), Monodictys S. Hughes (1), Nigrospora Zimm. (1), Oedocephalum Preuss (1), Passalora Fr. (1), Septonema Corda (1), Spadicoides S. Hughes (1), Sphaeridium Fresen. (1), Symptodiella W.B. Kendr. (1), Taeniolella S. Hughes (1), Thysanophora W.B. Kendr. (1), Torula Pers. (1), Tubercularia Tode (1), Trichoderma Pers. (2), Trimmastroma Corda (2), Trinacrium Riess (1)
Coelomycetes	
	Coryneum Nees (1), Cytospora Ehrenb. (1), Diplodia Fr. (1), Discosia Lib. (1), Gloeosporium Desm. & Mont. (1), Melanconium Link (1), Microsphaeropsis Höhn. (1), Myxocyclus Riess (1), Pestalotiopsis Steyaert (1), Phoma Sacc. (1), Phragmotrichum Kunze (1), Phyllosticta Pers. (1), Prosthemia Kunze (1), Pseudostegia Bubák (1), Septoria Sacc. (2), Sirococcus Preuss (1)
Всего	53

Аскомицеты в телеоморфной стадии представлены пятью классами: Sordariomycetes (21), Leotiomycetes (20), Orbiliomycetes (2) и Dothideomycetes (18), Arthoniomycetes (1), наибольшее количество видов относится к сордариомицетам.

Среди аскомицетов в стадии телеоморфы встречаются следующие формы плодовых тел: клейстотеции (хазмотеции) (5 видов), перитеции (21), апотеции (22) и псевдотеции (18). Чаще всего в наших сборах встречаются плодовые тела в форме перитеций – все у представителей класса Sordariomycetes. Апотеции встречаются как в классе Leotiomycetes, так и в Orbiliomycetes. Псевдотеции развиваются у представителей Dothideomycetes. Мучнисторосые грибы, плодовые тела которых представлены кхазмотециями (порядок Erysiphales) в традиционной классификации относились к классу Plectomycetes, однако согласно современным представлениям о генетической структуре, перенесены в класс Leotiomycetes (Erysiphaceae, Erysiphales, Leotiomycetidae, Leotiomycetes).

Повсеместно распространенными видами аскомицетов на территории НП «Припятский» являются: *Erysiphe aliphitoides*, *Rhytisma acerinum*,

Lophodermium pinastri, *Chaetomium globosum*, *Pleospora herbarum* (5 видов).

Часто встречающиеся виды: *Coccomyces coronatus*, *Diatrype stigma*, *Dothiora sorbi*, *Lophium mytilinum*, *Nectria cinnabarina*, *Mytilinidion acicola* (6 видов). Остальные аскомицеты отмечены единично.

Анаморфные грибы представлены значительным числом повсеместно распространенных космополитных видов: *Acremonium butyri*, *Acremonium charticola*, *Actinocladium rhodosporum*, *Alternaria alternata*, *Arthrotrichum arthrotrichoides*, *Aureobasidium pullulans*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium herbarum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Cladosporium oxysporum*, *Torula herbarum*, *Trichoderma hamatum*, *Trichoderma polysporum* (13).

Часто встречающимися видами являются *Epicoccum nigrum*, *Fusidium griseum*, *Gloeosporium quercinum*, *Humicola grisea*, *Phoma pinastri*, *Phragmotrichum chailletii*, *Sphaeridium candidum*, *Symptodiella acicola*, *Septoria quercina*, *Septoria sorbi* (10). Остальные анаморфные грибы отмечены на одной–двух пробных площадях.

Новыми для НП «Припятский» дендрофильными микромицетами являются: *Botryosphaero-*

stroma quercina (Sacc.) Petr., Hedwigia 62: 303 (1921). На древесине *Quercus robur*. *Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter, Eur. J. For. Path. 13(4): 208 (1983) на хвое *Pinus sylvestris*. *Diplodia mutila* (Fr.) Mont., Anns Sci. Nat., Bot., sér. 2 (1): 302 (1834). На ветках *Carpinus betulus*. *Ditopella ditopa* (Fr.) J. Schröt., in Cohn, Krypt.-Fl. Schlesien (Breslau) 3.1(25–32): 388 (1888). На ветках *Carpinus betulus*. *Dothidea tetraspora* Berk. & Broome, Ann. Mag. nat. Hist., Ser. 3(3): 377 (1859). На ветках *Betula pubescens*. *Dothistroma septosporum* (Dorog.) M. Morelet, Bull. Soc. Sci. nat. Arch. Toulon et du Var 177: 9 (1968). На хвое *Pinus mugo*. *Erysiphe flexuosa* (Peck) U. Braun & S. Takam., Schlechtendalia 4: 19 (2000). На листьях *Aesculus hippocastanum*. *Gymnosporangium sabinae* (Dicks.) G. Winter, Pilze Deutschl. 1: 232 (1884). На листьях *Sorbus aucuparia*. *Hymenoscyphus fraxineus* (Т. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya, IMA Fungus 5(1): 79 (2014). На побегях *Fraxinus excelsior*. *Hymenoscyphus immutabilis* (Fueckel) Dennis, Persoonia 3(1): 76 (1964). На листьях *Carpinus betulus*. *Hysterobrevium smilacis* (Schwein.) E. Boehm & C.L. Schoch, in Boehm, Stud. Mycol. 64: 63 (2010). На коре *Quercus robur*. *Lecio-grapha parellaria* (Nyl.) Sacc. & D. Sacc., Syll. fung. (Abellini) 18: 182 (1906). На *Betula pendula*. *Massaria gigantispora* Voglmayr & Jaklitsch, Fungal Diversity 46(1): 149 (2011). На коре *Carpinus betulus*. *Melanomma aterrима* Fueckel, Jb. nassau. Ver. Naturk. 25-26: 304 (1871). На коре *Corylus avellana*. *Mollisia benesuada* (Tul.) W. Phillips, Man. Brit. Discomyc. (London): 174 (1887). На древесине *Betula pendula*. *Mollisia melaleuca* (Fr.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 8: 337 (1889). На коре *Carpinus betulus*. *Nectria coryli* Fueckel, Fungi rhenani exsic., suppl., fasc. 1: no. 1582 (1865). На ветке *Betula pendula*. *Othia corylina* P. Karst., Myc. Fenn. II: 50, Syll. fung. I: 738 (1882). На коре *Coryllus avelana*. *Passalora juniperina* (Georgescu & Badea) H. Solheim, Agarica 33: 78 (2013). На хвое *Juniperus communis*. *Phyllosticta paviae* Desm., Anns Sci. Nat., Bot., sér. 3 8: 32 (1847). На листьях *Aesculus hippocastanum*. *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk, in Brasier, Kirk, Delcan, Cooke, Jung & Man in't Veld, Mycol. Res. 108(10): 1174 (2004). На древесине *Alnus incana*. *Polystigma rubrum* (Pers.) DC., in de Candolle & Lamarck, Fl. franç., Edn 3 (Paris) 6: 164 (1815). На ветке *Tilia cordata*. *Pseudostegia nubilosa* Bubák, J. Mycol. 12(2): 56 (1906). На желуде *Quercus robur*. *Pyrenopeziza radians* Rehm, in Winter, Rabenh. Krypt.-Fl., Edn 2 (Leipzig) 1.3(lief. 37): 620 (1892). На коре *Carpinus betulus*. *Valsa proximella* Naumov, Bull. Soc. Oural. Amis Sci. Nat. 35: 22 (extr.) (1915). На ветке *Tilia cordata*.

К инвазивным и потенциально инвазивным дендропатогенам нами отнесено 12 видов микромицетов, 8 из которых фиксировались на данной территории впервые.

Эколого-географические характеристики инвазивных видов приводятся далее:

Coleosporium complex; Эвнеморальные виды с дизъюнктивным ареалом. Облигатные биотрофы.

Cyclaneusma minus (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter, Eur. J. For. Path. 13(4): 208 (1983); Бореальный / нотобореальный вид с дизъюнктивным ареалом. Облигатный биотроф.

Dothistroma septosporum (Dorog.) M. Morelet, Bull. Soc. Sci. nat. Arch. Toulon et du Var 177: 9 (1968); Мультирегиональный / бореотропический вид. Облигатный биотроф.

Erysiphe alphitoides (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam., Schlechtendalia 4: 5 (2000); Неморальный вид североамериканского происхождения. Облигатный биотроф.

Erysiphe flexuosa (Peck) U. Braun & S. Takam., Schlechtendalia 4: 19 (2000); Неморальный вид североамериканского происхождения. Облигатный биотроф.

Gymnosporangium sabinae (Dicks.) G. Winter, Pilze Deutschl. 1: 232 (1884); Ксерофитный европейский вид. Облигатный биотроф.

Hymenoscyphus fraxineus (Т. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya, IMA Fungus 5(1): 79 (2014) (*Chalara fraxinea* Т. Kowalski). Неморальный вид дальневосточного происхождения. Факультативный сапротроф.

Melampsorium betulinum (Pers.) Kleb., Z. PflKrankh. PflPath. PflSchutz 9: 21 (1899); Бореальный вид. Облигатный биотроф.

Ophiostoma complex. Голарктический с дизъюнктивным ареалом. Факультативный сапротроф.

Passalora juniperina (Georgescu & Badea) H. Solheim, Agarica 33: 78 (2013); Бореальный европейский вид. Облигатный биотроф.

Phyllosticta paviae Desm., Anns Sci. Nat., Bot., sér. 3 8: 32 (1847); (*Guignardia aesculi* (Peck) V. B. Stewart); Неморальный вид североамериканского происхождения. Облигатный биотроф.

Phytophthora alni Brasier & S. A. Kirk, in Brasier, Kirk, Delcan, Cooke, Jung & Man in't Veld, Mycol. Res. 108(10): 1174 (2004). Эвнеморальный вид. Облигатный биотроф.

Таксономически инвайдеры распределены равномерно по 3 группам: ржавчинные грибы (*Coleosporium* complex, *Gymnosporangium sabinae*, *Melampsorium betulinum*), 5 видов аскомицетов в телеостадии (*Erysiphe flexuosa*, *E. alphatoides*, *Dothistroma septosporum*, *Cyclaneusma minus*, *Ophiostoma* complex), 3 аскомицета в ана-морфной

стадии (*Passalora juniperina*, *Phyllosticta paviae*, *Chalara fraxinea*) и оомицет *Phytophthora alni*.

Эколого-географический анализ патогенов показывает, что наибольшее число потенциально опасных видов относятся к неморальному географическому элементу микобиоты, а также к бореальному и имеют европейское, североамериканское и дальневосточное происхождение.

Большинство выявленных инвазивных видов относятся к эколого-трофической группе филлофильных биотрофов.

Инвайдеры являются биотрофами, 92% из них – строгими стеноксенами, образующими негативный тип консортивных связей с растением-хозяином [8].

Особый интерес представляет выявление на территории парка фитопатогенного оомицета *Phytophthora alni* (рис. 1), внесенного в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза (в ред. от 25.01.2023) как вредный организм, отсутствующий на территории Евразийского экономического союза. Этот патоген впервые обнаружен в 1993 г. на территории Великобритании и к настоящему времени распространился в странах континентальной Европы: Австрии, Бельгии, Венгрии, Германии, Ирландии, Италии, Испании, Литве, Нидерландах, Польше, Португалии, Словакии, Чехии, Швеции, Франции и в Калининградской области России. В некоторых регионах фитотрофоз приносит ощутимые потери, вызывая ослабление и усыхание отдельных деревьев и насаждений ольхи. Наиболее поражаемыми видами являются *Alnus cordata*, *A. glutinosa*, *A. incana*, *A. viridis*. Известно, что болезнь быстро распространяется вдоль пойм рек, очевидно, при помощи водотоков. В Беларуси первое единичное растение с симптомами болезни выявлено ещё в 2014 г. на территории Терюхского лесничества Гомельского лесхоза [9, 10].

Оценка вероятности проникновения на территорию парка новых карантинных фитопатогенов.

Для инвазии и успешной интродукции необходимо наличие трех благоприятных факторов: наличие вектора переноса; наличие восприимчивого хозяина; наличие благоприятных условий окружающей среды. Векторы переноса фитопатогенов хорошо изучены и включают антропо-, аэро-, гидро- и зоохорию. Как показывают последние исследования, относительно аскомицетов доминирует воздушный способ перемещения споровой инфекции, причем скорость перемещения может достигать 100 км в год. Распространяющиеся преимущественно водным путем оомицеты также могут преодолевать значительные расстояния за короткое время [9, 10]. Следовательно, удаленность известных очагов карантин-



Рис. 1. Симптомы развития *Phytophthora alni* на ольхе

Fig. 1. Symptoms of the development of *Phytophthora alni* on alder

ных инфекций не является надежным барьером и «успокаивающим» фактором. Даже при хорошей работе системы карантина растений проникновение патогена является лишь вопросом времени, при наличии породы-хозяина и подходящих эколого-климатических условий. Таким образом, важнейшим вопросом в прогнозировании вероятности инвазии на территорию Беларуси новых карантинных фитопатогенов является оценка соответствия условий местообитания экологическим предпочтениям определенных инвайдеров.

В качестве модельных объектов использованы все виды опасных карантинных видов отсутствующих на территории стран ЕАЭС (Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза), но уже выявленные в Европе и наносящие существенный экономический и экологический ущерб (табл. 2).

Phytophthora ramorum Weres et al., *Phytophthora kernoviae* Brasier, *Melampsora medusae* Thümen, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner Nickle) характеризуются крайне широким кругом растений-хозяев, и их широкой представленнос-

Таблица 2. Характеристика видов опасных карантинных объектов, выявленных в Европе и отсутствующих на территории стран ЕАЭС**Table 2.** Characteristics of dangerous quarantine micromycetes species, have been found in Europe and have been absent on EAES countries territories

Вид карантинного организма	Вызываемая болезнь	Поражаемые растения	Потенциальные хозяева в Беларуси	
			порода	занимаемая площадь лесов, %
<i>Phytophthora ramorum</i> Weres et al.	Фитофтороз древесных и кустарниковых растений	<i>Pinaceae, Fagaceae, Ericaceae</i>	Сосна Ель Лиственница Пихта Дуб Ягодные кустарнички	49,0 9,5 единично единично 3,4 повсеместно
<i>Phytophthora kernoviae</i> Brasier	Фитофтороз древесных и кустарниковых растений	<i>Quercus, Fagus, Vaccinium</i>	Дуб Бук Ягодные кустарнички	3,4 единично повсеместно
<i>Melampsora medusae</i> Thümen	Ржавчина листьев тополя	<i>Pinus, Abies, Picea, Populus, Pseudotsuga, Larix</i>	Сосна Ель Лиственница Пихта Осина Тополь	49,0 9,5 единично единично 2,6 единично
<i>Bursaphelenchus xylophilus</i> (Steiner & Buhrer) Nickle	Вилт хвойных	<i>Abies, Chamaecyparis, Cedrus, Larix, Picea, Pseudotsuga</i> и др.	Сосна Ель Лиственница Пихта	49,0 9,5 единично единично

тью в лесных и парковых насаждениях Беларуси. Возможные экономические потери от их инвазии потенциально могут быть весьма значительными для многих отраслей экономики страны и иметь существенные экологические последствия.

Для отработки методики оценки пригодности новых условий местообитания для конкретных инвайдеров был выбран метод компьютерного моделирования в среде Maxent, хорошо зарекомендовавший себя в других исследованиях [9].

В связи с глобальным распространением целевых фитопатогенов модели строились с разрешением 2,5 минуты в мировом охвате. Полученные в Maxent карты пригодности местности для четырех инвазивных видов были обрезаны в QGIS по границам республики для дальнейшего анализа территории Беларуси по отношению к карантинным организмам. В результате площадь

территории страны поделена на пять уровней, где пригодность (рис. 2):

- отсутствует – 0–А (при А для *Phytophthora ramorum* равно 0,117, для *Bursaphelenchus xylophilus* – 0,271, для *Melampsora medusae* – 0,26 и для *Phytophthora kernoviae* – 0,116);
- минимальная – А–0,3; - низкая – 0,3–0,5;
- средняя 0,5–0,7; - высокая – 0,7–1.

На основе цифровых моделей были получены площади с различным уровнем вероятности развития карантинных организмов. Общий балл пригодности территории рассчитывался от 0 (вероятность успешной акклиматизации патогена отсутствует) до 1 (высокая вероятность акклиматизации патогена).

Для Беларуси в целом наиболее высокая вероятность инвазии (0,45) у *Melampsora medusae*, но на территории Национального парка «Припятский» она существенно выше (см. рис. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории НП «Припятский» выявлено 117 видов микромицетов, приуроченных в своем развитии к древесным породам. Впервые идентифицировано 25 видов. К инвазивным и потенциально инвазивным дендропатогенам нами отнесено 12 видов микромицетов, 8 из которых не отмечались на данной территории ранее.

Оценка вероятности проникновения новых карантинных фитопатогенов осуществлена методом компьютерного моделирования в среде Maxent. Построенные модели показали, что наиболее высокая вероятность инвазии у ржавчинного гриба *Melampsora medusae*, в числе наиболее угрожаемых направлений – НП «Припятский».

Инвазия патогенных грибов представляет серьезную угрозу для биоразнообразия и экосистем особо охраняемых природных территорий. Для предотвращения негативных последствий необходимо принимать эффективные меры контроля, включая мониторинг, карантинные меры, борьбу с патогенами и повышение образования в области микологии и фитопатологии. Важно так-

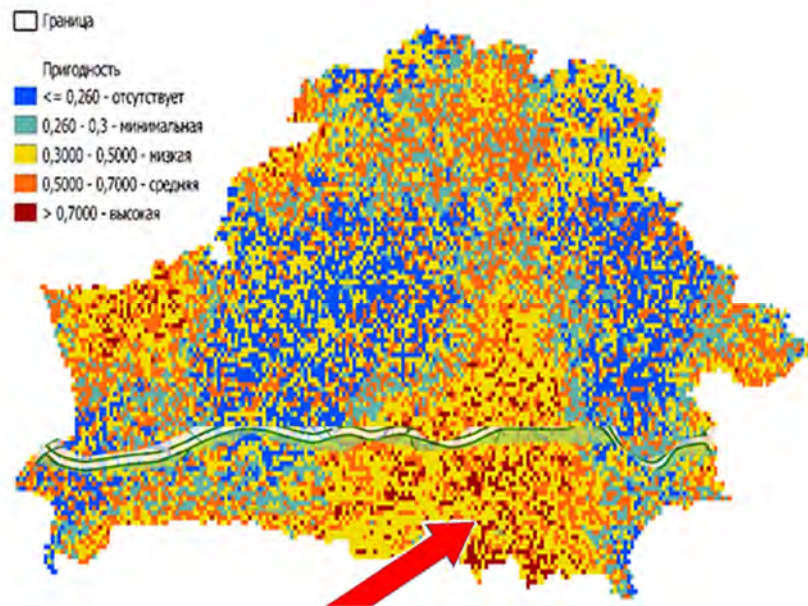


Рис. 2. Вектор вероятного распространения *Melampsora medusae* на территорию Беларуси с угрожающим максимумом в НП «Припятский»

Fig. 2. Vector of the probable spread of *Melampsora medusae* to the territory of Belarus with a threatening maximum in the Prip'yatsky National Park

же уделить внимание исследованиям в области генетики патогенных грибов, чтобы лучше понять их эволюционные механизмы, способы передачи и распространения. Только совместными

усилиями научного сообщества и сотрудников ООПТ можно обеспечить сохранение уникальных экосистем и видов на особо охраняемых природных территориях.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа проведена в рамках выполнения ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда», подпрограмма «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», задание 10.2.02 НИР 7 «Чужеродный компонент в составе микобиоты сосудистых растений в условиях подзоны широколиственно-сосновых лесов Беларуси».

ЛИТЕРАТУРА

1. Микобиота национального парка «Припятский» / О. С. Гапиенко [и др.]; научн. ред. В. И. Парфенов. – Минск: БГПУ, 2012. – 245 с.
2. Гирилович, И. С. К изучению микобиоты национального парка «Припятский» / И. С. Гирилович // Биологическое разнообразие национального парка «Припятский» и других особо охраняемых территорий: Сб. науч. тр. / НП «Припятский». – Туров. Мозырь, 1999. – С. 73-84.
3. Методы экспериментальной микологии. Справочник / под ред. В. И. Билай. – Киев: Наук. думка, 1982. – 552 с.
4. Падутов, В. Е. Методы молекулярно-генетического анализа / В. Е. Падутов, О. Ю. Баранов, Е. В. Воронаев. – Минск: Юнипол, 2007. – 176 с.
5. Luchi, N. Fast and reliable molecular methods to detect fungal pathogens in woody plants / N. Luchi, R. Ioos, A. Santini // Applied microbiology and biotechnology. – 2020. – Vol. 104 (6). – P. 2453–2468.
6. Chandelier, A. Comparison of qPCR and metabarcoding methods as tools for the detection of airborne inoculum of forest fungal pathogens / A. Chandelier // Phytopathology. – 2021. – Vol. 111 (3). – P. 570–581.
7. Index Fungorum [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.indexfungorum.org/names/Names.asp. – Дата доступа: 20.03.2024.
8. Инвазивные дендропатогенные микромицеты в микобиоте приграничных территорий юго-запада Беларуси / Д. Б. Беломесяева [и др.] // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2021. – Вып. 50. – С. 248-260.
9. Звягинцев, В. Б. Продвижение инвазии оомицета *Phytophthora alni* Brasier et S.A. Kirk на восток – первая находка патогена в Беларуси / В. Б. Звягинцев, О. Ю. Баранов, С. В. Пантелеев // Защита лесов от вредителей и болезней: научные основы, материалы, методы: мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием / ЦЭП РАН [и др.]. – Иркутск, 2015. – С. 102–104.
10. Моделирование ареалов распространения карантинных организмов на примере оомицета *Phytophthora alni* Brasier et S.A. Kirk / В. Б. Звягинцев [и др.] // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2023. – Вып. 52. – С. 167–175.

Поступила в редакцию 04.03.2024 г.

УДК 582.282.112(476)

Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА¹, Е. О. КОРОЛЕНЯ-БАРАНСКАЯ²,
М. Г. СИНЯВСКАЯ³, Т. Г. ШАБАШОВА¹

**GEMMAMYCES PICEAE (BORTHW.) CASAGR. –
ИНВАЗИВНЫЙ ВОЗБУДИТЕЛЬ ИНФЕКЦИОННОГО
ПОЧЕРНЕНИЯ ПОЧЕК И ПОБЕГОВ ВИДОВ ЕЛИ**

¹Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: tiniti@inbox.ru

²Агрохимическая лаборатория УП «Минскзеленстрой», Минск, Беларусь, e-mail: xxxkeoxxx@mail.ru

³Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: m.sin@inbox.ru

Аннотация. Инвазивный возбудитель почернения почек и побегов различных видов ели – *Gemmatyces piceae* (Borthw.) Casagr., Phytopath. Z. 66: 119 (1969), впервые идентифицированный на территории г. Минска в 2020 г. как *Megaloseptoria mirabilis* Naumov, в настоящее время не только широко распространен в зеленых насаждениях Минска, но отмечен также в Брестской и Гомельской областях. Для уточнения видовой принадлежности патогена проведен молекулярно-генетический анализ ITS1-ITS4 и P3-ITS5 регионов ДНК. Опасность дальнейшего распространения данного микромицета обусловлена не только его вредоносностью для *Picea pungens* – основного хозяина на территории Беларуси, но и потенциальной способностью к переходу на другие виды данного рода, включая *Picea abies*.

Ключевые слова: инвазивный вид, возбудитель инфекционного почернения почек, зеленые насаждения, анаморфа, телеморфа, чужеродный фитопатогенный микромицет, ель колючая, микобиота.

D. B. BELOMESYATSEVA¹, YE. O. KOROLENYA-BARANSKAYA²,
M. G. SINYAVSKAYA³, T. G. SHABASHOVA¹

**GEMMAMYCES PICEAE (BORTHW.) CASAGR. – INVASIVE FUNGUS
THAT CAUSES THE BLACKENING OF SPRUCE BUDS AND SHOOTS**

¹V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: tiniti@inbox.ru

²Agrochemical laboratory of UE “Minskzelenstroy”, Minsk, Belarus, e-mail: xxxkeoxxx@mail.ru

³Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: m.sin@inbox.ru

Annotation. An invasive pathogen that causes blackening of and shoots of various spruce species is the fungus *Gemmatyces piceae* (Borthw.) Casagr., Phytopath. Z. 66: 119 (1969), first identified on the territory of Minsk in 2020 as *Megaloseptoria mirabilis* Naumov, is currently not only widespread in the green spaces of Minsk, but is also noted in the Brest and Gomel regions. To clarify the species identity of the pathogen, a molecular genetic analysis of the ITS1-ITS4 and P3-ITS5 regions were carried out. The danger of further spread of this micromycete is due not only to its harmfulness to the main host in Belarus – *Picea pungens*, but also to its potential ability to spread to other species of this genus, including *Picea abies*.

Keywords: invasive species, causative agent of blackened buds, green spaces, anamorph, teleomorph, alien phytopathogenic micromycete, prickly spruce, mycobiota.

ВВЕДЕНИЕ

Почернение почек ели широко распространено в Северной Америке, а с начала XX в. было зафиксировано вначале в Англии, затем в других странах Западной Европы. Недавняя массовая вспышка почернения почек в Центральной Европе впервые описана в 2009 г. в Чехии [1, 2]. С 2009 г. по 2016 г. возбудитель был обнаружен в более чем в 50 локалитетах в Центральной и Вос-

точной Европе, причем как в лесном фонде и на плантациях ели, так и в городских зеленых насаждениях. Эпифитотия патогена привела к значительному сокращению площадей, занимаемых *Picea pungens*, т.к. посадки ели колючей оказались наиболее уязвимыми насаждениями, особенно в Рудных горах, где более 8000 га лесных насаждений были сильно повреждены и погибли,

а многие насаждения пришлось вырубить. Лесные плантации *P. pungens* также сильно пострадали в Судетских горах (интенсивность развития падала при продвижении с запада на восток) [2].

По мере продвижения патогена на восток площадь поражения ели постепенно уменьшалась из-за уменьшения доступности растений-хозяев. В странах Европы значительно пострадали также зеленые насаждения в городских районах, а некоторым из них возбудитель нанес серьезный ущерб и убытки, связанные с полной утратой декоративных качеств посадок ели.

Возбудитель поражает преимущественно *Piceae pungens*, в том числе var. *glauca*, вместе с тем значительное количество пораженных деревьев *P. abies* также было выявлено в трех районах Чехии. Эпифитотийно патоген развивался (рис. 1) в Словакии, Австрии, Скандинавских странах, Германии, Италии [2]. В последние годы уже был отмечен на территории Российской Федерации и в Китае [3].

В Беларуси патоген впервые идентифицирован в 2020 г. М. О. Середич и В. А. Ярмоловичем (БГТУ) в зеленых насаждениях г. Минска [3].



Рис. 1. Распространение *Gemmatomyces piceae* в мире
(<https://www.gbif.org/species/2618949>, включая литературные данные)

Fig. 1. Distribution of *Gemmatomyces piceae* in the world
(<https://www.gbif.org/species/2618949>, including literature data)

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись инвазивные микромицеты, развивающиеся на древесных породах. Сбор гербарных образцов осуществляли в 2023 г. в зеленых насаждениях города Минска (сотрудники УП «Минскзеленстрой») и городов Брест, Гомель, Лоев и Мозырь (сотрудники Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси). Материал гербаризировали по стандартным методикам [4].

Диагностику проводили по анатомо-морфологическим и культуральным признакам [4, 6–8] методом световой микроскопии. Собранные образцы грибов находятся на хранении в микологическом гербарии MSK-F Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси.

Для уточнения видовой принадлежности образцов в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси был выполнен их молекулярно-генети-

ческий анализ. Экстракцию, амплификацию и секвенирование ДНК проводили по следующим методикам:

- геномную ДНК экстрагировали из предоставленных образцов по протоколу Lian et al., 2008 [9] с модификациями;
- тотальную ДНК проверяли на области ITS1-ITS4 и/или P3-ITS5 с использованием набора стандартных грибных праймеров [10–11];
- ПЦР-амплификацию проводили в общем объеме 15 мкл, содержащем 50–100 нг матричной ДНК, 7,5 мкл ArtMix («АртБиотех», Беларусь), по 0,5 мкМ каждого праймера, воду до необходимого объема.

Условия ПЦР-амплификации установлены следующие: начальная температура денатурации 95°C в течение 2 мин, затем следовали 43 цикла: денатурация 95°C – 10 с, отжиг праймера 54°C – 20 с, удлинение праймера 67°C – 20 с и последний этап при 12 °C в течение 10 мин.

Реакции секвенирования проводили с использованием прямых праймеров (ITS1 или P3) с использованием набора для циклического секвенирования BrilliantDye™ Terminator (v3.1) (NimaGen). Полученные последовательности были сопоставлены с последовательностями GenBank NCBI с помощью программы Finch TV, BLASTn.

Латинские названия грибов даны в соответствии с Index Fungorum [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 2023 г. сотрудниками УП «Минскзеленстрой» наблюдалось эпифитотийное развитие почернения почек ели колючей в зеленых насаждениях г. Минска, в это же время сотрудниками Института экспериментальной ботаники был собран гербарный материал почернения почек ели в Брестской и Гомельской областях. По внешним признакам (рис. 2) болезнь была диагностиро-

вана как мегалосепториоз ели, вызванный аскомицетом *Gemmatyces piceae* (рис. 3). При проведении микроскопии отобранного материала установлено, что в части образцов спороношение не было сформировано, в связи с чем было принято решение о проведении молекулярно-генетического анализа для идентификации возбудителя (рис. 4).

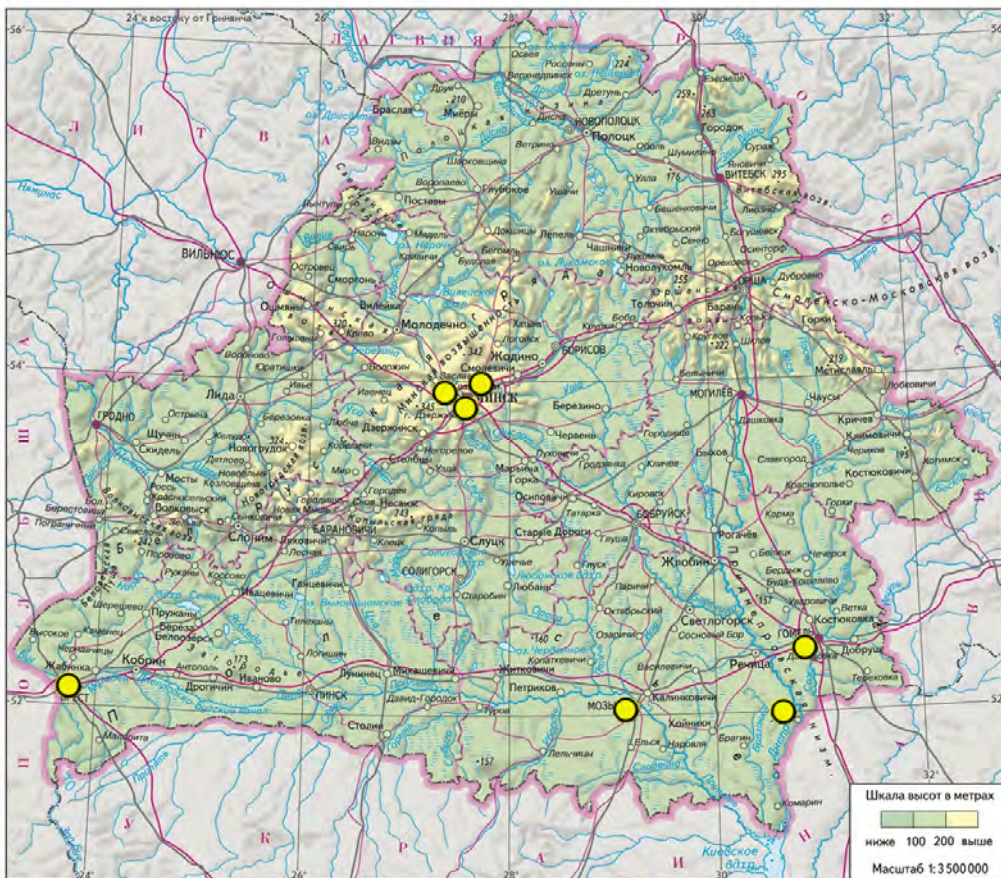


Рис. 2. Места сбора материала (обозначены желтыми точками)

Fig. 2. Material sampling locations (indicated by yellow dots)



А

Б

Рис. 3. Симптомы поражения почек ели колючей *Gemmatyces piceae*
А – общий вид, Б – пикниды патогена

Fig. 3. Symptoms of damage to spruce shoots by *Gemmatyces piceae*
А – general view, В – pycnidia of the pathogen

Представляется интересным рассмотрение таксономической (I) и анатомо-морфологической (II) характеристик гриба *Gemmatyces piceae*:

I. *Gemmatyces piceae* (Borthw.) Casagr., Phytopath. Z. 66: 119 (1969). Синонимы: *Cucurbitaria piceae* Borthw., Notes R. bot. Gdn Edinb. 20: 259 (1909); *Cucurbitothis piceae* (Borthw.) Petr., Sydowia 23(1–6): 270 (1970).

Position in classification: *Cucurbitariaceae*, *Pleosporales*, *Pleosporomycetidae*, *Dothideomycetes*, *Pezizomycotina*, *Ascomycota*, *Fungi*.

Конидиальная стадия *Megaloseptoria mirabilis* Naumov, Morbi Plant. Script. Sect. Phytopath. Hort. Bot. Prince. USSR 14: 144 (1925) не является общепризнанной и некоторыми авторами рассматривается как самостоятельный вид [5].

II. Анаморфа: конидиомы диаметром около 500 мкм, пикнидиальные, шаровидные, черные, похожие на аскоматы и находящиеся среди них. Конидиеносцы отсутствуют. Конидиогенные клетки энтеробластные, от бочонкообразных до цилиндрических, детерминированные, дискретные или интегрированные, гиалиновые, гладкие, с 1–4 зачатками. Конидии 130–200 x 5–7 мкм, от 10 до 20 перегородок, удлинненно-цилиндрические, от прямых до слегка изогнутых, слегка сужаются к закругленным концам, от гиалиновых до очень бледно-коричневых, гладкие.

Телеоморфа: стромы до 10 мм в диаметре, базальные, плоские, черные, склеротизированные, гладкие, выглядят поверхностными, состоят из наружного слоя толщиной около 30 мкм из темно-красно-коричневых, толстостенных, угловатых клеток, второй слой также около 30 мкм, состоит из светло-коричневых сросшихся переплетенных гиф (выглядающих как клетки неправильной формы) и внутренней части из переплетенных гиалиновых гиф. Аскосы 250–500 мкм в диаметре, псевдотециоидные, шаровидные, с едва заметной ножкой, с сосочком, черные, гладкие, скученные, расположены поверхностно на базальной строме. Перидий состоит из тонкого слоя толщиной 10–15 мкм темно-коричневых, толстостенных, угловатых клеток снаружи и внутреннего слоя светло-коричневых, сросшихся, переплетающихся гиф (выглядающих как неправильные клетки). Интеркалярная ткань из разветвленных и анастомозированных нитей, разреженная. Аски 200–250 x 20–30 мкм, цилиндрически-булавовидные, толстостенные, 8-споровые. Аскоспоры 30–48 x 12–19 мкм, с 5–8 поперечными перегородками, продольными и косыми перегородками, суженными в поперечных перегородках, от эллипсоидных до узкоэллипсоидных, иногда с одним или обоими концами острыми, гладкие, коричневые.

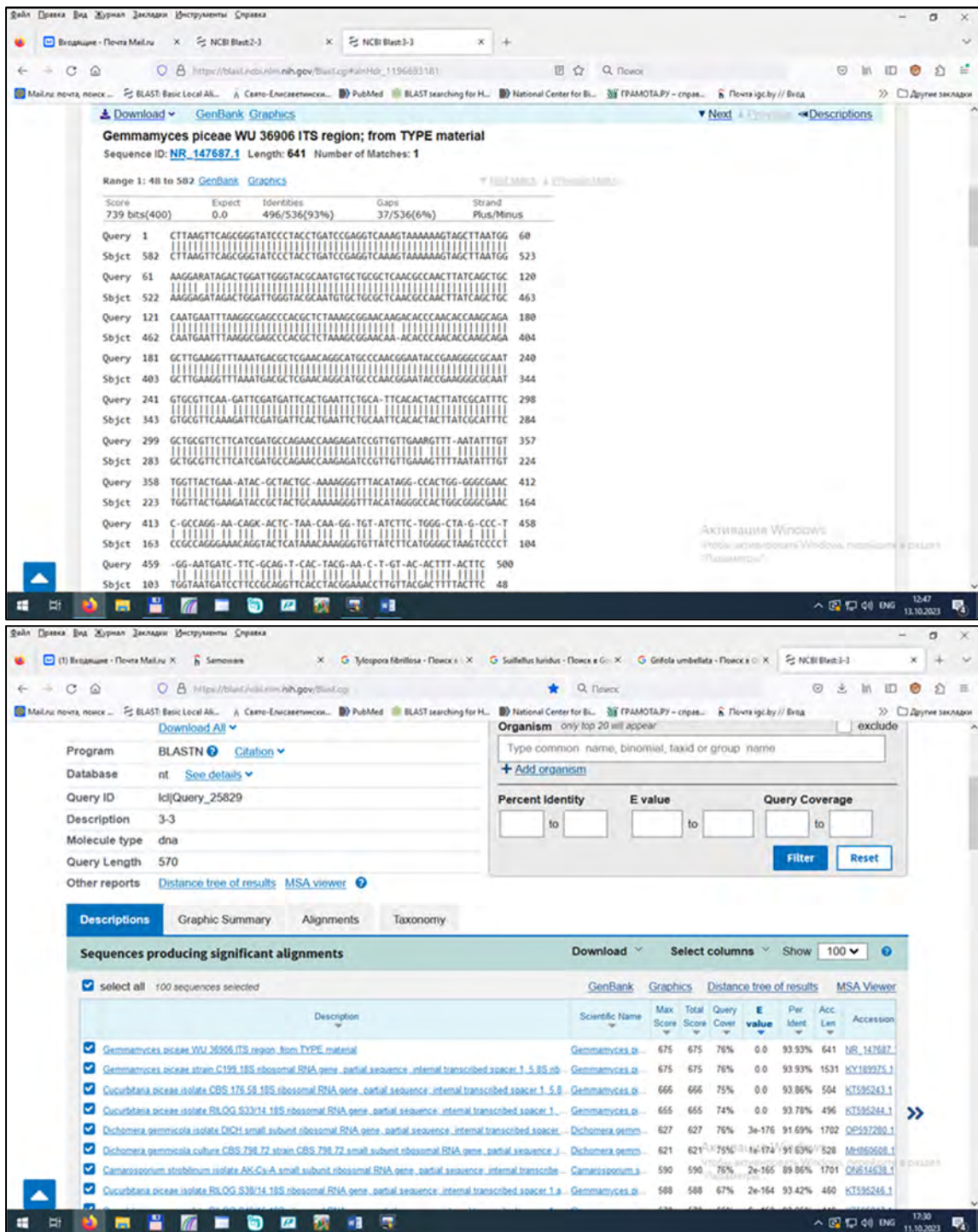


Рис. 4. Пример представления результатов проведенного молекулярно-генетического анализа *Gemmatomyces piceae*

Fig. 4. An example of presenting the results of *Gemmatomyces piceae* molecular genetic analysis

Gemmatomyces piceae вызывает заболевание почек и является опасным патогеном для елей. Согласно литературным данным, патоген развивается на следующих видах ели: *Picea abies*, *P. engelmannii*, *P. glauca*, *P. mariana*, *P. omorika*, *P. pungens*, *P. sitchensis*. Инфицирование происходит в период формирования новых побегов. Пораженные почки отмирают. Однако в редких слу-

чаях побеги из пораженных почек могут начать развиваться, но вскоре погибают и покрываются густым налетом мицелия. Также возможно формирование искривленных побегов. В условиях Беларуси на отмерших почках и недоразвитых побегах, обычно начале июня, образуется спороношение. Пикниды, содержащие споры, покрывают всю поверхность пораженных почек.

Распространение болезни зависит от погодных условий, особенно от влажности [1, 2]. Большое количество осадков способствует созреванию спор и их активному распространению. Страдают прежде всего почки на нижних ветвях, ближе расположенных к земле и находящихся в условиях повышенной влажности. В благоприятные годы для возбудителя болезни она распространяется в более высокие части кроны. Ели, особенно молодые растения, страдают от инфекционного почернения почек на низинных участках и в загущенных посадках, где создается микроклимат с повышенной влажностью.

Как показали предыдущие исследования сотрудников Белорусского государственного техно-

логического университета [3], в парках и зеленых насаждениях г. Минска случаи поражения ели колочей мегалосепториозом стали массовыми, его распространенность составляет 20–100%, а развитие болезни на деревьях ели достигает 35%.

Длительное поражение почек мегалосепториозом в течение нескольких лет приводит к снижению прироста у елей, ослаблению растений, значительному изреживанию кроны и потере декоративности. Основываясь на изложенной информации, можно сделать вывод, что мегалосепториоз вызывает серьезные последствия для елей, что требует проведения дальнейших исследований по предупреждению и контролю этого заболевания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно результатам проведенных исследований, аскомицет *Gemmatyces piceae* в настоящее время расширяет ареал распространения на территории Беларуси. Первоначально (с 2020 г.) болезнь отмечалась в зеленых насаждениях г. Минска, затем (2023 г.) была отмечена на территории Брестской и Гомельской областей.

Согласно литературным данным, патоген развивается на следующих видах ели: *Picea abies*, *P. engelmannii*, *P. glauca*, *P. mariana*, *P. omorika*, *P. pungens*, *P. sitchensis*. Это делает *Gemmatyces piceae* потенциально весьма опасным инвайдером, поскольку существует вероятность его дальнейшей акклиматизации и возможного включения ели европейской в число растений-хозяев.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа проведена в рамках выполнения ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда», подпрограмма «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», задание 10.2.02 НИР 7 «Чужеродный компонент в составе микобиоты сосудистых растений в условиях подзоны широколиственно-сосновых лесов Беларуси».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Gemmatyces piceae* Bud Blight Damage in *Picea abies* and *Picea pungens* Forest Stands / M. Samek [et al.] // Forests. – 2022. – V. 13(2). – P. 164–178. doi.org/10.3390/f13020164.
2. Lorenc? F. Pathogens threatening Czech Republic forest ecosystems – a review / F. Lorenc, M. Samek // Sylwan (polskie towarzystwo lesne). – 2021. – V. 165 (12). – P. 853–871. doi.org/10.26202/sylwan.2021079.
3. Середич, М. О. Мегалосепториоз в зеленых насаждениях города Минска / М. О. Середич, В. А. Ярмолович // Лесные экосистемы: современные вызовы, состояние, продуктивность и устойчивость: мат-лы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Ин-та леса НАН Беларуси; Гомель, 13–15 ноября 2020 г. / Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель, 2020. – С. 284–286.
4. Методы экспериментальной микологии. Справочник / под ред. В. И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1982. – 552 с.
5. Index Fungorum [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.indexfungorum.org/names/Names.asp. – Дата доступа: 16.01.2024.
6. Plants of the World Online (Royal Botanic Garden KEW) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://powo.science.kew.org/. – Дата доступа: 14.12.2023.
7. Plant Parasites of Europe: leafminers, galls and fungi [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bladmineerders.nl. – Дата доступа: 12.01.2024.
8. Global Biodiversity Information Facility database [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gbif.org/ru/species/2578386 – Дата доступа: 12.01.2024.
9. PCR-based sensitive detection of the edible fungus *Boletus edulis* from rDNA ITS sequences / B. Lian [et al.] // Electronic Journal of Biotechnology. – 2008. – V. 11 (3). – P. 4. doi.org/10.2225/vol11-issue3-fulltext-4.
10. Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal RNA Genes for Phylogenetics / T. J. White [et al.] // PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications. – New York: Academic Press, 1990. – P. 315–322. doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1
11. Kusaba, M. Phylogeny of *Alternaria* fungi known to produce host-specific toxins on the basis of variation in internal transcribed spacers of ribosomal DNA / M. Kusaba, T. Tsuge // Current Genetics: Microorganisms and Organelles. – 1995. – V. 28 (5). – P. 491–498. doi.org/10.1007/BF00310821.

Поступила в редакцию 20.01.2024 г.

УДК 581.2

С. И. КОРИНЯК¹, Н. Л. БЕЛОУСОВА², Г. С. БОРОДИЧ²

ОСОБЕННОСТИ ПОРАЖЕНИЯ СОРТОВЫХ ИРИСОВ В КОЛЛЕКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА НАН БЕЛАРУСИ ФИТОПАТОГЕННЫМИ ГРИБАМИ

¹Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: SS70@mail.ru

²Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: natacbs@tut.by

Аннотация. В статье представлены результаты обследования и учета поражаемости фитопатогенной грибной инфекцией 35-ти сортов ирисов из коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Определена видовая принадлежность, частота встречаемости и распространенность фитопатогенных грибов, выявленных на листьях растений. На обследованных сортах ирисов идентифицировано 9 видов микромицетов из 8 родов: *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Embellisia*, *Heterosporium*, *Sporidesmium*, *Stemphylium*, *Ulocladium*. Наиболее высокой степенью поражения заболеваниями (3–4 балла по 5-бальной системе) отличаются ирисы сортов *Cirelette*, *Lavanescue*, *Milda*, *Natasha*, *Uliana*. В ряду идентифицированных микромицетов наиболее высокими значениями частоты встречаемости отмечены виды: *Heterosporium iridis* – выявлен на растениях всех обследованных 35-ти сортов; *Cladosporium herbarum* – на растениях 20-ти сортов. Наименьшей частотой встречаемости характеризовались гифомицеты *Alternaria alternata* и *Aureobasidium pullulans* – обнаружены на листьях растений только 1 сорта. В динамике распространенность заболеваний составляла от 20% до 30% в начале июня, увеличиваясь к концу июля до 31–97%. Делается заключение о необходимости усиления защитных мероприятий от инвазий фитопатогенных грибных инфекций на самых ранних стадиях онтогенеза растений.

Ключевые слова: фитопатогенные грибы, анаморфные грибы, таксономия, классификация, сортовые ирисы.

S. I. KORINIAK¹, N. L. BELOUSOVA², G. S. BORODICH²

THE FEATURES OF BREEDED IRISES INFECTIOUS BY PATHOGEN FUNGI AT THE COLLECTION IN CENTRAL BOTANY GARDEN OF NAS OF BELARUS

¹V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: SS70@mail.ru

²Central Botany Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: natacbs@tut.by

Annotation. The results of visual observation and laboratory investigation of desiasies by pathogen fungi at the 35 irises kinds planting on plots of Central Botany Garden of NAS of Belarus are presented. Identification of pathogen fungi on irises leaves has been carried out in the laboratory of mycology of V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of NAS of Belarus. In order to determine species of pathogen fungi and frequency of its occurrence mycology and botany methods were used. The taxonomical structure of plants was investigated also. 35 breed of irises belong to 1 genus, 1 familie, 1 class and 1 section. 9 species of microscopic fungi from 8 genus were detected: *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Embellisia*, *Heterosporium*, *Sporidesmium*, *Stemphylium*, *Ulocladium*. Species *Heterosporium iridis* and *Cladosporium herbarum* were noted by most higher, and *Alternaria alternata* and *Aureobasidium pullulans* – by most lower level of frequency occurrence. The knowledge of the pathogen fungi will allows to develop complex methods of struggle against pathogenic fungi at collection of breded irises.

Keywords: microscopic fungi, anamorphic fungi, taxonomy, classifications, breded irises.

ВВЕДЕНИЕ

Ирисы, удивительно красивые многолетние растения, относящиеся к семейству Ирисовых (*Iridaceae*), в период цветения поражающие изображение многообразием форм, красок и оттенков. Очевидно именно поэтому они и получили свое название от греческого «*iris*» по имени гре-

ческой богини радуги Ириды. В то же время данная группа растений относится к числу наиболее поражаемых фитопатогенными микромицетами. Это связано со спецификой возделывания и произрастания растений – расположение их крупными массивами, изменение экологических факто-

ров при интродукции ирисов из Европейских питомников в более суровые климатические условия Беларуси, а также отсутствие на протяжении многих лет севооборотов нередко приводит к тому, что ирисы оказываются, подвержены воздействию фитопатогенной микобиоты. Болезни ирисов, вызываемые патогенными грибами, весьма разнообразны. Они поражают посадочный материал, корневую систему, а также надземные органы. На пораженных листьях появляются пятнистости. Дальнейшее развитие заболевания приводит к слиянию пятен и омертвлению тканей, пораженные органы преждевременно засыхают и деформируются. В результате растение отстает в росте, желтеет, увядает и, в конечном итоге, погибает.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые работы по сбору материала и учет поражаемости выполняли в коллекции сортовых ирисов (Лаборатория интродукции и селекции орнаментальных растений) Центрального ботанического сада НАН Беларуси [1]. Визуальное обследование сопровождали сбором гербарного материала с видимыми признаками поражения. Исследования по выявлению фитопатогенных микромицетов проводили в лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси. При изучении видового состава микромицетов использованы общепринятые методы, описанные В. И. Билай [2].

Для оценки степени поражения применяли шкалы, где интенсивность поражения выражается баллами или процентами [3, 4]. Шкала для учета пятнистостей, налетов и засыхания листьев:

0 – отсутствие поражения;

1 – поражено до 1/5 поверхности листа или 20%;

2 – поражено от 1/5 до 1/3 поверхности листа или более 30%;

3 – поражено от 1/3 до 2/3 поверхности листа или более 50–70%;

4 – поражено более 2/3 поверхности листа или более 70%.

Определение и уточнение систематического положения семейства Iridaceae проводили с использованием электронной базы данных (MBG's

electronic databases) Tropicos [5]. Виды грибов, а также их синонимы и анаморфы приведены в соответствии с международной микологической базой данных Index fungorum [6].

Для установления видовой принадлежности возбудителя болезни, его встречаемости, типа взаимоотношения с питающим растением и причиняемого ущерба использовали показатели: распространенность заболевания и степень поражения растения [4, 6].

Распространенность, или *частоту встречаемости болезни (P)* определяли подсчетом здоровых и больных растений и вычисляли по формуле:

$$P = N \times 100 / N ,$$

где P – распространенность болезни в процентах, N – общее количество учтенных растений (здоровых и больных), N – количество больных растений.

Фитопатогенные микромицеты, паразитирующие на сортовых ирисах Центрального ботанического сада, внесены в базу данных национального гербария MSK-F (номера по базе от 22900 по 22995). Гербарий ирисов, пораженных фитопатогенными грибами, смонтирован на листах формата А3 (35 гербарных листов) и находится в коллекции грибов лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований на 35-ти сортах растений семейства Iridaceae идентифицировано 9 видов фитопатогенных микромицетов из 8 родов: *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Embellisia*, *Heterosporium*, *Sporidesmium*, *Stemphylium*, *Ulocladium*.

Далее приводится список выявленных видов грибов, их синонимов и анаморф с указанием сорта растения-хозяина, на котором данный микромицет был отмечен. Данные идентифицированных фитопатогенных микромицетов расположены нами в алфавитном порядке согласно базе данных Index fungorum [6]:

***Alternaria* Nees, Syst. Pilze (Würzburg):
72 (1816) [1816–17]**

Alternaria alternata (Fr.) Keissl., Beih. bot. Zbl., Abt. 2 29: 434 (1912). Syn.: *Torula alternata* Fr., Syst. mycol. (Lundae) 3 (2): 500 (1832). *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., Beih. bot. Zbl., Abt. 2 29: 434 (1912) var. *alternate*. Pleosporaceae [7–11].

На листьях сорта Arctic Fancy.

Alternaria tenuissima

Alternaria tenuissima (Fr.) Wiltshire. Trans. Br. mycol. Soc. 18: 157 (1933) Syn.: *Clasterosporium tenuissimum* (Nees & T. Nees) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 4: 393 (1886). *Helminthosporium tenuissimum* Kunze, in Nees & Nees: 242 (1818), *Macrosporium tenuissimum* (Kunze) Fr.,: 374 (1832). Pleosporaceae [7–11].

На листьях сортов: Cirelette, Grand Canjon, Harbor Blue, Joanna, Joliet, Jwein, Lavanescue, Lemon Pop, Music, Oclachoma Bandit, Pinacle, Solent Breeze, Uliana, Variegata.

***Aureobasidium* Viala & G. Boyer, Rev. gén. Bot.
3: 371 (1891)**

Aureobasidium pullulans (de Bary & Löwenthal) G. Arnaud, Annals d'École National d'Agric. de Montpellier, Série 2 16 (1–4): 39 (1918) [1917]. Syn.: *Dematium pullulans* de Bary & Löwenthal, Vergl. Morph. Biol. Pilze (Leipzig): 182 (1884). *Cladosporium pullulans* (de Bary & Löwenthal) Sacc. & Trotter, Syll. fung. (Abellini) 22: 1250 (1913). *Aureobasidium pullulans* (de Bary & Löwenthal) G. Arnaud, Annals d'École National d'Agric. de Montpellier, Série 2 16 (1–4): 39 (1918) var. *pullulans*. *Aureobasidium pullulans* (de Bary & Löwenthal) G. Arnaud, Annals d'École National d'Agric. de Montpellier, Série 2 16 (1–4): 39 (1918) f. *pullulans*. *Pullularia pullulans* (de Bary & Löwenthal) Berkhout, De Schimmelgesl. Monilia, Oidium, Oospora en Torula, Dissert. Utrecht: 55 (1923). *Pullularia pullulans* (de Bary & Löwenthal) Berkhout, De Schimmelgesl. Monilia, Oidium, Oospora en Torula, Dissert. Utrecht: 55 (1923) var. *pullulans*. *Anthostomella pullulans* (de Bary & Löwenthal) F.T. Benn., Ann. appl. Biol. 15: 371 (1928). *Hormonema pullulans* (de Bary & Löwenthal) Lagerb. & Melin ex Robak, Nytt Mag. Natur. 71: 255 (1932). Saccotheciaceae [8, 9, 11].

На листьях сорта Variegata.

***Cladosporium* Link, Mag. Gesell. naturf.
Freunde, Berlin 7: 37 (1816) [1815]**

Cladosporium herbarum (Pers.) Link, in Willdenow, Mag. Gesell. naturf. Freunde, Berlin 8: 37 (1816) [1815]. Syn.: *Dematium herbarum* Pers., Ann. Bot. (Usteri) 11: 32 (1794). Cladosporiaceae [7–11].

На листьях сортов: Ametist flame, Blu hat Boy, Cirelette, Easter, Gingerbread Man, Grand Canjon,

Harbor Blue, Lavanescue, Lenzshree, Maui Moonlight, Milda, Natasha, Solent Breeze, Pinacle, Uroda, Variegata.

***Embellisia* E.G. Simmons 1971**

Embellisia chlamydospora (Hoes, G.W. Bruehl & C.G. Shaw) E.G. Simmons, Mycologia 63 (2): 384 (1971). Syn.: *Pseudostemphylium chlamydosporum* Hoes, G.W. Bruehl & C.G. Shaw, Mycologia 57: 904 (1965). Pleosporaceae [7–9, 11].

На листьях сортов: Cirelette, Grand Canjon, Red Touch.

***Heterosporium* Clotzsch ex Cooke 1877**

Heterosporium iridis (Fautr. et Roum.) Jacques. Contr. Inst. Bot. Univ. Montreal, 1941, 39 [9, 11].

На листьях сортов: Ametist flame, Arctic Fancy, Bayberry Candle, Blue beret, Blu hat Boy, Blue Pools, Canadian Kisses, Cirelette, Easter, Gingerbread Man, Grand Canjon, Harbor Blue, Joanna, Joliet, Jwein, Lavanescue, Lenzshree, Kilt lilt, Lemon Pop, Magnetic Storm, Maui Moonlight, Milda, Music, Natasha, Oclachoma Bandit, Pinacle, Red Touch, Replicator, Solent Breeze, Twein, Uliana, Uroda, Variegata, Андрей Князев, Розовые сны.

***Sporidesmium* Link, Mag. Gesell. naturf.
Freunde, Berlin 3 (1–2): 41 (1809)**

Sporidesmium cladosporii Corda, Icon. fung. (Prague) 1: 7 (1837). Syn.: *Caeoma cladosporii* (Corda) Bonord., Handb. Allgem. mykol. (Stuttgart): 48 (1851). Pleosporomycetidae [8, 11].

На листьях сортов: Bayberry Candle, Blue Pools, Joliet, Kilt Lilt, Natasha, Red Touch, Twein.

***Stemphylium* Wallr., Fl. crypt. Germ.
(Norimbergae) 2: 300 (1833)**

Stemphylium botryosum Wallr. Fl. crypt. Germ. (Nürnberg) 2: 300 (1833). Syn.: *Stemphylium botryosum* Wallr., Fl. crypt. Germ. (Norimbergae) 2: 300 (1833) var. *botryosum*. *Stemphylium botryosum* Wallr., Fl. crypt. Germ. (Norimbergae) 2: 300 (1833) f. *botryosum*. *Pleospora tarda* E.G. Simmons, Sydowia 38: 291 (1986). Pleosporaceae [8, 9, 11].

На листьях сортов: Blue beret, Canadian Kisses, Harbor Blue, Natasha, Pinacle, Uliana, Variegata.

***Ulocladium* Preuss, Linnaea 24: 111 (1851)**

Ulocladium botrytis Preuss, Linnaea 24: 111 (1851). Syn.: *Alternaria botrytis* (Preuss) Woudenb. & Crous, Stud. Mycol. 75 (1): 206 (2013). *Stemphylium botryosum* var. *ulocladium* (Preuss) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 4: 522 (1886). Pleosporaceae [11].

На листьях сортов: Natasha, Red Torch, Twein, Андрей Князев, Розовые сны.

Показатели распределения или частоты встречаемости видов патогенных грибов по сортам растений ирисов представлены в табл. 1.

Данные табл. 1 показывают, что в ряду микромицетов, идентифицированных на листьях коллекционных ирисов, дематиевый гифомицет *Heterosporium iridis*, возбудитель пятнистостей листьев, отмечен на растениях всех 35-ти обследованных сортов; гифомицет *Cladosporium herbarum* встречается на 20 сортах, *Alternaria tenuissima* поражает листья 16 сортов, *Sporidesmium cladosporii* выявлен на листьях 9 сортов, *Stemphylium botryosum* обнаружен нами на листьях 7 сор-

тов, *Ulocladium botrytis* паразитирует на листьях 5-ти, а *Embellisia chlamydospora* – 3-х сортов. Наименьшей частотой встречаемости характеризовались гифомицеты *Alternaria alternata* и *Aureobasidium pullulans* – каждый из них обнаружен на листьях растений только 1 сорта.

Качественная оценка распространённости фитопатогенных грибов и интенсивность поражения растений различных коллекционных сортов ирисов (на момент исследования) представлены в табл. 2.

Таблица 1. Частота распространения фитопатогенных грибов по сортам ирисов

Table 1. Frequency of occurrence of pathogen fungus to irises sorts

Название сорта	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Alternaria tenuissima</i>	<i>Aureobasidium pullulans</i>	<i>Cladosporium herbarum</i>	<i>Embellisia chlamydospora</i>	<i>Heterosporium iridis</i>	<i>Sporidesmium cladosporii</i>	<i>Stemphylium botryosum</i>	<i>Ulocladium botrytis</i>
1 Ametist Flame	-	-	-	+	-	+	-	-	-
2 Arctic Fancy	+	-	-	-	-	+	-	-	-
3 Bayberry Candle	-	-	-	-	-	+	+	-	-
4 Blue Beret	-	-	-	-	-	+	-	+	-
5 Blue Hat Boy	-	-	-	+	-	+	-	-	-
6 Blue Pools	-	-	-	+	-	+	+	-	-
7 Canadian Kisses	-	-	-	-	-	+	-	+	-
8 Cirelette	-	+	-	+	+	+	-	-	-
9 Easter	-	+	-	+	-	+	-	-	-
10 Gingerbread Man	-	-	-	+	-	+	-	-	-
11 Grand Canjon	-	+	-	+	+	+	-	-	-
12 Harbor Blue	-	+	-	+	-	+	-	-	-
13 Joanna	-	+	-	-	-	+	-	-	-
14 Joliet	-	+	-	-	-	+	+	-	-
15 Jwein	-	+	-	-	-	+	-	-	-
16 Kilt Lilt	-	-	-	-	-	+	+	-	-
17 Lavanescue	-	+	-	+	-	+	-	-	-
18 Lenzshree	-	-	-	+	-	+	-	-	-
19 Lemon Pop	-	+	-	-	-	+	-	-	-
20 Magnetic Storm	-	-	-	-	-	+	-	-	-
21 Maui Moonlight	-	-	-	+	-	+	-	-	-
22 Milda	-	-	-	+	-	+	+	-	-
23 Music	-	+	-	-	-	+	-	-	-
24 Natasha	-	-	-	+	-	+	+	+	+
25 Oclachoma Bandit	-	+	-	+	-	+	-	-	-
26 Pinacle	-	+	-	+	-	+	-	+	-
27 Red Touch	-	-	-	-	+	+	+	-	+
28 Replicator	-	-	-	-	-	+	-	-	-
29 Solent Breeze	-	+	-	+	-	+	-	+	-
30 Twein	-	-	-	-	-	+	+	-	+
31 Uliana	-	+	-	+	-	+	-	+	-
32 Uroda	-	-	-	+	-	+	-	-	-
33 Variegata	-	+	+	+	-	+	-	+	-
34 Андрей Князев	-	+	-	+	-	+	+	-	+
35 Розовые сны	-	-	-	-	-	+	-	-	+

Таблица 2. Распространенность заболеваний и степень поражения ирисов**Table 2.** Frequency of diseases, and degree of harmful

Сорт растения	Распространенность (P), %	Степень поражения, балл
1 Ametist Flame	53,1	1–3
2 Arctic Fancy	83,2	2–4
3 Bayberry Candle	35,2	1–2
4 Blue Beret	41,4	1–3
5 Blue Hat Boy	36,6	1–2
6 Blue Pools	31,3	1–3
7 Canadian Kisses	51,7	1–3
8 Cirelette	57,3	3–4
9 Easter	26,7	1–2
10 Gingerbread Man	30,1	1–2
11 Grand Canjon	61,3	2–4
12 Harbor Blue	91,2	2–4
13 Joanna	89,4	3–4
14 Joliet	34,2	1–3
15 Jwein	35,1	2–3
16 Kilt Lilt	81,7	2–4
17 Lavanescue	92,5	3–4
18 Lemon Pop	30,2	1–2
19 Lenzshree	61,8	2–4
20 Magnetic Storm	18,6	1–2
21 Maui Moonlight	24,7	1–3
22 Milda	89,2	3–4
23 Music	27,7	1–3
24 Natasha	94,4	3–4
25 Oclachoma Bandit	75,1	2–4
26 Pinnacle	73,7	2–4
27 Red Turch	94,3	2–3
28 Replicator	31,1	1–2
29 Solent Breeze	97,3	2–4
30 Twein	66,5	2–3
31 Uliana	61,1	3–4
32 Uroda	43,2	1–3
33 Variegata	68,7	2–4
34 Андрей Князев	70,5	2–4
35 Розовые сны	25,4	1–2

Установлено, что практически на всех исследуемых сортах ирисов отмечен средний процент распространенности заболеваний, вызванных комплексом микромицетов, присущих тому или иному сорту. Как правило, в культурах отмечались поражения, охватывающие от 20% до 70% поверхности того или иного органа растения-хозяина, в нашем случае листа, что соответствует 2–4 баллам по пятибалльной шкале оценки развития болезни (0–4).

Согласно нашим данным (см. табл. 2), в среднем распространенность заболеваний составляла от 20% до 30% в начале июня, увеличиваясь к концу июля до 31–97%. Та же закономерность отчетливо прослеживалось у сортов Bayberry candle, Blue pools, Canadian Kisses, Easter, Gingerbread Man, Lemon Pop, Magnetic storm и на показателях

степени поражения растений – в начале июня степень поражения достигала 1–3 баллов, а распространенность от 18% до 35%. В конце июля было зафиксировано, что степень поражения и распространенность достигали своего максимума.

Наиболее высокой степенью поражения заболеваниями (3–4 балла по 5–бальной системе) отличались ирисы сортов Cirelette, Lavanescue, Milda, Natasha, Uliana.

Вместе с тем следует отметить, что у группы других сортов отмечалась асинхронность динамики показателей распространенности заболеваний и степени поражения листьев растений: так, например, при максимальной степени поражения листьев (4 балла) уровни распространенности заболевания у растений существенно различались и составляли: у сортов Solent Breeze, Nata-

sha, Harbor Blue от 91% до 97%; у сортов Arctic fancy и Joanna – 83% и 89% соответственно; у сортов Cirelette и Grand Canjon – 57% и 61%. В то

же время у сорта Red Tournch при более низкой степени поражения (3 балла) распространенность заболевания достигала 94%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проделанной работы показывают многообразие сортовых ирисов, видовую специализацию фитопатогена по отношению к колонизируемому субстрату (растению-хозяину), возрастающую за период вегетации растений степень поражения и распространенности заболеваний, которые ведут к ухудшению качества внешнего вида ирисов, развитию эпифитотий и частичной или полной потере растений. Продолжительный засушливый период либо длительный период выпадения осадков способствуют ослаблению иммунитета растений, накоплению инфекций и возникновению первых симптомов заболевания (пятнистостей листьев). Поэтому, чтобы свести потери к минимуму и улучшить товарный вид сортовых ирисов, необходимо уже на ранних стадиях онтогенеза предпринимать необходимые меры по защите возделываемых растений, к основным из которых относятся: сбор и уничтожение растительных остатков (пораженных листьев, цветков)

либо отбор самих пораженных растений; тщательная очистка и сортировка посадочного материала (корневищ), соблюдение пространственной изоляции – размещение новых посадок по возможности дальше от старых плантаций. Важную роль в защите растений от болезней играют меры по предотвращению как миграции возделываемых растений в дикую среду, так и проникновения дикорастущих растений в культуры, а вместе с ними и миграции потенциально инвазивных чужеродных видов фитопатогенных грибов, ранее не зарегистрированных в Беларуси; прополка сорной растительности и внесение фосфорных и калийных удобрений, препятствующих распространению и развитию инфекций; обработка почвы фунгицидными препаратами для подавления зимующих стадий возбудителей болезней; предпосевная обработка посадочного материала и вегетирующих растений в целях защиты от заражения фитопатогенными грибами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ирисы [Электронный ресурс] // BOTSAD.BY. – Режим доступа: <https://botsad.by/category/ирисы/>. – Дата доступа: 27.11.2023.
2. Билай, В. И. Методы экспериментальной микологии. / В. И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1982. – 552 с.
3. Доспехов, Б. А. Основы методики полевого опыта / Б. А. Доспехов. – Москва: Просвещение, 1967. – 176 с.
4. Федоров, Н. И. Лесная фитопатология / Н. И. Федоров – Минск: БГТУ, 2004. – 462 с.
5. Shaw Boulevard – Saint Louis Missouri. Missouri botanical garden [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.tropicos.org/> – Date of access: 08.04.2023.
6. Kirk, P. M. Index of fungi / P. M. Kirk // The global fungal nomenclator [Electronic resource]. – The CABI, 2003–2004. – Mode of access: <http://indexfungorum.org/> – Date of access: 07.04.2023.
7. Билай, В. И. Микроорганизмы – возбудители болезней растений. Справочник. / В. И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1988. – 550 с.
8. Визначник грибів України. Несовершені гриби. / С. Ф. Морочковский [и др.]; под общ. ред. Д. К. Зерова. – Київ: Наукова думка, 1971. – Т. 3. – 696 с.
9. Пидопличко, Н. М. Грибы – паразиты культурных растений. Определитель: в 3 т. / Н. М. Пидопличко. – Киев: Наукова думка, 1977. – Т. 2: Грибы несовершенные. – 299 с.
10. Флора спорных растений Казахстана. Несовершенные грибы. Монициальные / С. Р. Шварцман [и др.]; под общ. ред. С. Р. Шварцмана. Алма-Ата: Наука, 1975. – Т. VIII. – Ч. 2. – 520 с.
11. Ellis, M. B. Dematiaceous hyphomycetes / M. B. Ellis. – Surrey: Kew, 1971. – 608 p.

Поступила в редакцию 20.11.2023 г.

УДК 582.24

Е. Л. МОРОЗ¹, Ю. К. НОВОЖИЛОВ²

БИОТА МИКСОМИЦЕТОВ В ЛЕСАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»

¹Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: moroze.l@tut.by

²Ботанический институт имени В. Л. Комарова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты изучения биоразнообразия миксомицетов в лесах национального парка «Нарочанский», проведенного в 1984–1993 гг. и 2017–2022 гг. Сборы спорофоров и их исследование осуществляли в ходе традиционных полевых маршрутных и лабораторных исследований с использованием метода влажной камеры. Идентифицировано 196 видов миксомицетов, из них *Cribraria macrostipitata*, *Didymium annulisporum*, *Lamproderma maculatum*, *L. pseudomaculatum*, *Symphytocarpus amaurochaetoides* обнаружены в Беларуси впервые. Для каждого вида указана информация, включающая оценку частоты встречаемости, тип растительности, субстрат, местонахождение (окрестности населенного пункта и географические координаты), принадлежность к эколого-трофической группе, распространение в мире и местонахождение в сопредельных с Беларусью странах. Установлено распределение видов миксомицетов в исследуемых растительных формациях и выявлены новые местонахождения редких в мировом масштабе видов миксомицетов. В лесах национального парка выделено 16 эколого-трофических групп миксомицетов.

Ключевые слова: амоебозоа, мухомыцеты, влажные камеры, биоразнообразие, леса умеренного пояса, особо охраняемые природные территории, таксономия.

E. L. MOROZ¹, Ju. K. NOVOZHILOV²

BIOTA OF MYXOMYCETES IN FORESTS OF NATIONAL PARK “NAROCHANSKY”

¹V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Science of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: moroze.l@tut.by

²V. L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

Annotation. The study of the myxomycetes biodiversity in various forest formations of the Narochansky National Park carried out in 1984–1993, 2017–2022 and included sporophore collections from traditional field surveys and laboratory studies using the wet chamber method. There are 196 species of myxomycetes have been identified, and *Cribraria macrostipitata*, *Didymium annulisporum*, *Lamproderma maculatum*, *L. pseudomaculatum*, *Symphytocarpus amaurochaetoides* discovered for the first time in Belarus. New locations of globally rare myxomycete species identified. For each species, information provided, including an estimate of the occurrence frequency, vegetation type, substrate, location (surroundings area and geographic coordinates), ecological-trophic group, distribution in the world and location in adjacent to Belarus countries. The distribution of myxomycete species in the studied plant formations revealed. In the forests of the National Park, 16 ecological-trophic groups of myxomycetes have been identified.

Keywords: amoebozoa, myxomycetes, moist chambers, diversity, temperate forests, specially protected nature territories, taxonomy.

ВВЕДЕНИЕ

Миксомицеты (*Mухомыцеты*) – амебодные грибообразные организмы с уникальным жизненным циклом, относящиеся к супергруппе *Амоебозоа* [1, 2].

Национальный парк «Нарочанский» (НП) основан в 1999 г. в целях сохранения уникальных природных комплексов, объединенных оз. Нарочь, как эталон природных ландшафтов, хранилище генетического фонда растительного и животного мира Белорусского Поозерья. НП расположен на северо-западе Беларуси на территории Мядельс-

кого (96%) и Вилейского районов (2%) Минской области, Поставского района (1,7%) Витебской области и Сморгонского района (0,3%) Гродненской области. Площадь парка составляет 87356,3 га, протяженность с севера на юг – 34 км, с запада на восток – 59 км. Отличительной особенностью парка является концентрация на его территории больших и малых озерных экосистем, которые составляют 17,1% общей площади [3].

Согласно ботанико-географическому районированию Восточной Европы территория НП от-

носится к Евразийской таежной (хвойнолесной) области северо-европейской таёжной провинции Валдайско-Онежской подпровинции [4, 5]. В соответствии с геоботаническим районированием Беларуси большая часть территории НП относится к Нарочано-Вилейскому району Ошмянно-Минского округа подзоны дубово-темнохвойных подтаежных лесов и небольшая часть на северо-востоке – к Дисненскому району Западно-Двинского округа этой же подзоны [5–7]. Около 51,3% площади НП занимают леса, из них хвойные леса – 27,0 тыс. га или 31,0% от площади НП [3].

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Традиционные полевые маршрутные исследования включали в себя сбор образцов спорофоров по общепринятым методикам [18, 19]. Кроме того, нами использован ставший уже общепринятым метод «влажных камер», который позволяет более полно выявлять видовой состав миксомицетов различных эколого-трофических групп в не зависимо от времени года. Он основан на наличии в жизненном цикле миксомицетов покоящихся стадий (микроцист, склероциев), которые при наступлении благоприятных условий – наличие влаги, тепла могут развиваться в плазмодии и в дальнейшем с уменьшением влажности и с появлением положительного фототаксиса сформировать спорофоры. Мы использовали данный метод для изучения структуры сообществ миксомицетов на таких субстратах как кора живых деревьев (сосна, ель, ольха черная), опаде хвой (сосна, ель), опаде шишки (сосна, ель), опаде соплодий ольхи черной, опаде растительных остатков (листья, мелкие веточки) в черноольшаниках, помете растительоядных животных. В сосновых, еловых и черноольшаниковых формациях были заложены три площадки 100×100 м. Случайным образом из 10 деревьев и точек каждой площадки, с приблизительно одновозрастным древостоем отбирались пробы коры и опада. Каждое дерево и точка соответствовали одной влажной камере, всего в опыте было установлено 270 влажных камер. Определение географических координат площадок проводили с помощью GPS. Кроме того, во время полевых работ нами собран помет растительоядных животных (благородный олень, заяц русак, лось, косуля), который мы также заложили во влажные камеры (149 камер). Опыт с влажными камерами проводили по стандартному методу с использованием чашек Петри диаметром 9 см [18–20]. Чашки содержали при комнатной температуре (20–24°C) и рассеянном

Сведения о видовом составе миксомицетов НП носят фрагментарный характер. Первым подобного рода исследованием является работа М. Твардовской, в которой приводятся сведения о 32-х видах миксомицетов [8], собранных в окрестностях д. Шеметово (теперь входит в территорию НП). В связи с этим в 1984–1993 гг. и 2017–2022 гг. нами проведены исследования по изучению биоразнообразия миксомицетов как уникальных представителей биоты в различных лесных формациях парка [9–17].

свете три месяца и проверяли девять раз (на 2–4-й, 6–8-ой, 11–14-й, 20–22-ой, 40–44-й, 50–55-й, 60–62-ой, 70–72-ой, 80–92-ой день соответственно) под биноклем.

Определение видовой принадлежности собранных коллекций проведено в лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института имени В. Л. Комарова РАН и лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси. Микроморфологические структуры спорофоров изучали с помощью микроскопов Olympus SZ61, Olympus BX 51, Zeiss Axio Imager A1, стереомикроскопа Zeiss Discovery V20 и сканирующего электронного микроскопа JSM-6390 LA в центре коллективного пользования Ботанического института имени В. Л. Комарова РАН. Заключение о видовой идентификации собранных образцов производили на основании изучения макро- и микро-морфологических признаков с использованием отечественных и зарубежных определительных пособий [18, 20–23].

В аннотированном списке названия миксомицетов представлены согласно номенклатурной базе Nomenmuk K. Ладо [24]. Для оценки распространения видов миксомицетов использованы базы данных: GBIF (The Global Biodiversity Information Facility) [25]; DL (Discover Life) [26]; F. Göttsche (World Reports of Mucromycetes) [27] – для сопредельных с Беларусью стран (Латвии, Литве, Польше, Украине). Данные о нахождении вида в России получены из работы Ф. М. Бортникова с соавторами [28] и электронной базы «Mucromycetes of Russia 2020–2023» [29]. Для каждого вида приведены следующие характеристики и буквенные обозначения:

- 1) латинское название вида и авторы таксона¹;
- 2) * – отмечены новые для Беларуси виды;

¹ *Sensu lato* (перевод с латинского – в широком смысле) – добавление к названию таксона показывает необходимость уточнения объема данного вида.

3) ** – редкие² в мировом плане виды;

4) f (fild) – полевые сборы или mc (moist chamber) – сборы в условиях лабораторного опыта во влажной камере;

5) оценка частоты встречаемости вида дана по принятой шкале С. Л. Стефенсона [30, 31]:

Р – редкий вид (<0,5% от общего количества видов); О – изредка встречающиеся (0,5–1,5%); С – обычные (1,5–3%); А – обильные или вид с высокой степенью встречаемости (>3%). Частоты встречаемости приведены сначала для данных полученных в ходе полевых сборов (F), затем – для «влажных камер» (Mc), в скобках первая цифра – это общее количество сборов;

6) лесные формации: сосновый лес – Р (pine forest); еловый лес – S (spruce forest); черноольховый лес – ВА (black alder forest);

7) субстраты³:

b (bark) – кора живых растений; **w** (decaying wood without bark) – мертвая древесина без коры; **wb** (rotten cambium of still so mycomycete hidden between bark and wood) – смешанный образец древесины и коры (древесина обычно со сгнившим камбием но еще прочная и с сохранившейся корой); **ll** (leaf litter on ground, usually from deciduous trees and shrubs) – опад листьев деревьев и кустарников (включая опад мелких веточек и плодов кустарников) на почве; **lt** (litter of coniferous needles and small twigs) – опад хвои; **c** (coniferous cones) – шишки хвойных; **if** (litter of pods and fruits) – опад плодов в том числе опад соплодий (шишки) ольхи черной (*A. glutinosa* (L.) Gaertn.); **lg** (litter of grasses on soil, usually on open ground) – опад трав (осоки, злаки и т.д.) на почве; **l** (ground litter of different genesis) – смешанный опад; **m** (mosses) – мхи; **g** (living high herbs) – живые многолетники, травы; **f** (fruitbodies of mushrooms) – плодовые тела грибов; **d** (dung and drops of plant-eating animals) – помет растительноядных животных;

8) loc (locality) – географические координаты местонахождений⁴ образцов спорофоров;

Сосновые леса (P):

Окр. д. Степенево: 3 – 54°52'56"N, 26°40'20"E; 8 – 54°52'54"N, 26°40'35"E; 34 – 54°54'34"N, 26°40'51"E; 35 – 54°54'24"N, 26°41'57"E; 50 – 54°54'26"N, 26°41'55"E; 86 – 54°52'50"N, 26°40'28"E; 102 – 54°54'23"N, 26°42'03"E; 129 – 54°54'25"N, 26°41'58"E; 150 – 54°54'07"N, 26°41'07"E; 151 – 54°54'20"N, 26°41'37"E; 177 – 54°54'24"N, 26°41'32"E; 193 – 54°54'23"N, 26°41'47"E; 194 – 54°54'26"N, 26°41'31"E; 200 – 54°54'20"N, 26°41'37"E; 203 – 54°54'22"N, 26°41'35"E.

Окр. д. Малая Сырмеж: 23 – 54°53'31"N, 26°40'46"E; 29 – 54°53'28"N, 26°39'20"E; 37 – 54°54'03"N, 26°39'36"E; 67 – 54°53'29"N, 26°39'30"E; 89 – 54°53'51"N, 26°39'38"E; 138 – 54°53'52"N, 26°40'02"E; 219 – 54°53'46"N, 26°39'46"E.

Окр. д. Урлики: 9 – 54°53'56"N, 26°40'40"E; 36 – 54°53'59"N, 26°40'36"E; 81 – 54°54'01"N, 26°40'48"E; 77 – 54°54'05"N, 26°40'44"E; 82 – 54°54'05"N, 26°40'44"E; 87 – 54°53'58"N, 26°40'44"E; 116 – 54°54'32"N, 26°42'00"E; 136 – 54°54'57"N, 26°40'48"E; 152 – 54°53'46"N, 26°40'36"E; 156 – 54°54'54"N, 26°40'49"E; 175 – 54°53'50"N, 26°40'47"E; 176 – 54°54'07"N, 26°41'29"E; 183 – 54°53'55"N, 26°40'25"E; 184 – 54°53'58"N, 26°41'05"E; 196 – 54°54'00"N, 26°40'47"E; 199 – 54°53'56"N, 26°40'50"E; 217 – 54°53'54"N, 26°40'49"E.

Окр. к. п. Нарочь: 22 – 54°55'21"N, 26°40'46"E; 38 – 54°54'23"N, 26°41'56"E; 58 – 54°54'10"N, 26°41'17"E; 68 – 54°54'06"N, 26°41'31"E; 84 – 54°53'04"N, 26°40'24"E; 95 – 54°54'15"N, 26°41'35"E; 99 – 54°53'04"N, 26°40'24"E; 103 – 54°54'17"N, 26°41'56"E; 115 – 54°54'10"N, 26°41'15"E; 125 – 54°53'04"N, 26°40'24"E; 140 – 54°53'57"N, 26°40'48"E; 141 – 54°54'08"N, 26°41'34"E; 149 – 54°53'04"N, 26°40'24"E; 154 – 54°54'29"N, 26°42'55"E; 182 – 54°54'26"N, 26°41'33"E; 197 – 54°54'28"N, 26°42'57"E; 202 – 54°54'20"N, 26°42'03"E; 205 – 54°55'27"N, 26°40'06"E; 208 – 54°54'33"N, 26°42'46"E; 209 – 54°54'29"N, 26°42'55"E; 210 – 54°54'21"N, 26°41'50"E.

Окр. г. Мядель, санаторий (сан.) Сосны: 19 – 54°50'37"N, 26°51'52"E; 206^{F:MC} – 54°49'51"N, 26°50'04"E.

Окр. д. Ольшево: 55 – 54°57'06"N, 26°21'38"E; 70 – 54°57'38"N, 26°22'25"E; 79 – 54°57'31"N, 26°22'24"E; 85 – 54°57'06"N, 26°21'38"E; 90 – 54°57'44"N, 26°22'29"E; 96 – 54°54'04"N, 26°40'24"E; 112 – 54°57'18"N, 26°21'54"E; 119 – 54°57'19"N, 26°21'56"E; 123 – 54°57'26"N, 26°21'59"E; 145 – 54°57'16"N, 26°21'52"E; 172 – 54°57'26"N, 26°22'18"E; 186 – 54°54'23"N, 26°41'47"E; 190 – 54°57'36"N, 26°22'31"E.

Окр. агрогородка (аг.) Занарочь, дорога Р 60, поворот к памятнику партизан: 4^{F:MC} – 54°46'19"N, 26°52'53"E; 17^{F:MC} – 54°47'12"N, 26°54'02"E; 32 – 54°46'21"N, 26°53'11"E; 92 – 54°47'12"N, 26°54'02"E; 163 – 54°47'32"N, 26°54'13"E; 174 – 54°46'21"N, 26°53'05"E; 180 – 54°54'13"N, 26°41'15"E; 197 – 54°46'33"N, 26°53'35"E.

Окр. д. Узла: 1 – 54°43'34"N, 26°56'09"E.

Окр. д. Шеметово: 28 – 54°49'25"N, 26°34'43"E.

Окр. д. Слобода: 62 – 54°43'46"N, 27°22'17"E.

Окр. д. Яцны: 146 – 54°56'23"N, 26°27'24"E.

Еловые леса (S):

Окр. (к. п.) Нарочь: 2 – 54°54'23"N, 26°41'56"E; 40 – 54°54'24"N, 26°41'57"E; 113 – 54°52'22"N, 26°40'06"E; 135 – 54°54'34"N, 26°41'43"E; 137 – 54°54'14"N, 26°41'27"E.

Окр. д. Урлики: 100 – 54°54'12"N, 26°41'10"E; 108 – 54°54'11"N, 26°41'08"E; 218 – 54°53'39"N, 26°40'49"E.

Окр. д. Яцны: 27 – 54°56'16"N, 26°27'27"E; 66 – 54°57'07"N, 26°26'16"E; 83 – 54°56'20"N, 26°26'30"E; 104 – 54°57'08"N, 26°26'28"E; 153 – 54°56'40"N, 26°26'22"E; 181 – 54°56'23"N, 26°27'24"E; 195 – 54°56'14"N, 26°28'33"E; 213 – 54°56'25"N, 26°25'36"E.

² Под редкими видами, мы понимаем виды, находки которых являются единичными или ограничены определенными территориями.

³ Для субстратов использована универсальная модульная система обозначений типов субстратов, предложенная Ю. К. Новожиловым [32–34].

⁴ Полужирным шрифтом выделены номера локалитетов и географические координаты площадок, где были собраны субстраты для влажных камер.

Окр. д. Станчики: 64 – 54°57'08"N, 26°26'28"E; 72 – 54°57'38"N, 26°26'21"E; 101 – 54°57'30"N, 26°25'24"E; 143 – 54°57'32"N, 26°26'35"E.

Окр. д. Ольшево: 13 – 54°57'28"N, 26°22'12"E; 26 – 54°57'24"N, 26°21'54"E; 39 – 54°57'05"N, 26°22'06"E; 41 – 54°57'26"N, 26°22'20"E; **44^{F:MC} – 54°57'38"N, 26°21'49"E**; 46 – 54°56'55"N, 26°21'58"E; 71 – 54°57'25"N, 26°21'47"E; 73 – 54°57'25"N, 26°21'49"E; 75 – 54°57'20"N, 26°21'55"E; 80 – 54°56'57"N, 26°22'05"E; 88 – 54°57'24"N, 26°22'06"E; 97 – 54°56'49"N, 26°22'11"E; 117 – 54°57'52"N, 26°21'47"E; 118 – 54°57'38"N, 26°21'27"E; 126 – 54°57'26"N, 26°21'52"E; 127 – 54°57'28"N, 26°22'12"E; 128 – 54°57'22"N, 26°21'55"E; 131 – 54°57'19"N, 26°21'56"E; 133 – 54°57'17"N, 26°22'28"E; 139 – 54°57'22"N, 26°21'58"E; 142 – 54°56'39"N, 26°22'14"E; 147 – 54°57'22"N, 26°21'58"E; 148 – 54°57'38"N, 26°22'25"E; 173 – 54°56'53"N, 26°22'00"E; 185 – 54°57'45"N, 26°22'04"E; 188 – 54°57'11"N, 26°22'29"E; 214 – 54°56'23"N, 26°21'56"E; 215 – 54°56'55"N, 26°22'15"E; **216^{F:MC} – 54°57'07"N, 26°23'36"E (d)**; 220 – 54°57'36"N, 26°21'46"E.

Окр. д. Малая Сырмеж:

11 – 54°57'38"N, 26°21'49"E; 12 – 54°57'37"N, 26°22'33"E; 43 – 54°57'17"N, 26°21'46"E; 49 – 54°53'51"N, 26°39'49"E; 78 – 54°54'09"N, 26°39'53"E; 130 – 54°54'07"N, 26°39'37"E; 166 – 54°57'23"N, 26°22'16"E.

Окр. д. Шеметово: 47 – 54°50'33"N, 26°31'26"E; 105 – 54°50'12"N, 26°32'27"E; 122 – 54°50'17"N, 26°32'00"E; 124 – 54°50'33"N, 26°31'55"E.

Окр. д. Грумбиненты:

21 – 54°56'77"N, 26°24'18"E; **25^{F:MC} – 54°56'59"N, 26°25'06"E**; **59^{F:MC} – 54°56'53"N, 26°24'19"E**; 93 – 54°56'38"N, 26°24'29"E; 168 – 54°56'40"N, 26°24'27"E.

Окр. аг. Занарочь, дорога Р 60, поворот к памятнику партизан:

15 – 54°46'18"N, 26°52'58"E; 94 – 54°46'27"N, 26°54'30"E.

Окр. д. Константиново: 10 – 54°56'56"N, 26°28'46"E.

Окр. д. Степенево: 170 – 54°54'32"N, 26°42'05"E.

Черноольшаники (ВА):

Окр. д. Ольшево: 5 – 54°58'04"N, 26°22'28"E; 6 – 54°57'34"N, 26°22'18"E; 7 – 54°56'56"N, 26°22'05"E; **18^{F:MC} – 54°56'54"N, 26°21'48"E**; 48 – 54°57'34"N, 26°21'42"E; 57 – 54°57'04"N, 26°22'05"E; 60 – 54°57'16"N, 26°21'40"E; 63 – 54°56'54"N, 26°21'44"E; 69 – 54°56'54"N, 26°21'44"E; 74 – 54°57'38"N, 26°21'27"E; 76 – 54°56'55"N, 26°21'58"E; 98 – 54°57'24"N, 26°22'06"E; 106 – 54°56'49"N, 26°21'56"E;

107^{F:MC} – 54°57'52"N, 26°21'47"E (d); 109 – 54°57'58"N, 26°22'21"E; 111 – 54°56'43"N, 26°21'51"E; 114 – 54°56'57"N, 26°22'01"E; 120 – 54°57'17"N, 26°21'46"E; 144 – 54°57'19"N, 26°21'56"E; 155 – 54°56'55"N, 26°21'51"E; 157 – 54°57'56"N, 26°22'12"E; 162 – 54°56'56"N, 26°21'51"E; 165 – 54°56'55"N, 26°21'58"E; 191 – 54°57'52"N, 26°21'47"E; 192 – 54°56'58"N, 26°22'08"E; 198 – 54°56'53"N, 26°21'52"E; 187 – 54°57'08"N, 26°22'35"E; 212 – 54°57'24"N, 26°21'48"E.

Окр. д. Константиново: 24 – 54°57'04"N, 26°25'44"E; 30 – 54°56'16"N, 26°27'27"E; 33 – 54°56'32"N, 26°26'01"E; 45 – 54°56'42"N, 26°26'00"E; 52 – 54°56'42"N, 26°27'25"E; 53 – 54°56'38"N, 26°27'03"E; 54 – 54°56'36"N, 26°27'12"E; 56 – 54°56'35"N, 26°26'48"E; 61 – 54°56'00"N, 26°26'44"E; 65 – 54°56'29"N, 26°27'14"E; 93 – 54°55'54"N, 26°26'44"E; 110 – 54°56'58"N, 26°25'45"E; 132 – 54°55'52"N, 26°28'20"E.

Окр. д. Логовины: 134 – 54°54'25"N, 26°46'01"E.

Окр. д. Яцыны: 14 – 54°56'11"N, 26°26'38"E; 42 – 54°56'30"N, 26°27'30"E; 158 – 54°57'05"N, 26°26'57"E; 159 – 54°55'51"N, 26°27'24"E; 161 – 54°56'36"N, 26°26'47"E; 169 – 54°56'11"N, 26°26'38"E; 171 – 54°56'23"N, 26°27'24"E; 178 – 54°56'35"N, 26°26'48"E; 179 – 54°56'49"N, 26°22'11"E; 189 – 54°56'20"N, 26°26'29"E; 201 – 54°56'05"N, 26°26'41"E; 204 – 54°56'36"N, 26°27'36"E; 207 – 54°56'35"N, 26°27'58"E; 211 – 54°56'33"N, 26°26'50"E.

Окр. г. Мядель, дорога Р 47, поворот д. Юшковичи, 1 км справа: **16^{F:MC} – 54°55'23"N, 26°54'33"E**; 91 – 54°55'54"N, 26°54'44"E; 160 – 54°55'22"N, 26°54'26"E.

Окр. г. Мядель, дорога Р 58, 137 км, 1 км до знака г. Мядель, слева: **20^{F:MC} – 54°51'02"N, 26°55'26"E**.

9) принадлежность к эколого-трофической группе: лигнофильные, кортикальные, подстилочные, копрофильные, бриофильные, нивальные;

10) распространение в мире (для редких видов);

11) местонахождение в сопредельных странах.

Гербарные образцы хранятся в гербарии лаборатории микологии Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси» (MSK-F) и гербарии лаборатории систематики и географии грибов в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Ботанический институт имени В.Л. Комарова Российской академии наук» (LE).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В районе исследований собрано 2260 полевых образцов спорофоров и 587 образцов спорофоров

из 270 влажных камер с корой, опадом и 149 камер с пометом травоядных животных.

Аннотированный список видов миксомицетов лесных формаций НП «Нарочанский»:

Amaurochaete atra (Alb. & Schwein.) Rostaf. F – R (2, 0,1%); P; wb – 2 (*Pinus sylvestris*); loc: 1, 190. Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

***A. comata* G. Lister & Brândza F – R (1, 0,04%); P wb – 1 (*P. sylvestris*); loc: 2. Лигнофильный. Распространение: в Европе (Германия, Румыния, Франция, Швейцарии, Швеция),

Среднем Востоке (Турция), Азии (Япония). Местонахождение в сопредельных странах: не обнаружен.

***A. tubulina* (Alb. & Schwein.) T. Macbr. F – R (1, 0,04%); P; b – 1 (*P. sylvestris*); loc: 39. Кортикальный. Распространение: в Европе (Англия, Германия, Дания, Италия, Нидерланды, Финляндия, Швеция), Среднем Востоке (Турция), Северной Америке (США). Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

Angioridium sinuosum (Bull.) Grev.

F – R (4, 0,2%); P; S; BA; b – 1 (*Alnus glutinosa*); ll – 1 (*A. glutinosa*); lt – 2 (*Picea abies*); loc: 181, 182.

Mc – C (11, 1,9%); BA; b – 5 (*A. glutinosa*); lf – 6 (*A. glutinosa*); loc: 16, 18, 20, 31, 91, 167. Лигнофильный, подстилочный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

Arcyria affinis Rostaf.

F – R (4, 0,2%); P; BA; b – 1 (*A. glutinosa*); w – 2 (*Populus tremula*), lt – 1 (*P. sylvestris*); loc: 7, 35, 60.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

A. cinerea (Bull.) Pers.

F – O (24, 1,1%); P; S; BA; b – 6 (*A. glutinosa*); b – 3 (*A. glutinosa*); wb – 5 (*A. glutinosa*); w – 3 (*P. sylvestris*), 3 (*B. pendula*), 2 (*P. abies*), 2 (*A. glutinosa*); loc: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 25, 59, 84, 103, 158, 188.

Mc – A (35, 6%); P; S; BA; b – 6 (*A. glutinosa*), 4 (*P. abies*), 4 (*P. sylvestris*); ll – 4 (*A. glutinosa*), lt – 1 (*P. abies*), 1 (*P. sylvestris*); lc – 5 (*P. abies*), 3 (*P. sylvestris*); if – 3 (*A. glutinosa*); c – 2 (*P. abies*), 2 (*P. sylvestris*); loc: 4, 11, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21.

Лигнофильный, подстилочный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

A. congesta (Sommerf.) Berk. & Broome

F – R (3, 0,1%); P; wb – 1 (*B. pendula*); w – 1 (*B. pendula*), 1 (*P. sylvestris*); loc: 3, 4.

Mc – O (6, 1%); BA; ll – 2 (*A. glutinosa*), lf – 2 (*A. glutinosa*), d – 2; loc: 5, 6, 107.

Лигнофильный, подстилочный, копрофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

A. denudata (L.) Wettst.

F – O (11, 0,5%); P; S; BA; wd – 2 (*A. glutinosa*), w – 3 (*A. glutinosa*), 2 (*P. sylvestris*), 1 (*P. tremula*); lt – 1; m – 2; loc: 14, 22, 24, 25, 48, 63, 81, 87, 107, 159, 186, 213.

Лигнофильный, подстилочный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

A. ferruginea Saut.

F – R (6, 0,3%); P; S; w – 3 (*P. sylvestris*), 3 (*P. abies*); loc: 8, 9, 12, 26.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

A. globosa Schwein.

Mc – R (2, 0,3%); BA; if – 2 (*A. glutinosa*); loc: 18, 212. Подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Россия, Украина.

***A. helvetica* (Meyl.) H. Neubert, Nowotny & K. Baumann

F – R (3, 0,1%); S; BA; w – 2 (*P. sylvestris*), 1 (*P. tremula*); loc: 27, 131, 187.

Лигнофильный. Распространение: в Европе (Австрия, Германия, Исландия, Франция, Швейцария),

Азии (Китай, Непал, Япония), Северной Америке (США). Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Украина.

***A. imperialis* (G. Lister) Q. Wang & Yu Li

F – R (2, 0,1%); BA; w – 2 (*A. glutinosa*); loc: 2.

Лигнофильный. Распространение: в Европе (Австрия, Германия), Среднем Востоке (Турция), Азии (Бутан, Индия, Япония). Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

A. incarnata (Pers. ex J.F. Gmel.) Pers.

F – O (16, 0,7%); P; S; BA; wb – 2 (*A. glutinosa*) w – 2 (*P. sylvestris*), 6 (*A. glutinosa*), 2 (*P. tremula*), 4 (*P. abies*); loc: 2, 12, 13, 28, 29, 30, 31, 32, 50, 86, 97, 100, 102, 139, 188.

Mc – O (3, 0,5%); P; BA; b – 2 (*A. glutinosa*), 1 (*P. abies*); loc: 159, 187.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

A. insignis Kalchbr. & Cooke

F – R (2, 0,1%); BA; wb – 1 (*A. glutinosa*) w – 1 (*A. glutinosa*); loc: 18, 30, 33.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

***A. marginoundulata* Nann.-Bremek. & Y. Yamam.

Mc – O (7, 1,2%); BA; if – 7 (*A. glutinosa*); loc: 16, 20, 31, 91, 160, 167.

Подстилочный. Распространение: единичные находки в Европе (Германия, Нидерланды, Франция), Азии (Лаос, Вьетнам, Япония, Тайвань, Филиппины), США (штаты Арканзас, Техас, Западная Вирджиния). Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия.

A. minuta Buchet

F – R (1, 0,04%); P; w – 1 (*A. glutinosa*); loc: 34.

Mc – R (1, 0,2%); BA; b – 1 (*A. glutinosa*); loc: 16.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

A. obvelata (Oeder) Onsberg

F – O (23, 1%); P; S; w – 7 (*P. sylvestris*), 5 (*B. pendula*), 4 (*P. abies*), 4 (*A. glutinosa*); g – 3; loc: 12, 15, 35, 36, 37, 38, 39.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

A. oerstedii Rostaf.

F – R (2, 0,1%); P; S; w – 1 (*P. sylvestris*), 1 (*P. abies*); loc: 36, 40.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

A. pomiformis (Leers) Rostaf.

F – O (23, 1%); P; S; BA; wb – 5 (*A. glutinosa*), 3 (*P. sylvestris*), 1 (*P. abies*); w – 6 (*P. sylvestris*), 5 (*P. abies*), 3 (*A. glutinosa*); loc: 12, 27, 32, 39, 41, 44, 42, 57, 63, 84, 129, 150, 151, 171, 189, 202, 211.

Mc – C (13, 2,2%); S; BA; b – 8 (*P. abies*), 5 (*A. glutinosa*); loc: 11, 15, 16, 13, 14, 20, 21, 31, 168.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

A. stipata (Schwein.) Lister

F – R (3, 0,1%); P; BA; wb – 1 (*Frangula alnus*); w – 2 (*A. glutinosa*); loc: 38, 43, 168.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

****A. versicolor** W. Phillips

F – R (1, 0,04%); S; w – 1 (*P. sylvestris*); loc: 44.

Лигнофильный. Нивальный вид. Распространение: в Европе (Австрия, Бельгия, Венгрия, Германия, Испания, Италия, Нидерланды, Румыния, Сербия, Франция, Швейцария), Среднем Востоке (Турция), Азии (Индия, Китай, Япония), Марокко, Северной Америке (Канада, США), Южной Америке (Аргентина, Бразилия). Местонахождение в сопредельных странах: Россия.

Badhamia bethelii (T.Macbr. ex G.Lister) J.M.García-Martín, J.C.Zamora & Lado

F – R (1, 0,104%); P; w – 1 (*P. sylvestris*); loc: 180.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия.

B. capsulifera (Bull.) Berk.

F – R (8, 0,4%); S; BA; b – 4 (*A. glutinosa*); wb – 2 (*A. glutinosa*); w – 2 (*A. glutinosa*); loc: 18, 27, 44, 83, 93, 111, 117, 126.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

B. foliicola Lister

F – R (8, 0,4%); P; BA; b – 1 (*A. glutinosa*); wb – 3 (*A. glutinosa*); lg – 1; lt – 1; g – 2; loc: 9, 13, 45, 46, 48, 55, 70, 80, 139, 147.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Украина, Польша.

****B. lilacina** (Fr.) Rostaf.

F – R (3, 0,1%); BA; P; wb – 1 (*A. glutinosa*); w – 1 (*A. glutinosa*); g – 1 (*Oxycoccus palustris*); loc: 49, 50, 93.

Лигнофильный. Распространение: в Европе (Великобритания, Венгрия, Германия, Дания, Ирландия, Италия, Нидерланды, Норвегия, Румыния, Финляндия, Франция, Швейцария, Швеция, Шотландия, Эстония), Северной Америке (Канада, США). Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия.

B. macrocarpa (Ces.) Rostaf.

F – R (5, 0,2%); BA; wb – 2 (*A. glutinosa*); w – 2 (*A. glutinosa*), 1 (*B. pendula*); loc: 14, 24, 30, 57, 207.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

B. panicea (Fr.) Rostaf.

F – R (2, 0,1%); BA; wb – 1 (*P. tremula*), 1 (*A. glutinosa*); loc: 24, 30.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Польша, Россия, Украина.

B. utricularis (Bull.) Berk.

F – R (3, 0,1%); P; BA; b – 2 (*A. glutinosa*); w – 1 (*P. sylvestris*); loc: 55, 162, 187.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

****B. versicolor** Lister

F – R (1, 0,04%); BA; w – 1 (*A. glutinosa*); loc: 56.

Лигнофильный. Распространение: в Европе (Великобритания, Испания, Германия, Франция), в Северной (США, Мексика) и Южной (Аргентина) Америке, Азии (Индия, Шри Ланка), Африке (Египет), Австралии. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

****Brefeldia maxima** (Fr.) Rostaf.

F – R (1, 0,04%); BA; w – 1 (*A. glutinosa*); loc: 57.

Лигнофильный. Распространение: в Европе (Великобритания, Германия, Финляндия, Франция, Швеция), Северной (США) и Южной (Аргентина) Америке, Азии (Индия, Пакистан, Япония), Австралии. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

Calomyxa metallica (Berk.) Nieuwl.

F – R (1, 0,04%); BA; wb – 1 (*B. pendula*); loc: 18.

Mc – C (9, 1,53%); BA; P; S; b – 3 (*A. glutinosa*); 4 (*P. abies*), 1 (*P. sylvestris*), 1 (*B. pendula*); loc: 15, 17, 16, 20, 21, 32, 91, 93, 160, 168.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Clastoderma debaryanum A. Blytt

Mc – A (20, 3,4%); P; S; BA; b – 8 (*A. glutinosa*), 5 (*P. abies*), 2 (*P. sylvestris*); if – 2; m – 3; loc: 4, 15, 16, 31, 91, 94, 17, 21, 25, 32, 19, 92, 96, 119, 160, 163, 206.

Лигнофильный, подстилочный, кортикальный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Claustria didermoides (Pers.) Fr.

F – R (1, 0,04%); BA; w – 1 (*A. glutinosa*); loc: 165.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

Collaria arcyronema (Rostaf.) Nann.-Bremek. ex Lado

F – R (5, 0,2%); P; S; BA; w – 1 (*P. sylvestris*), 1 (*P. abies*), 1 (*A. glutinosa*); wb – 1 (*A. glutinosa*); lt – 1; loc: 13, 14, 32, 51, 58.

Mc – R (1, 0,2%); BA; ll – 1 (*A. glutinosa*); loc: 14.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Colloderma oculatum (C. Lippert) G. Lister

Mc – R (1, 0,2%); BA; m – 1; loc: 16.

Бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Comatricha alta Preuss

F – R (3, 0,1%); P; S; w – 1 (*P. abies*), 2 (*P. sylvestris*); loc: 59, 180.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Россия, Украина.

C. elegans (Racib.) G. Lister

F – R (2, 0,1%); BA, P; w – 2 (*P. sylvestris*); loc: 3, 60.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

C. ellae Härk.

F – R (4, 0,2%); P; BA; w – 2 (*P. abies*), 2 (*P. sylvestris*);
loc: 3, 14, 61, 81.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Россия, Украина.

C. laxa Rostaf.

F – O (19, 0,8%); P; S; BA; w – 10 (*P. sylvestris*), 5 (*P. abies*), 3 (*A. glutinosa*); wb – 1 (*P. abies*); loc: 11, 13, 14, 22, 34, 41, 58, 62, 63, 64, 158, 204.

Mc – O (3, 0,5%); P; b – 2 (*P. sylvestris*); c – 1 (*P. sylvestris*); loc: 174, 197.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

***C. longipila* Nann.-Bremek.

F – R (5, 0,2%); S; BA; w – 4 (*P. abies*); m – 1; loc: 35, 64, 66, 215.

Лигнофильный, бриофильный. Распространение: в Европе (Германия, Гренландия, Нидерланды, Норвегия, Финляндия, Франция, Швеция, Шотландия), Среднем Востоке (Израиль, Турция), Азии (Китай, Индия), Северной Америке (США, Мексика), Южной Америке (Бразилия), Австралии. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Россия, Украина.

C. nigra (Pers. ex J.F. Gmel.) J. Schröt.

F – O (24, 1,1%); P; S; BA; w – 9 (*P. sylvestris*), 7 (*P. abies*), 4 (*B. pendula*); wb – 2 (*P. abies*), 2 (*P. sylvestris*);
loc: 30, 51, 64, 67, 68, 69.

Mc – O (5, 0,9%); P; b – 2 (*P. sylvestris*), 3 (*P. abies*);
loc: 67, 129, 174, 197.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

C. pulchella (C. Bab.) Rostaf.

F – O (22, 1%); P; S; BA; b – 5 (*A. glutinosa*); wb – 6 (*P. abies*), 2 (*P. sylvestris*), 2 (*A. glutinosa*); w – 3 (*P. sylvestris*), 3 (*P. abies*), 1 (*B. pendula*); loc: 10, 70, 71, 72, 93, 111, 117, 133, 172, 190.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

C. tenerrima (M.A. Curtis) G. Lister

F – R (1, 0,04%); S; w – 1 (*P. sylvestris*); loc: 73.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Литва, Украина.

Craterium aureum (Schumach.) Rostaf.

F – R (3, 0,1%); P; w – 1 (*P. sylvestris*); ll – 2; loc: 8, 22, 50.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

C. concinnum Rex

Mc – A (39, 6,6%); BA; if – 39 (*A. glutinosa*); loc: 16, 18, 20, 91, 131, 160, 167.

Подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия.

C. leucocephalum (Pers. ex J.F. Gmel.) Ditmar

F – R (3, 0,1%); S; wb – 1 (*P. tremula*); w – 1 (*P. sylvestris*); ll – 1; loc: 51, 75.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

C. minutum (Leers) Fr.

F – R (3, 0,1%); P; BA; ll – 3; loc: 56, 76.

Подстилочный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

Cribraria argillacea (Pers. ex J.F. Gmel.) Pers.

F – O (20, 0,9%); P; S; BA; w – 10 (*P. abies*), 8 (*P. sylvestris*), 2 (*P. tremula*); loc: 2, 3, 10, 12, 23, 24, 32, 39, 40, 62, 72, 77, 78, 79, 177, 218.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

***C. atrofusca* G.W. Martin & Lovejoy

F – R (1, 0,04%); S; w – 1 (*A. glutinosa*); loc: 51.

Лигнофильный. Распространение: в Европе (Австрия, Германия, Италия, Норвегия, Финляндия, Франция, Швейцария), Азии (Индия, Китай, Филиппины, Япония), Северной Америке (Мексика, США). Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Россия.

C. aurantiaca Schrad.

F – R (6, 0,3%); P; S; w – 3 (*P. sylvestris*), 2 (*P. abies*), 1 (*A. glutinosa*); loc: 13, 38, 51, 70, 81, 200.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

C. cancellata (E. Jahn) Y. Yamam.

F – O (11, 0,5%); P; S; BA; w – 6 (*P. sylvestris*), 2 (*P. abies*), 2 (*A. glutinosa*); m – 1; loc: 2, 3, 7, 14, 24, 32, 39, 49, 50, 81, 82, 83, 84, 105, 194.

Лигнофильный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

***C. ferruginea* Meyl.

F – R (3, 0,1%); P; w – 1 (*P. sylvestris*), 2 (*P. abies*); loc: 85, 188, 195.

Лигнофильный. Распространение: в Европе (Австрия, Италия, Нидерланды, Норвегия, Франция, Швейцария), Северной Америке (Мексика, США), Азии (Китай, Япония). Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Польша, Украина.

C. intricata Schrad.

F – R (5, 0,2%); P; BA; w – 2 (*P. sylvestris*), 1 (*P. abies*), 1 (*Alnus incana*), 1 (*A. glutinosa*); loc: 6, 86, 87, 111, 187.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

C. languescens Rex

Mc – O (3, 0,5%); P; S; w – 1 (*P. sylvestris*), 2 (*A. glutinosa*); loc: 17, 88, 213.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия.

C. lepida Meyl.

Mc – O (3, 0,5%); BA; ll – 3 (*A. glutinosa*); loc: 17, 88, 207.

Подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия.

C. macrocarpa Schrad.

F – R (2, 0,1%); S; w – 1 (*A. glutinosa*), 1 (*P. abies*); loc: 89, 90.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Польша, Россия, Украина.

**C. macrostipitata* H. Neubert & Nann.-Bremek.

Спорангии скученные или рассеянные, на ножках, шаровидные, красно-коричневые, 1,5–2,2 мм выс., 0,2–0,5 мм диам. Ножка длинная, утончающаяся кверху, изогнутая. Перидий в виде сети нитей и чашечки. Узелки сети нитей подушковидные, от узелка отходят 5–6 нитей, некоторые из них свободно оканчиваются. Споры 6–8 мкм в диам., шаровидные, светло-желтые, мелкошиповатые.

F – R (1, 0,04%); BA; w – 1 (*P. tremula*); loc: 212.

Лигнофильный. Распространение: в Европе (Финляндия), Южной Америке (Венесуэлла), Азии (Япония). Местонахождение в сопредельных странах: Россия.

C. microcarpa (Schrad.) Pers.

F – O (12, 0,53%); S; P; BA; w – 3 (*A. glutinosa*), 3 (*P. sylvestris*), 1 (*B. pendula*); wb – 3 (*A. glutinosa*); 1 – 1; lg – 1; loc: 3, 86, 88, 91, 120, 157.

Mc – O (3, 0,51%); P; w – 2 (*P. sylvestris*), c – 1 (*P. sylvestris*); loc: 32, 92.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

C. minutissima Schwein.

F – R (1, 0,04%); S; w – 1 (*P. abies*); loc: 2.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия.

C. piriformis Schrad.

F – R (2, 0,1%); BA; S; w – 1 (*A. glutinosa*), 1 (*P. abies*); loc: 93, 71.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

C. purpurea Schrad.

F – O (12, 0,53%); S; BA; w – 1 (*A. glutinosa*), 11 (*P. abies*); loc: 56, 93, 94, 220.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Латвия, Литва, Польша, Украина.

C. rufa (Roth) Rostaf.

F – O (13, 0,6%); P; S; w – 8 (*P. abies*), 4 (*P. sylvestris*), 1 (*A. glutinosa*); loc: 2, 4, 7, 32, 38, 95, 96, 97, 220.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

C. tenella Schrad.

F – R (7, 0,3%); P; S; BA; w – 5 (*P. abies*), 1 (*P. sylvestris*), 1 (*Quercus robur*); loc: 4, 7, 8, 51, 56.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

C. violacea Rex

F – R (1, 0,04%); S; w – 1 (*P. sylvestris*); loc: 51.

Mc – O (4, 0,7%); P; S; BA; b – 2 (*A. glutinosa*); w – 1 (*P. sylvestris*); ll – 1 (*A. glutinosa*); loc: 14, 16, 18, 98.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

C. vulgaris Schrad.

F – R (9, 0,4%); P; S; w – 5 (*P. abies*), 3 (*P. sylvestris*), 1 (*A. glutinosa*); loc: 23, 39, 41, 75, 89, 99.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Diachea leucopodia (Bull.) Rostaf.

F – R (2, 0,1%); S; ll – 2; loc: 13, 100.

Mc – R (0,3%); BA; ll – 2; loc: 74.

Подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

D. obovata (Peck) J.M. García-Martín, J.C. Zamora & Lado

F – R (4, 0,2%); BA; ll – 2 (*A. glutinosa*); m – 2; loc: 56.

Подстилочный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия.

D. subsessilis Peck

Mc – R (0,04%); BA; lg – 1; loc: 20.

Подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

***Diacheopsis metallica* Meyl.

Fc – R (2, 0,1%); S; BA; w – 1 (*P. sylvestris*), 1 (*A. glutinosa*); loc: 76, 101.

Лигнофильный, подстилочный. Нивальный, горный. Распространение: в Европе (Германия, Испания, Италия, Норвегия, Франция, Швейцария, Швеция), Северной Америке (Канада, США), Азии (Новая Зеландия, Япония). Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Украина.

Dianema depressum (Lister) Lister

Fc – R (1, 0,04%); P; w – 1 (*P. sylvestris*); loc: 102.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

Dictydiaethalium plumbeum (Schumach.) Rostaf.

F – R (3, 0,1%); P; S; w – 3 (*P. sylvestris*); loc: 97, 103, 104.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

Diderma deplanatum Fr.

F – R (2, 0,1%); S; w – 1 (*P. sylvestris*); m – 1; loc: 105.

Mc – C (10, 1,7%); P; BA; b – 2 (*A. glutinosa*); ll – 3 (*A. glutinosa*); lf – 3 (*A. glutinosa*); d – 2; loc: 13, 14, 20, 106.

Лигнофильный, подстилочный, кортикальный, копрофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

D. effusum (Schwein.) Morgan

Mc – R (2, 0,1%); BA; b – 1 (*A. glutinosa*); ll – 1 (*A. glutinosa*); loc: 74.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

D. floriforme (Bull.) Pers.

F – R (2, 0,1%); S; BA; w – 1 (*A. glutinosa*), 1 (*Quercus robur*); loc: 107, 147.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

D. hemisphaericum (Bull.) Hornem.
Mc – R (2, 0,3%); BA; ll – 2 (*A. glutinosa*); loc: 5, 74.
Подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

D. montanum (Bull.) Hornem.
F – R (5, 0,2%); P; S; wb – сосна; wb – 1 (*P. sylvestris*); w – 3 (*P. abies*), 1 (*A. glutinosa*); loc: 7, 51, 68, 97, 108.
Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

D. radiatum (L.) Morgan
F – O (12, 0,53%); S; BA; w – 7 (*P. abies*), 5 (*A. glutinosa*) loc: 47, 59, 110, 111, 220.
Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

D. simplex (J. Schröt.) E. Sheld.
F – R (1, 0,04%); P; w – 1 (*P. sylvestris*); loc: 112.
Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия.

D. testaceum (Schrad.) Pers.
F – R (1, 0,04%); P; h – 1 (*Vaccinium vitis-idaea*); loc: 113.
Mc – O (3, 0,5%); BA; b – 1 (*A. glutinosa*); ll – 2 (*A. glutinosa*); loc: 74.
Кортикальный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

D. tigrinum (Schrad.) Prikhodko, Shchepin, Novozh. López-Vill., G. Moreno & Schnittler
F – R (7, 0,3%); P; S; BA; w – 5 (*P. sylvestris*), 1 (*P. abies*); m – 1; loc: 7, 30, 127, 140, 141, 142, 143.
Лигнофильный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия.

D. umbilicatum Pers.
F – R (2, 0,1%); BA; w – 2 (*A. glutinosa*); loc: 114, 162.
Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия.

Didymium anellus Morgan
F – R (2, 0,1%); P; ll – 2; loc: 115, 116.
Mc – R (1, 0,2%); S; m – 1; loc: 216.
Подстилочный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия.

**D. annulisporum* H. W. Keller & Schokn.
Спорофору рассеянные сидячие на сжатом основании, до 1,5 мм выс. и до 1 мм диам. Перидий пленчатый, покрыт белой известью, образующую шероховатую поверхность. Капиллиций состоит из тонких, ветвящихся и анастомозирующих прозрачных нитей, с небольшими рассеянными узелками до 1 мкм в диам. Споры в массе темно-коричневые или почти черные, 8–10 мкм диам., в проходящем свете светло-фиолетовые, орнаментированы бородавками. Mc – R (2, 0,3%); S; ll – 1; lt – 1 (*P. abies*); loc: 11.
Подстилочный. Распространение: в Европе (Австрия, Гренландия, Нидерланды, Норвегия, Швеция), Среднем Востоке (Оман, Турция) Азии (Казахстан, Филиппины), Северной (США) и Южной (Аргентина) Америке. Местонахождение в сопредельных странах: Россия.

D. clavus (Alb. & Schwein.) Rabenh.
F – R (3, 0,1%); P; w – 1 (*P. sylvestris*), 1 (*A. glutinosa*); ll – 1; loc: 115, 177.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

D. crustaceum Fr.
F – R (2, 0,1%); P; w – 1 (*A. glutinosa*); m – 1; loc: 115.
Лигнофильный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия.

D. difforme (Pers.) Gray
F – R (2, 0,1%); S; wb – 1 (*P. sylvestris*); lt – 1 (*P. sylvestris*); loc: 44, 88.

Mc – O (5, 0,9%); P; BA; b – 1 (*P. sylvestris*), 2 (*A. glutinosa*); ll – 2; loc: 4, 5, 74.
Лигнофильный, кортикальный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

D. dubium Rostaf.
F – R (1, 0,04%); S; m – 1; loc: 73.
Бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

D. iridis (Ditmar) Fr. (*Sensu lato*)
F – R (2, 0,1%); BA; ll – 2; loc: 2, 88.
Mc – C (9, 1,53%); BA; b – 3 (*A. glutinosa*); ll – 5; d – 1; loc: 7, 162, 180.

Лигнофильный, подстилочный, копрофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Польша, Россия, Украина.

***D. laxifilum* G. Lister & J. Ross
F – R (2, 0,1%); S; ll – 2; loc: 2, 41.
Подстилочный. Распространение: в Европе (Великобритания, Испания, Нидерланды), Северной (США, Мексика), Центральной (Коста-Рика), Южной (Чили) Америке. Местонахождение в сопредельных странах: не обнаружен.

***D. listeri* Masee
F – R (2, 0,1%); S; P; w – 1 (*P. sylvestris*); lt – 1 (*P. sylvestris*); loc: 2, 26.

Лигнофильный, подстилочный. Распространение: в Европе (Великобритания, Испания), Азии (Пакистан, Тайвань), Ближнем Востоке (Израиль), Африке (Мадагаскар), Северной (США, Мексика), Центральной (Коста-Рика), Южной (Аргентина, Эквадор) Америке. Местонахождение в сопредельных странах: Россия.

D. melanospermum (Pers.) T. Macbr.
F – O (21, 0,9%); S; P; BA; b – 3 (*A. glutinosa*), 3 (*P. abies*), 1 (*B. pendula*); w – 5 (*P. sylvestris*); wb – 2 (*A. glutinosa*), 2 (*B. pendula*); m – 2; lt – 1; ll – 2; loc: 2, 8, 9, 13, 20, 26, 60, 100, 117, 118, 144.

Лигнофильный, подстилочный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

D. minus (Lister) Morgan
F – R (5, 0,2%); P; S; BA; w – 2 (*P. sylvestris*), 1 (*A. glutinosa*); wb – 1 (*A. glutinosa*); ll – 1; loc: 7, 20, 119.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

D. nigripes (Link) Fr.

F – R (7, 0,3%); P; S; BA; w – 2 (*P. sylvestris*); wb – 1 (*B. pendula*), 1 (*A. glutinosa*); lt – 2 (*P. sylvestris*); ll – 1; loc: 107, 120, 155, 174.

Mc – O (6, 1%); BA; ll – 4 (*A. glutinosa*); d – 2; loc: 5, 74, 216.

Лигнофильный, подстилочный, копрофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

D. serpulula Fr.

F – R (2, 0,1%); S; ll – 2; loc: 73, 208.

Подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

D. spongiosum (Leyss.) J.M. García-Martín, J.C. Zamora & Lado

F – O (10, 0,4%); P; S; w – 1 (*P. sylvestris*); g – 9; lt – 1; loc: 11, 150, 159.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Латвия, Польша, Украина.

D. squamulosum (Alb. & Schwein.) Fr. & Palmquist

F – R (3, 0,1%); P; wb – 1 (*P. sylvestris*); m – 1; ll – 1; loc: 56, 68, 115.

Mc – C (9, 1,53%); BA; ll – 6 (*A. glutinosa*); d – 3; loc: 5, 16, 31, 91, 159, 160, 167.

Лигнофильный, подстилочный, бриофильный, копрофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Echinostelium brooksii K.D. Whitney

F – R (1, 0,04%); BA; wb – 1 (*A. glutinosa*); loc: 18.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Латвия, Литва.

E. colliculosum K.D. Whitney & H.W. Keller

Mc – R (1, 0,2%); BA; b – 1 (*A. glutinosa*); loc: 16.

Кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Россия.

E. minutum de Bary

F – R (2, 0,1%); B; S; wb – 1 (*B. pendula*), 1 (*A. glutinosa*); loc: 3, 121.

Mc – C (17, 2,9%); P; S; BA; b – 4 (*A. glutinosa*), 6 (*P. sylvestris*), 2 (*P. abies*); w – 3 (*P. sylvestris*); lf – 2; loc: 4, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 88, 97.

Лигнофильный, подстилочный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Россия, Украина.

Enerthenema papillatum (Pers.) Rostaf.

F – R (4, 0,2%); P; S; w – 2 (*P. abies*), 2 (*P. sylvestris*); loc: 39, 82, 122.

Mc – O (5, 0,9%); P; S; b – 2 (*P. abies*), 3 (*P. sylvestris*); loc: 4, 11.

Лигнофильный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Fuligo cinerea (Schwein.) Morgan

F – R (1, 0,04%); P; wb – 1 (*P. sylvestris*); loc: 22.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Украина.

F. gyrosa (Rostaf.) E. Jahn

Mc – R (2, 0,3%); BA; b – 1 (*A. glutinosa*); ll – 1 (*A. glutinosa*); loc: 18.

Подстилочный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

F. intermedia T. Macbr.

F – R (1, 0,04%); P; wb – 1 (*P. sylvestris*); loc: 123.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Украина.

F. leviderma H. Neubert, Nowotny & K. Baumann

F – O (12, 0,53%); BA; P; S; b – 1 (*P. sylvestris*), 2 (*A. glutinosa*); w – 2 (*P. tremula*), 2 (*P. sylvestris*), 1 (*P. abies*), 1 (*A. glutinosa*), 1 (*P. tremula*); wb – 1 (*A. glutinosa*); lt – 1; loc: 30, 124, 125, 126, 127, 128.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

F. septica (L.) F.H. Wigg.

F – O (25, 1,1%); P; S; BA; wb – 5 (*P. abies*), 5 (*P. sylvestris*), 2 (*A. glutinosa*); w – 2 (*P. abies*), 2 (*P. sylvestris*), 2 (*A. glutinosa*); lt – 1; lg – 2; g – 2; m – 2; loc: 7, 14, 97, 127, 129, 130, 131, 132, 133.

Лигнофильный, подстилочный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Gulielmina vermicularis (Schwein.) García-Cunch., J.C. Zamora & Lado

Mc – R (1, 0,04%); BA; b – 1 (*A. glutinosa*); loc: 7.

Кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Украина.

Hemitrichia abietina (Wigand) G. Lister

F – R (1, 0,04%); P; wb – 1 (*P. sylvestris*); loc: 70.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

H. calyculata (Speg.) M. L. Farr

F – R (1, 0,1%); P; wb – 2 (*P. sylvestris*); loc: 70.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвии, Литва, Польша, Россия, Украина.

H. clavata (Pers.) Rostaf.

F – O (15, 0,7%); BA; P; S; b – 2 (*P. sylvestris*), 2 (*A. glutinosa*); w – 3 (*P. tremula*), 2 (*P. sylvestris*), 1 (*P. abies*), 2 (*A. glutinosa*), 2 (*P. tremula*); wb – 1 (*A. glutinosa*); loc: 30, 124, 125, 126, 127, 128.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвии, Литва, Польша, Россия, Украина.

H. decipiens (Pers.) García-Cunch., J.C. Zamora & Lado

F – C (37, 1,6%); P; S; BA; b – 4 (*A. glutinosa*), 3 (*P. sylvestris*); wb – 6 (*A. glutinosa*); w – 10 (*A. glutinosa*), 6 (*P. abies*), 5 (*B. pendula*), 3 (*P. sylvestris*); loc: 7, 9, 13, 14, 18, 39, 48, 70, 174, 179, 189, 214, 220.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

H. lutescens (Lister) García-Cunch., J.C. Zamora & Lado

F – R (1, 0,04%); S; w – 1 (*A. glutinosa*); loc: 39.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

H. minor G. Lister

Mc – R (1, 0,2%); BA; II – 1 (*A. glutinosa*); loc: 14.
Подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Россия, Украина.

H. pardina (Minakata) Ing

Mc – O (1,1%); BA; II – 6 (*A. glutinosa*); loc: 5, 7, 14, 31.
Подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Россия.

H. serpula (Scop.) Rostaf.

F – O (13, 0,53%); S; BA; wb – 2 (*P. abies*), 2 (*A. glutinosa*), 1 (*P. sylvestris*); w – 3 (*A. glutinosa*), 2 (*P. abies*), 1 (*P. sylvestris*), 1 (*B. pendula*); loc: 7, 14, 24, 60, 131.
Mc – R (1, 0,2%); BA; d – 1; loc: 109.

Лигнофильный, подстилочный, копрофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Lamproderma arcyrioides (SommerF.) Rostaf.

F – R (9, 0,4%); S; BA; w – 2 (*A. glutinosa*), 5 (*P. abies*), 1 (*P. sylvestris*); if – 1 (*A. glutinosa*); loc: 13, 14, 38, 98, 127.

Mc – R (1, 0,2%); BA; if – 1 (*A. glutinosa*); loc: 157.
Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия.

L. columbinum (Pers.) Rostaf.

F – R (2, 0,1%); S; BA; w – 1 (*A. glutinosa*), 1 (*P. abies*); loc: 80, 201.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

***L. echinulatum* (Berk.) Rostaf.

F – R (1, 0,04%); P; g – 1; loc: 137.

Подстилочный, нивальный вид. Распространение: в Европе (Великобритания, Германия, Румыния, Франция, Швеция), Азии (Непал, Индия), Америке (Мексика, Коста Рика), Азии (Новая Зеландия), Австралии. Местонахождение в сопредельных странах: Россия.

**L. maculatum* Kowalski

Спорофоры на коротких ножках рассеянные или собранные в небольшие группы. Высота спорофоров до 2,5 мм. Споротека шаровидная до овальной, 1–1,5 мм в диам. Ножка блестящая, черная, прочная, около 1 мм дл. Гипоталлус толстый, непрозрачный, черный и красновато-коричневый по краям, общий для собранных вместе спорофоров. Перидий пленчатый, тонкий, прочный. Колонка черная, плотная, разветвляется на вершине, достигает половины диаметра спорангия. Споры черные в массе, темно-коричневые в проходящем свете, 12–15 мкм в диам, орнаментированы шипиками.

F – R (1, 0,04%); S; w – 1 (*P. sylvestris*); loc: 147.

Лигнофильный, нивальный вид. Распространение: в Европе (Австрия, Германия, Италия, Испания, Норвегия, Польша, Финляндия, Франция), Азии (Япония), Северной (США) и Южной (Аргентина, Чили) Америке, Австралия. Местонахождение в сопредельных странах: Россия.

**L. pseudomaculatum* Mar. Mey. & Poulain

Спорофоры около 2 мм выс. Споротека шаровидная, 1–1,2 мм в диам. Ножка черная до 1 мм выс. Гипоталлус пленчатый, темно-коричневый, блестящий, часто общий для группы расположенных рядом спорофоров. Перидий мембраноподобный, радужный. Колонка достигает половины от общей высоты спороношения, темная, почти черная. Капиллиций темно-коричневый. Споры черно-коричневые в массе, в проходящем свете коричнево-фиолетовые, 11–12 мкм в диам.

F – R (3, 0,1%); P; g – 1 (*Juniperus communis*); lt – 2 (*J. communis*); loc: 38.

Кортикальный, подстилочный, нивальный вид. Распространение: в Европе (Испания, Италия, Норвегия, Финляндия, Франция, Швеция), Азии (Индия, Япония). Местонахождение в сопредельных странах: Россия.

Leocarpus fragilis (Dicks.) Rostaf.

F – O (22, 1%); P; S; wb – 3 (*A. glutinosa*), 2 (*P. sylvestris*); w – 3 (*P. abies*), 2 (*P. sylvestris*), 2 (*A. glutinosa*); g – 3; m – 2; lt – 1; ll – 3; lg – 1; loc: 2, 5, 7, 11, 32, 97, 113, 127, 138, 144, 139, 202, 207.

Лигнофильный, подстилочный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Латвия, Литва, Польша, Украина.

Licaethalium olivaceum (Ehrenb.) Rostaf.

F – R (1, 0,04%); P; wb – 1 (*P. sylvestris*); loc: 146.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

Licea castanea G. Lister

F – R (3, 0,1%); S; w – 3 (*P. sylvestris*); loc: 147.

Mc – O (8, 1,4%); P; S; BA; b – 3 (*P. sylvestris*), 1 (*A. glutinosa*); c – 2 (*P. abies*), 2 (*P. sylvestris*); loc: 4, 12, 73.

Лигнофильный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Польша, Украина.

L. kleistobolus G.W. Martin

Mc – R (2, 0,1%); P; b – 2 (*P. sylvestris*); loc: 17, 19.

Кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

L. minima Fr.

F – R (6, 0,3%); P; S; BA; b – 2 (*P. sylvestris*); w – 1 (*P. sylvestris*), 1 (*A. glutinosa*), 1 (*B. pendula*); lt – 1 (*P. abies*); loc: 7, 32, 46, 56, 127, 142, 188.

Mc – A (23, 3,9%) (0,1%); P; S; b – 8 (*P. sylvestris*), 6 (*P. abies*); w – 7 (*P. sylvestris*); c – 2 (*P. sylvestris*); loc: 7, 14, 15, 20, 19, 25, 31, 32, 59, 94, 97, 98, 127, 167, 206, 215.

Лигнофильный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвии, Литва, Польша, Россия, Украина.

L. operculata (Wingate) G.W. Martin

F – R (1, 0,04%); S; b – 1 (*P. sylvestris*); loc: 127.

Mc – A (27, 4,6%); S; BA; b – 15 (*A. glutinosa*), 9 (*P. abies*), 1 (*B. pendula*); lt – 2 (*P. abies*); loc: 11, 15, 20, 21, 31, 83, 111, 139, 167.

Кортикальный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

L. parasitica (Zukal) G.W. Martin

Mc – O (8, 1,4%); P; BA; b – 6 (*A. glutinosa*); w – 2 (*P. sylvestris*); loc: 16, 18, 20, 58, 99.

Кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

L. pusilla Schrad.

Mc – O (2, 0,3%); P; BA; b – 1 (*A. glutinosa*); w – 1 (*P. sylvestris*); loc: 74, 79.

Кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

L. pygmaea (Meyl.) Ing

F – R (2, 0,1%); S; BA; wb – 2 (*P. abies*); loc: 148.

Mc – O (8, 1,4%); P; S; BA; b – 4 (*P. abies*), 1 (*A. glutinosa*), 2 (*P. sylvestris*); c – 1 (*P. abies*); loc: 4, 11, 38, 80, 107.

Лигнофильный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

L. variabilis Schrad.

F – R (5, 0,2%); P; S; w – 3 (*P. sylvestris*), 2 (*P. abies*); loc: 34, 127, 149.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Lindbladia tubulina Fr.

F – R (1, 0,04%); P; w – 1 (*P. sylvestris*); loc: 150.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Польша, Россия, Украина.

Lycogala conicum Pers.

F – R (2, 0,1%); P; S; w – 1 (*P. sylvestris*), 1 (*P. abies*); loc: 32, 39.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

L. epidendrum (L.) Fr. (*Sensu lato*)

F – C (45, 2%); P; S; BA; w – 14 (*P. sylvestris*), 10 (*A. glutinosa*), 10 (*P. abies*), 7 (*P. tremula*), 4 (*B. pendula*); loc: 7, 8, 18, 23, 35, 62, 97, 99, 151, 152, 153, 154.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

L. exiguum Morgan (*Sensu lato*)

F – R (1, 0,04%); S; w – 1 (*A. glutinosa*); loc: 127.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

L. flavofuscum (Ehrenb.) Rostaf.

F – R (1, 0,04%); BA; wb – 1 (*A. glutinosa*); loc: 155.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

Macbrideola cornea (G. Lister & Cran) Alexop.

Mc – O (3, 0,51%); BA; b – 2 (*A. glutinosa*), 1 (*P. sylvestris*); loc: 19, 31.

Подстилочный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

***M. rutilipedata* (H.Marx) G.Moreno, Seraoui, Mar.Mey. & López-Vill.

Mc – C (11, 1,9%); BA; if – 8 (*A. glutinosa*); ll – 3; loc: 16, 18, 20, 91, 131, 160, 167.

Подстилочный. Распространение: в Европе (Германия, Нидерланды, Франция). Местонахождение в сопредельных странах: не обнаружен.

Metatrichia floriformis (Schwein.) Nann.-Bremek.

F – O (20, 0,9%); P; S; BA; wb – 1 (*P. sylvestris*); w – 3 (*A. glutinosa*), 2 (*P. abies*), 1 (*P. sylvestris*); m – 11 (*P. abies*), 1 (*P. sylvestris*); loc: 8, 18, 24, 83, 156, 157, 194.

Лигнофильный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

M. vesparia (Batsch) Nann.-Bremek. ex G.W. Martin & Alexop.

F – C (35, 1,55%); P; S; BA; b – 2 (*P. sylvestris*), 2 (*A. glutinosa*); wb – 14 (*A. glutinosa*), 5 (*P. abies*); w – 5 (*P. tremula*), 4 (*B. pendula*); m – 3; loc: 2, 5, 6, 7, 18, 40, 65, 97, 98, 127, 136, 158, 177, 220.

Mc – O (8, 1,4%); BA; b – 1 (*A. glutinosa*); ll – 6 (*A. glutinosa*); d – 1; loc: 74, 109.

Лигнофильный, подстилочный, копрофильный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Nannengaella contexta (Pers.) J.M. García-Martín, J.C. Zamora & Lado

F – R (4, 0,2%); P; BA; w – 2 (*A. glutinosa*), 1 (*P. sylvestris*); m – 1; loc: 82, 184. Mc – R (0,2%); BA; loc: 18.

Лигнофильный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

N. globulifera (Bull.) J.M. García-Martín, J.C. Zamora & Lado

F – O (6, 0,3%); P; S; b – 1 (*P. sylvestris*); w – 4 (*P. sylvestris*); m – 1; loc: 97, 186.

Лигнофильный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Польша, Россия, Украина.

N. leucopus (Link) J.M. García-Martín, J.C. Zamora & Lado

F – R (2, 0,1%); BA; w – 1 (*A. glutinosa*); ll – 1; loc: 97, 191.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Oligonema favogineum (Batsch) García-Cunch., J.C. Zamora & Lado

F – O (22, 1%); P; S; BA; wb – 5 (*A. glutinosa*), 4 (*P. sylvestris*); w – 5 (*P. abies*), 5 (*A. glutinosa*), 1 (*P. sylvestris*); lt – 1; m – 1; loc: 7, 39, 42, 216, 217, 220.

Лигнофильный, бриофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

O. flavidum Morgan

F – R (1, 0,04%); P; w – 1 (*B. pendula*); loc: 109.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

O. persimile (P. Karst.) García-Cunch., J.C. Zamora & Lado

F – R (1, 0,04%); BA; w – 1 (*A. glutinosa*); loc: 39.
Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

O. schweinitzii (Berk.) G.W. Martin

Mc – O (4, 0,7%); BA; w – 1 (*A. glutinosa*); if – 3 (*A. glutinosa*); loc: 74, 160.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

Ophiotheca chrysosperma Curr.

F – R (5, 0,2%); BA; b – 1 (*A. glutinosa*); w – 3 (*A. glutinosa*); m – 1; loc: 7, 14, 97, 60, 111, 158, 167.

Mc – A (29, 4,9%); S; BA; b – 16 (*A. glutinosa*); lt – 1 (*P. abies*); c – 8 (*P. abies*); if – 2 (*A. glutinosa*); ll – 2 (*A. glutinosa*); loc: 5, 14, 16, 18, 21, 74, 168, 201, 211.

Лигнофильный, кортикальный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Paradiacheopsis fimbriata (G. Lister & Cran) Hertel ex Nann.-Bremek.

F – R (2, 0,1%); BA; P; wb – 1 (*A. glutinosa*), 1 (*B. pendula*); loc: 161.

Mc – A (27, 4,6%); P; S; BA; b – 11 (*A. glutinosa*), 9 (*P. sylvestris*), 2 (*P. abies*); wb – 1 (*B. pendula*); w – 1 (*P. sylvestris*); lt – 1; lf – 1; ll – 1; loc: 5, 7, 11, 15, 16, 17, 19, 69, 91, 94, 109, 159, 160, 162, 163, 201.

Лигнофильный, кортикальный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Россия, Украина.

***P. longipes* Hooff & Nann.-Bremek.

Mc – R (2, 0,3%); BA; b – 1 (*A. glutinosa*); lf – 4 (*A. glutinosa*); loc: 14, 18, 20, 98.

Кортикальный, подстилочный. Распространение: в Европе (Нидерланды, Франция, Швеция), Среднем Востоке (Турция), Центральной (Коста-Рика) и Южной Америке (Бразилия), Африке (Танзания), Азии (Вьетнам, Китай), Австралии. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Украина.

P. solitaria (Nann.-Bremek.) Nann.-Bremek.

F – R (3, 0,1%); S; BA; wb – 1 (*Q. robur*); w – 1 (*P. abies*), 1 (*A. glutinosa*); loc: 2, 157, 165.

Mc – O (8, 1,4%); BA; b – 6 (*A. glutinosa*); lf – 2 (*A. glutinosa*); loc: 17, 144, 159, 166.

Лигнофильный, кортикальный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Россия, Украина.

Perichaena corticalis (Batsch) Rostaf.

F – R (6, 0,3%); A; S; BA; b – 2 (*P. abies*); wb – 4 (*A. glutinosa*); loc: 7, 31, 70, 97, 170, 171.

Mc – R (1, 0,2%); BA; b – 1 (*A. glutinosa*); loc: 169.
Лигнофильный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

P. depressa Lib.

F – R (3, 0,1%); P; S; b – 2 (*A. glutinosa*); w – 1 (*A. glutinosa*); loc: 7, 70, 97, 172.

Mc – R (1, 0,2%); BA; if – 1 (*A. glutinosa*); loc: 169.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

P. liceoides Rostaf.

Mc – O (3, 0,6%); P; BA; d – 2; ll – 1 (*A. glutinosa*); loc: 149, 173, 174.

Подстилочный, копрофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

P. quadrata T. Macbr.

Mc – R (2, 0,1%); BA; if – 2 (*A. glutinosa*); loc: 74, 98.

Подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Украина.

Physarum album (Bull.) Chevall.

F – C (39, 1,7%); S; P; BA; b – 5 (*A. glutinosa*), 1 (*Acer platanoides*); wb – 3 (*A. glutinosa*); w – 7 (*P. sylvestris*), 5 (*P. abies*), 5 (*A. glutinosa*), 3 (*Alnus incana*); lt – 3; ll – 5; m – 3; loc: 7, 8, 34, 35, 55, 66, 79, 80, 83, 117, 135, 165, 175, 176, 177, 178, 179, 215, 216.

Mc – C (17, 2,9%); S; BA; b – 3 (*P. abies*), 12 (*A. glutinosa*); lt – 2 (*P. abies*); loc: 14, 16, 18, 20, 21, 98, 166.

Лигнофильный, подстилочный, кортикальный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

P. bitectum G. Lister

Mc – O (3, 0,1%); BA; ll – 3 (*A. glutinosa*); loc: 14.

Подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Россия, Украина.

P. cinereum (Batsch) Pers.

F – R (4, 0,2%); S; BA; wb – 2 (*A. glutinosa*); ll – 1; lg – 1; loc: 46, 165.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

P. citrinum Schumach.

F – R (2, 0,1%); P; BA; wb – 1 (*A. glutinosa*); w – 1 (*P. sylvestris*); loc: 159, 172.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

P. compressum Alb. & Schwein.

F – R (2, 0,1%); P; BA; w – 1 (*A. glutinosa*), 1 (*P. sylvestris*); loc: 165, 183.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

P. decipiens M.A. Curtis

F – R (1, 0,04%); S; b – 1 (*P. sylvestris*); loc: 85.

Mc – O (6, 1%); P; BA; b – 2 (*A. glutinosa*), 1 (*P. sylvestris*); ll – 1; lt – 1 (*P. sylvestris*); c – 1 (*P. sylvestris*); loc: 19, 20, 160.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Россия, Украина.

P. diderma Rostaf.

F – R (1, 0,04%); S; ll – 1; loc: 185.

Подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

P. flavicomum Berk

F – R (1, 0,1%); BA; w – 1 (*A. glutinosa*); loc: 178.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

P. leucophaeum Fr. & Palmquist

F – C (37, 1,6%); P; S; BA; b – 3 (*P. abies*), 3 (*A. glutinosa*), 3 (*B. pendula*); wb – 8 (*A. glutinosa*), 2 (*B. pendula*), 2 (*P. sylvestris*), 2 (*P. abies*); w – 2 (*P. sylvestris*), 3 (*P. abies*), 1 (*B. pendula*), 2 (*A. glutinosa*); lt – 3; ll – 3; loc: 18, 30, 70, 74, 183, 187, 188, 189.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

**P. luteolum* Peck

F – R (1, 0,04%); BA; ll – 1; loc: 192.

Подстилочный. Распространение: в Европе (Великобритания, Германия, Италия, Испания, Франция), Среднем Востоке (Турция), Азии (Бутан, Индия, Китай, Япония), Мадагаскар, Северной (Канада, США, Мексика) и Южной Америке (Аргентина), Австралии. Местонахождение в сопредельных странах: Россия.

P. murinum Lister

F – R (5, 0,2%); P; S; w – 2 (*P. sylvestris*), 1 (*P. tremula*), 1 (*B. pendula*); c – 1 (*P. sylvestris*); loc: 3, 26, 193, 200. Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

P. notabile T. Macbr.

F – R (4, 0,2%); BA; S; w – 2 (*A. glutinosa*), 1 (*P. abies*); b – 1 (*B. pendula*); loc: 59, 73, 109, 168.

Mc – R (2, 0,3%); BA; b – 2 (*A. glutinosa*); loc: 20.

Лигнофильный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

P. oblatum T. Macbr.

F – R (1, 0,04%); BA; w – 1 (*A. glutinosa*); loc: 178.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Россия.

P. psittacinum Ditmar

F – R (4, 0,2%); P; S; BA; w – 2 (*P. sylvestris*), 2 (*A. glutinosa*); loc: 36, 45, 98, 194.

Mc – R (1, 0,2%); BA; b – 1 (*A. glutinosa*); loc: 91.

Лигнофильный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Польша, Россия, Украина.

P. serpula Morgan

Mc – R (1, 0,2%); BA; b – 1 (*A. glutinosa*); loc: 91.

Кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Украина.

P. tenerum Rex

F – R (1, 0,04%); BA; w – 1 (*A. glutinosa*); loc: 165.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Польша.

P. vernum Sommerf.

F – R (2, 0,1%); P; S; w – 2 (*P. sylvestris*); ll – 1; loc: 70, 153, 188.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

P. virescens Ditmar

F – R (9, 0,4%); P; BA; w – 1 (*B. pendula*); lt – 3; ll – 2; m – 3; loc: 7, 171, 174.

Лигнофильный, подстилочный, бриофильный. Распространение: в Европе, Азии, Африке, Северной и Южной Америке, Австралии. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

P. viride (Bull.) Pers.

F – O (20, 0,9%); P; S; BA; b – 3 (*A. glutinosa*); w – 5 (*A. glutinosa*), 3 (*P. sylvestris*), 1 (*B. pendula*); lt – 3; ll – 3; m – 2; loc: 30, 35, 67, 69, 70, 114, 125, 169, 195, 196.

Mc – O (0,6%); P; b – 3 (*P. sylvestris*); loc: 19, 197, 206.

Лигнофильный, подстилочный, кортикальный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Polyschismium chailletii (Rostaf.) A. Ronikier, J.M. García-Martin, A. Kuhnt, J.C. Zamora, M. de Haan, Janik & Lado

F – R (3, 0,1%); P; S; g – 1; lt – 1; ll – 1; loc: 38, 70.

Подстилочный. Нивальный вид.

Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

P. trevelyanii (Grev.) Corda ex Rostaf.

F – R (5, 0,2%); P; S; BA; w – 2 (*P. sylvestris*), 1 (*A. glutinosa*), 1 (*P. abies*), 1 (*B. pendula*); loc: 127, 141, 144, 145.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия.

Reticularia intermedia Nann.-Bremek.

F – R (2, 0,1%); P; S; BA; wb – 2 (*A. glutinosa*); loc: 188, 200.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Украина.

R. lycoperdon Bull.

F – R (4, 0,2%); P; S; BA; b – 1 (*A. glutinosa*); wb – 1 (*A. glutinosa*), 2 (*P. sylvestris*); loc: 97, 199, 200, 201.

Лигнофильный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Stemonaria irregularis (Rex) Nann.-Bremek., R. Sharma & Y. Yamam.

F – R (1, 0,04%); P; w – 1 (*P. sylvestris*); loc: 202.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

Stemonitis axifera (Bull.) T. Macbr.

F – C (33, 1,5%); P; S; BA; b – 5 (*P. sylvestris*); w – 11 (*A. glutinosa*), 8 (*P. sylvestris*), 5 (*P. abies*), 1 (*P. tremula*); ll – 1; m – 2; loc: 7, 30, 58, 64, 72, 86, 95, 97, 129, 132, 174, 203, 204, 205, 212.

Mc – R (1, 0,2%); S; c – 1 (*P. abies*); loc: 25.

Лигнофильный, подстилочный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

S. flavogenita E. Jahn.

F – R (1, 0,04%); P; w – 1 (*P. sylvestris*); loc: 206.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

S. fusca Roth

F – O (22, 1%); P; S; BA; b – 2 (*P. sylvestris*); wb – 1 (*A. glutinosa*); w – 8 (*P. sylvestris*), 6 (*P. abies*), 3 (*A. glutinosa*); lt – 1; m – 3; loc: 2, 34, 39, 70, 86, 88, 113, 151, 173, 207, 208, 209, 210.

Mc – R (1, 0,2%); S; c – 1 (*P. abies*); loc: 25.

Лигнофильный, подстилочный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

S. pallida Wingate

F – R (6, 0,3%); S; BA; b – 1 (*Alnus incana*), wb – 1 (*P. sylvestris*), 1 (*A. glutinosa*); w – 2 (*A. glutinosa*), 1 (*P. tremula*); loc: 39, 70, 211.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия, Литва, Польша, Украина.

S. splendens Rostaf.

F – R (7, 0,3%); S; BA; wb – 1 (*A. glutinosa*); w – 3 (*A. glutinosa*), 2 (*P. sylvestris*), 1 (*P. tremula*); loc: 153, 211, 212.

Mc – R (1, 0,2%); P; b – 1 (*P. sylvestris*); loc: 19.

Лигнофильный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

S. virginiensis Rex

F – R (2, 0,1%); P; BA; w – 2 (*P. sylvestris*); loc: 30, 67.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Польша, Россия, Украина.

Stemonitopsis hyperopta (Meyl.) Nann.-Bremek.

F – R (3, 0,1%); P; S; BA; w – 1 (*P. sylvestris*), 1 (*A. glutinosa*), 1 (*P. abies*); loc: 30, 46.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

S. typhina (F.H. Wigg.) Nann.-Bremek.

F – O (16, 0,7%); P; S; BA; b – 3 (*B. pendula*); w – 7 (*A. glutinosa*), 2 (*B. pendula*), 1 (*P. abies*); m – 3; loc: 7, 14, 39, 47, 70, 105, 171, 178, 204.

Лигнофильный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

**Symphytocarpus amaurochaetoides* Nann.-Bremek.

Спорофоры – псевдоэталлии, подушковидные, 30–50 мм в диам. и до 5 мм выс. Гипоталлус тонкий, образует пленку вокруг спорокарпа, серебристый. Перидий полностью разрушается после созревания спорангия. Колонка отсутствует. Капиллиций состоит из плотных темных нитей, которые ветвятся и образуют сеть с ячейками, имеются короткие свободные окончания. Споры в массе черные, фиолетово-коричневые в проходящем свете, 8–10 мкм в диам., шиповатые.

F – R (1, 0,1%); P; b – 1 (*P. sylvestris*); loc: 98.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Польша, Россия, Украина.

Symphytocarpus confluens (Cooke & Ellis) Ing & Nann.-Bremek.

F – R (10, 0,4%); P; S; BA; b – 1 (*P. sylvestris*), 1 (*B. pendula*), 1 (*P. abies*); w – 3 (*P. sylvestris*), 1 (*A. glutinosa*); lt – 3; loc: 8, 10, 34, 36, 37, 81, 122, 174.

Лигнофильный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

S. flaccidus (Lister) Ing & Nann.-Bremek.

F – R (3, 0,1%); P; S; BA; w – 3 (*P. sylvestris*); loc: 11, 38, 52.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Trichia botrytis (J.F. Gmel.) Pers. (*Sensu lato*)

F – O (17, 0,8%); P; S; BA; b – 3 (*A. glutinosa*), 1 (*P. sylvestris*), 1 (*P. abies*); 2 (*A. glutinosa*); w – 2 (*P. sylvestris*), 5 (*A. glutinosa*), 1 (*P. abies*), 1 (*P. tremula*); m – 1; loc: 7, 27, 39, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 103, 134, 199, 213.

Mc – C (17, 2,9%); P; S; BA; b – 4 (*A. glutinosa*); c – 3 (*P. abies*); lt – 6 (*P. abies*); lc – 1 (*P. sylvestris*); if – 2 (*A. glutinosa*); ll – 1 (*A. glutinosa*); loc: 15, 17, 20, 21, 43, 91, 167, 168, 197.

Лигнофильный, подстилочный, кортикальный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

T. contorta (Ditmar) Rostaf.

F – R (8, 0,4%); BA; S; b – 1 (*A. glutinosa*); w – 2 (*P. sylvestris*), 2 (*P. abies*), 3 (*A. glutinosa*); loc: 11, 48, 131, 213.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

T. erecta Rex

F – R (1, 0,04%); S; wb – 1 (*A. glutinosa*); loc: 215.

Mc – R (1, 0,2%); BA; S; b – 1 (*A. glutinosa*); loc: 212.

Лигнофильный, кортикальный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

T. flavicoma (Lister) Ing

F – R (1, 0,04%); BA; w – 1 (*P. abies*); loc: 7.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

T. munda (Lister) Meyl.

Mc – O (5, 0,9%); P; S; BA; b – 1 (*P. abies*); c – 1 (*P. sylvestris*); lt – 2 (*P. abies*); if – 1 (*A. glutinosa*); loc: 15, 18, 20.

Кортикальный, подстилочный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия.

T. scabra Rostaf.

F – O (27, 1,2%); P; S; BA; b – 6 (*A. glutinosa*); wb – 7 (*A. glutinosa*); w – 6 (*A. glutinosa*), 4 (*B. pendula*), 3 (*P. abies*); m – 1; loc: 1, 7, 8, 15, 16, 18, 97, 99, 136, 176, 189, 218, 220.

Лигнофильный, бриофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

T. subfusca Rex (*Sensu lato*)

F – R (1, 0,04%); P; w – 1 (*P. sylvestris*); loc: 180.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Литва, Польша, Россия, Украина.

T. varia (Pers. ex J.F. Gmel.) Pers.

F – O (18, 0,8%); P; S; BA; b – 3 (*A. glutinosa*), 2 (*P. sylvestris*); wb – 4 (*A. glutinosa*); w – 7 (*A. glutinosa*), 1

(*Sorbus aucuparia*), 1 (*B. pendula*); loc: 2, 3, 5, 7, 10, 12, 14, 18, 97, 100, 174, 201, 218.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

Tubifera ferruginosa (Batsch) J.F. Gmel.

F – R (6, 0,3%); P; S; BA; w – 3 (*P. sylvestris*), 2 (*P. abies*), 1 (*B. pendula*); loc: 7, 75, 97, 99, 219.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Латвия, Литва, Польша, Россия, Украина.

***T. magna* Leontyev, Schnittler, S.L. Stephenson & T. Kryvomaz, in Leontyev, Schnittler & Stephenson F – R (7, 0,3%); S; BA; w – 7 (*P. abies*); loc: 7, 80, 220. Лигнофильный. Распространение: Северная Америка (США, штат Теннесси). Местонахождение в сопредельных странах: Украина.

Willkommlangea reticulata (Alb. & Schwein.) Kuntze F – R (0,1%); BA; wb – 1 (*A. glutinosa*); loc: 7.

Лигнофильный. Местонахождение в сопредельных странах: Россия

В ходе определения видовой принадлежности коллекционного материала в районе исследований найдено 196 видов, относящихся к 2 подклассам, 4 надпорядкам, 8 порядкам, 12 семействам, 47 родам. Таксономическая структура и объем родов, семейств и порядков миксомицетов, выявленных на изученной территории, представлены в табл.

Наибольшее число выявленных видов относится к порядкам Physarales – 80 видов, Trichiales – 47, Stemonitidales – 30, Cribrariales – 19, Liceales и Reticulariales по 8 видов, Echinosteliales – 3, Clastodermatales – 1. Первые 3 порядка включают в себя 80% всех видов.

Обнаружены новые для Беларуси виды миксомицетов: *Cribraria macrostipitata*, *Didymium annulisporum*, *Lamproderma maculatum*, *L. pseudomaculatum*, *Symphytocarpus amaurochaetoides*.

Выявлены редкие в мировом плане виды: *Amaurochaete comata*, *A. tubulina*, *Arcyria helvetica*, *A. imperialis*, *A. marginoundulata*, *A. versicolor*, *Badhamia lilacina*, *B. versicolor*, *Brefeldia maxima*, *Comatricha longipila*, *Cribraria atrofusca*, *C. ferruginea*, *Diacheopsis metallica*, *Didymium laxifilum*, *D. listeri*, *Lamproderma echinulatum*, *Macbrideola rutilipedata*, *Paradiacheopsis longipes*, *Physarum luteolum*, *Tubifera magna*.

Виды *Amaurochaete comata*, *Didymium laxifilum*, *Macbrideola rutilipedata* в сопредельных странах не обнаружены.

Виды *Cribraria macrostipitata*, *Didymium annulisporum*, *D. listeri*, *Lamproderma echinulatum*, *L. maculatum*, *L. pseudomaculatum*, *Physarum luteolum*, *Polyschismium trevelyanii*, *Tubifera magna*, *Willkommlangea reticulata* обнаружены только в одной из сопредельных стран (России), за исклю-

чением *Tubifera magna* – вид идентифицирован и типовой материал собран в Украине.

Виды *Arcyria marginoundulata*, *Badhamia bethelii*, *Craterium concinnum*, *Cribraria atrofusca*, *C. languescens*, *C. lepida*, *C. minutissima*, *Diachea obovata*, *Diacheopsis metallica*, *Diderma simplex*, *D. umbilicatum*, *Didymium crustaceum*, *Echinostelium colliculosum*, *Fuligo cinerea*, *F. gyrosa*, *Gulielmina vermicularis*, *Hemitrichia pardina*, *Paradiacheopsis longipes*, *Physarum oblatum*, *P. tenerum*, *Reticularia intermedia* выявлены в двух прилегающих к Беларуси странам.

Наибольшее число видов включают такие 5 родов как: *Physarum* – 19 видов или 10% от общего количества обнаруженных видов), *Cribraria* – 17 / 9%, *Arcyria* – 16 / 8%, *Didymium* – 15 / 8%, *Diderma* – 9 видов / 4,6%. У родов *Badhamia*, *Comatricha*, *Hemitrichia*, *Licea*, *Trichia* каждый род представлен 8 видами или 4,1% соответственно, *Stemonitis* – 6 / 3%, *Fuligo*, *Lamproderma* включают по 5 видов / 2,5%, *Craterium*, *Lycogala*, *Oligonema* и *Perichaena* – по 4 вида / 2%, *Amaurochaeta*, *Diachea*, *Echinostelium*, *Nannengaella*, *Paradiacheopsis*, *Symphytocarpus* – по 3 вида / 1,5%. В целом на перечисленные выше роды приходится 85% от всех найденных видов миксомицетов. Роды *Macbrideola*, *Metatrichia*, *Polyschismium*, *Reticularia*, *Stemonitopsis*, *Tubifera* представлены 2 видами / 1% каждый. Остальные 18 родов включают только по 1 виду.

Изучение видового разнообразия миксомицетов в исследуемых лесных формациях (сосняках, ельниках и черноольшаниках) позволило установить, что по количеству видов доминируют черноольшаники – 139 видов (из них 42 были найдены только в этой формации), далее сосняки – 122 / 24 и ельники – 111 / 13. Следует подчеркнуть, что черноольшаники являются чрезвычайно специфической лесной экосистемой, в которой обитают различные почвенные эукариоты [35]. Микроклиматические условия, растительное разнообразие и лесная подстилка черноольшаников, крайне неоднородная и уникальная по своей структуре и химическому составу, создают предпосылки видового разнообразия миксомицетов в данной формации. Видовой состав группировок миксомицетов, обитающих в черноольшаниках, значительно отличается от таковых в ельниках и сосняках НП. Распределение видов в исследуемых лесных формациях представлено на рис. 1.

Идентифицированные в районе исследований виды миксомицетов разделены нами на 16 эколого-трофические групп – в зависимости от того, на каком субстрате они были обнаружены (рис. 2).

Таблица. Таксономическая структура биоты миксомицетов лесных формаций НП «Нарочанский»**Table.** Taxonomic structure of the biota of myxomyceto forest formations of the Narochansky National Park

Подкласс	Надпорядок	Порядок	Семейство	Род	
Columellomycetidae	Echinosteliida	Echinosteliales	Echinosteliaceae	<i>Echinostelium</i> (3)*	
		Clastodermatales	Clastodermataceae	<i>Clastoderma</i> (1)	
	Stemonitidia	Stemonitidales	Amaurochaetales	Amaurochaetaceae	<i>Amaurochaete</i> (3)
					<i>Brefeldia</i> (1)
					<i>Comatricha</i> (8)
					<i>Enerthenema</i> (1)
					<i>Paradiacheopsis</i> (3)
					<i>Stemonitopsis</i> (2)
			Stemonitidaceae	<i>Macbrideola</i> (2)	
				<i>Stemonaria</i> (1)	
				<i>Stemonitis</i> (6)	
		Physarales	Lamprodermatales	Lamprodermataceae	<i>Collaria</i> (1)
					<i>Colloderma</i> (1)
					<i>Diacheopsis</i> (1)
					<i>Lamproderma</i> (5)
			Didymiaceae	<i>Diachea</i> (3)	
				<i>Diderma</i> (9)	
				<i>Didymium</i> (15)	
				<i>Polyschismium</i> (2)	
				Physaraceae	<i>Angioridium</i> (1)
	<i>Badhamia</i> (8)				
	<i>Claustria</i> (1)				
	<i>Craterium</i> (4)				
	<i>Fuligo</i> (5)				
	<i>Leocarpus</i> (1)				
	<i>Nannengaella</i> (3)				
	<i>Physarum</i> (19)				
<i>Willkommlangea</i> (1)					
Lucisporomycetidae	Cribrariida	Cribrariales	Cribrariaceae		<i>Cribraria</i> (17)
				<i>Licaethalium</i> (1)	
				<i>Lindbladia</i> (1)	
	Trichiida	Reticulariales	Reticulariaceae	<i>Lycogala</i> (4)	
				<i>Reticularia</i> (2)	
				<i>Tubifera</i> (2)	
		Liceales	Liceaceae	<i>Licea</i> (8)	
				Trichiales	Dictydiaethaliaceae	Dictydiaethalium (1)
		Dianemataceae	<i>Calomyxa</i> (1)		
			<i>Dianema</i> (1)		
		Arcyriaceae	<i>Arcyria</i> (16)		
			<i>Hemitrichia</i> (8)		
		Trichiaceae	<i>Gulielmina</i> (1)		
			<i>Metatrichia</i> (2)		
			<i>Oligonema</i> (4)		
			<i>Ophiotheca</i> (1)		
			<i>Perichaena</i> (4)		
	<i>Trichia</i> (8)				
	Примечание: * – в скобках после названия таксона указано число видов, отмеченных в НП.				

Как уже отмечено авторами [10,15,17,19–24], наибольшее количество видов миксомицетов выявлено на гнилой коре и древесине. В нашем исследовании 161 вид или 82% от общего количества найденных видов относится к лигнофиль-

ной группе, из них 92 отмечены только на данном субстрате. В группе подстилочных – 80 / 18 видов, кортикальных – 16 / 6, бриофильных – 24 / 2, копрофильных – 8.

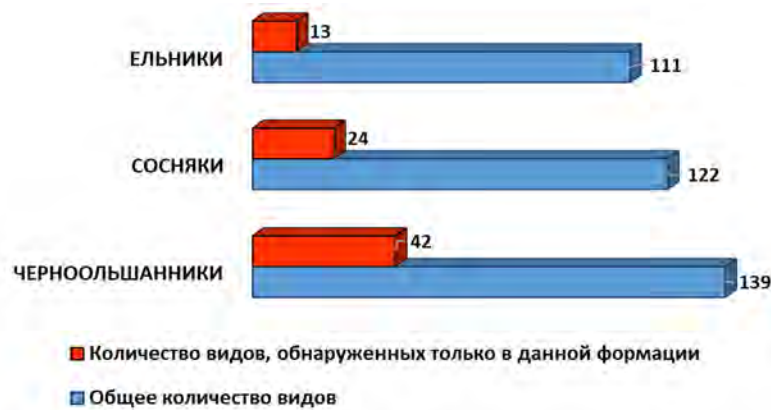


Рис. 1. Распределение видов миксомицетов в лесных формациях НП «Нарочанский»

Fig. 1. Distribution of myxomycete species in forest formations of the Narochansky National Park



Рис. 2. Сопряженное с природой субстратов количественное распределение видов миксомицетов по эколого-трофическим группам в лесах НП «Нарочанский»

Fig. 2. Quantitative distribution of myxomycetes to the ecological and trophic groups depending on substrate nature in the forests of the Narochansky National Park

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате наших исследований в лесах НП «Нарочанский» выявлено 196 видов миксомицетов, относящихся к 2 подклассам, 4 надпорядкам, 8 порядкам, 12 семействам, 47 родам. Виды *Cribraria macrostipitata*, *Didymium annulispurum*, *Lamproderma maculatum*, *L. pseudomaculatum*, *Sym-*

phytocarpus amaurochaetoides обнаружены в Беларуси впервые.

Выявлено распределение видов миксомицетов в исследуемых растительных формациях. Выделено 16 эколого-трофических групп миксомицетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cavalier-Smith, T. Early evolution of eukaryote feeding modes, cell structural diversity, and classification of the protozoan phyla Loukozoa, Sulcozoa, and Choanozoa / T. Cavalier-Smith // Eur. J. Protistol. – 2013. – Vol. 49 (2). – P. 115–178. doi.org/10.1016/j.ejop.2012.06.001.
2. Revisions to the classification, nomenclature, and diversity of Eukaryotes / S. M. Adl [et al.] // J. Eukaryot. Microbiol. – 2019. – Vol. 66. – P. 4–119. doi.org/10.1111/jeu.12691.
3. 50 уникальных заповедных территорий Беларуси / Н. А. Юргенсон [и др.]. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2017. – 400 с.
4. Грибова, С. А. Растительность европейской части СССР / С. А. Грибова, Т. И. Исаченко, Е. М. Лавренко. – Л.: Наука. Лен-ое отд., 1980. – 429 с.
5. Растительность и биотопы национального парка «Нарочанский» с картой наземной растительности (М 1:60 000) и картой биотопов (М 1:60 000). / Д. Г. Груммо [и др.]; под науч. ред. А. В. Пугачевского. – Минск: Колоград, 2017. – 82 с.
6. Юркевич, И. Д. Растительность Белоруссии, ее картографирование, охрана и использование / И. Д. Юркевич, Д. С. Голод, В. С. Адерихо – Минск: Наука и техника, 1979. – 248 с.

7. Биологическое разнообразие Национального парка «Нарочанский»: сосудистые растения. / Д. В. Дубовик [и др.]; под ред. В.И. Парфенова. – Борисов: Борисов, укрупн. тип. Им. 1 Мая, 2014. – 256 с.
8. Twardowska, M. News about the slime moulds found in the years 1878–1883 / M. Twardowska // *Pamiętnik Fizjograficzny*. – 1885. – Vol. 5 (3). – P. 160–162.
9. Мороз, Е. Л. Миксомицеты Белорусского Поозерья / Е. Л. Мороз // Сохранение биологического разнообразия Белорусского Поозерья: тезисы докладов регион. науч.-практ. конф., Витебск, 25–26 апр. 1996 г. / Витеб. гос. ун-т им. П. М. Машерова. – Витебск. – 1996. – С. 145–146.
10. Мороз, Е. Л. Миксомицеты (*Myxomycetes*) еловых лесов национального парка «Нарочанский» / Е. Л. Мороз // Проблемы природоохранной организации ландшафтов: мат-лы междунар. науч.-практ. конф., Новочеркасск, 24–27 дек. 2018 г. / Новочерк. инж.-мелиор. ин-т, Донской ГАУ. – Новочеркасск. – 2018. – С. 114–118.
11. Мороз, Е. Л. *Licea pusilla* Schrad. — Новый для Беларуси вид миксомицетов (*Myxomycetes*) / Е. Л. Мороз // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 49. – С. 381–383.
12. Мороз, Е. Л. *Arctyria affinis* Rostaf. – Новый для Беларуси вид миксомицетов (*Myxomycetes*) / Е. Л. Мороз // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 51. – С. 258–260.
13. Мороз, Е. Л. Обзор миксомицетов Белоруссии / Е. Л. Мороз, Ю. К. Новожилов // Новости систематики низших растений. – 1988. – Т. 25. – С. 92–97.
14. Мороз, Е. Л. Новые и редкие виды миксомицетов (*Myxomycetes*) Белоруссии / Е. Л. Мороз, Ю. К. Новожилов // Микология и фитопатология. – 1994. – Т. 28, № 3. – С. 21–27.
15. Мороз, Е. Л. Миксомицеты (*Myxomycetes*) сосновых лесов национального парка «Нарочанский» / Е. Л. Мороз, Ю. К. Новожилов // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 49. – С. 207–219.
16. Мороз, Е. Л. Новые и редкие слизевики (*Myxomycetes*) национального парка «Нарочанский» (Республика Беларусь) / Е. Л. Мороз, Ю. К. Новожилов // Новости систематики низших растений. – 2019. – Т. 53(2). – С. 307–314. doi.org/10.31111/nsnr/2019.53.2.307.
17. Мороз, Е. Л. Миксомицеты (*Myxomycetes* = *Myxogastrea*) листового опада черноольшаников национального парка «Нарочанский» (Республика Беларусь) / Е. Л. Мороз, Ю. К. Новожилов // Микология и фитопатология. – 2021. – Т. 55, № 6. – С. 431–439. doi.org/10.31857/S0026364821060118.
18. Новожилов, Ю. К. Определитель грибов России. Отдел Слизевики. Вып. 1. Класс Миксомицеты / Ю. К. Новожилов – СПб: Наука, 1993. – 288 с.
19. Новожилов, Ю. К. Миксомицеты (класс *Myxomycetes*) России: Таксономический состав, экология и география: дис. ... д-ра биол. наук / Ю. К. Новожилов; БИН РАН. – СПб., 2005. – 377 л.
20. Гмошинский, В. И. Определитель миксомицетов Московского региона / В. И. Гмошинский, Е. А. Дунаев, Н. И. Киреева – М.: АРХЭ, 2021. – 388 с.
21. Martin, G. W. The Myxomycetes / G. W. Martin, C. J. Alexopoulos – Iowa City: Iowa Univ. Press, 1969. – 561 p.
22. Poulain, M. Les Myxomycètes / M. Poulain, M. Meyer, J. Bozonnet // Tome 1, Guide de détermination mycologique et botanique Dauphiné-Savoie: Sévrier France. – 2011. – 568 p.
23. Poulain, M. Les Myxomycètes / M. Poulain, M. Meyer, J. Bozonnet // Tome 2. Fédération mycologique et botanique Dauphiné-Savoie: Sévrier France. – 2011. – 544 p.
24. Lado, C. An on line nomenclatural information system of Eumycetozoa. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain. 2005–2023. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.nomen.eumycetozoa.com>. – Date of access: 09.11.2023.
25. GBIF (The Global Biodiversity Information Facility) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.gbif.org/species/319>. – Date of access: 20.11.2023.
26. DL (Discover Life) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.discoverlife.org/mp/20m?kind>. – Date of access: 17.11.2023.
27. Göttsche, H. F. (2016–2023) (World Reports of Myxomycetes) [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.myx.dk/wrom> – Date of access: 11.11.2023.
28. Myxomycetes of Russia: a history of research and a checklist of species / F. M. Bortnikov [et al.] // *Karstenia*. – 2020. – Vol. 58, Iss. 2. – P. 316–373.
29. Myxomycetes of Russia: information system on myxomycetes distribution in Russia (2020–2023) / F. Bortnikov [et al.]. – [Electronic resource]. – Mode of access: <https://russia.myxomycetes.org/>. – Date of access: 19.11.2023.
30. Stephenson, S. L. Distribution and ecology of Myxomycetes in temperate forests I. Patterns of occurrence in the upland forests of southwestern Virginia / S. L. Stephenson // *Canadian journal of botany*. – 1988. – Vol. 66. – P. 2187–2207. doi.org/10.1139/b88-302.
31. Stephenson, S. L. A comparative biogeographical study of myxomycetes in the mid-Appalachians of eastern North America and two regions of India / S. L. Stephenson, I. Kalyanasundaram, T. N. Lakhanpal // *Journal of Biogeography* – 1993. – Vol. 20. – P. 645–657. doi.org/10.2307/2845520.
32. Novozhilov, Yu. K. The myxomycetes of Russian subarctic and arctic areas / Yu. K. Novozhilov, M. Schnittler, S. L. Stephenson // Микология и фитопатология. – 1998. – Т. 32, № 1. – С. 18–29.
33. Novozhilov, Yu. K. Myxomycete diversity and ecology in arid regions of the Great Lake Basin of western Mongolia / Yu. K. Novozhilov, M. Schnittler // *Fungal Diversity*. – 2008. – Vol. 20. – P. 97–119.
34. Myxomycetes of the Sikhote-Alin State Nature Biosphere Reserve (Far East, Russia) / Y. K. Novozhilov [et al.] // *Nova Hedwigia*. – 2017. – Vol. 104 (1–3). – P. 183–209. doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2016/0394.
35. Ardestani, M. Consumption performance of five detritivore species feeding on *Alnus glutinosa* L. leaf litter in a microcosm experiment / M. Ardestani, V. Šustr, J. Frouz // *Forests*. – 2019. – P. 10.

Поступила в редакцию 26.01.2024 г.

УДК 582.282.112(476)

А. К. ХРАМЦОВ, И. А. ФЕДЮШКО

МОРФОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ МУЧНИСТОРОСЯНОГО ГРИБА *ERYSIPHE SEDI* U. BRAUN В БЕЛАРУСИ

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: alexkhramtsov@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена характеристике гриба *Erysiphe sedi* U. Braun, вызвавшего эпифитотийное развитие мучнистой росы на растениях рода *Hylotelephium* во многих регионах Беларуси. В ходе проведенных полевых и лабораторных исследований установлено, что на территории Беларуси *E. sedi* проходит цикл развития, включающий как анаморфу, так и телеоморфу. Впервые на материале из Беларуси изучены и приведены в статье морфометрические характеристики бесполой и половой стадий развития возбудителя мучнистой росы растений семейства Crassulaceae. Представлен обнаруженный круг растений, пораженных грибом *E. sedi*, среди которых *Hylotelephium* × *mottramianum* J. M. H. Shaw & R. Stephenson является новым, ранее не указываемым в литературе, хозяином паразита. Обсуждается принадлежность *E. sedi* к чужеродным, натурализовавшимся в условиях Беларуси фитопатогенным микромицетам и приводится перечень растений, потенциально подверженных поражению грибом *E. sedi* в нашей стране.

Ключевые слова: мучнистая роса, *Hylotelephium* × *mottramianum*, Crassulaceae, анаморфа, телеоморфа, чужеродный фитопатогенный микромицет, растения-хозяева, микобиота.

А. К. KHRAMTSOV, I. A. FIADZIUSHKA

MORPHOLOGICAL AND BIOLOGICAL FEATURES AND DISTRIBUTION OF POWDERY MILD FUNGUS *ERYSIPHE SEDI* U. BRAUN IN BELARUS

Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: alexkhramtsov@mail.ru

Annotation. The article is devoted to the characterization of the fungus *Erysiphe sedi* U. Braun, caused the epiphytotic development of powdery mildew on plants genus *Hylotelephium* in many regions of Belarus. It was established in the course of field and laboratory research, that *E. sedi* goes through a development cycle on the territory of Belarus, including both anamorph and teleomorph. The morphometric characteristics of the asexual and sexual development stages of the powdery mildew pathogen on plants family the Crassulaceae are studied and presented in the article for the first time, using material from Belarus. The discovered range of plants affected by the fungus *E. sedi* is presented, including *Hylotelephium* × *mottramianum* J. M. H. Shaw & R. Stephenson is a new host of the parasite, not previously reported in the literature. It has been established for the first time, that the *E. sedi* belongs to phytopathogenic micromycetes, alien to the conditions of Belarus. A list of plants that can be affected by the fungus *E. sedi* in our country is given.

Keywords: powdery mildew, *Hylotelephium* × *mottramianum*, Crassulaceae, anamorph, teleomorph, alien phytopathogenic micromycete, host plants, mycobiota.

ВВЕДЕНИЕ

Семейство Crassulaceae включает суккулентные растения, многие из которых благодаря необычному облику, неприхотливости в уходе, содержанию биологически активных веществ издревле широко культивируются в разных странах мира в открытом и защищенном грунте как цветочно-декоративные и лекарственные [1–10]. Такие свойства, как высокая экологическая пластичность, зимостойкость, засухоустойчивость, разнообразие окраски и формы листьев, соцветий, разные сроки цветения, способность к интенсивному вегетативному размножению и быстрому разрастанию по поверхности субстрата, де-

лают их ценными в ландшафтной архитектуре для создания ковровых клумб, альпинариев, рокариев, миксбордеров [3].

В Беларуси растения из семейства Crassulaceae представлены как культивируемыми, так и дикорастущими, как аборигенными, так и интродуцированными чужеродными видами [11–14]. Они являются объектами коллекционирования как ботанических садов, так и любителей-энтузиастов; интерес к использованию их в озеленении населенных пунктов страны с каждым годом растет. Однако, из литературы известно, что толстянковые растения способны поражаться болезнями в том

числе и грибной этиологии, среди которых септориоз, церкоспороз, фитофтороз, мучнистая роса, ржавчина и др. [1, 3]. Некоторые возбудители микозов способны сильно угнетать вышеуказанные растения [3, 15]. Так, в 2023 г. в г. Минске практически повсеместно нами было отмечено эпифитотийное развитие мучнистой росы на цветочно-де-

коративных растениях рода *Hylotelephium*, что побудило нас провести данные исследования.

Цель настоящей работы – идентифицировать возбудителя мучнистой росы растений рода *Hylotelephium* и изучить особенности его строения, развития, трофической приуроченности в условиях Беларуси.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования явился фитопатогенный микромицет *Erysiphe sedi* U. Braun и его растения-хозяева. Изучено 74 образца вышеуказанного гриба, собранных на территории Беларуси в 2023 г., а также 3 образца, ранее хранившихся в микологической коллекции Гербария Белорусского государственного университета (*MSKU-F*) (рис. 1).

Изученные образцы *Erysiphe sedi* U. Braun:

На *Hylotelephium ×mottramianum* J. M. H. Shaw & R. Stephenson: *MSKU-F* 3211/1. Круглов А. А.; *MSKU-F* 3186. Мазаник Н. В.; *MSKU-F* 3185/1. Василенко С. Л.; *MSKU-F* 3182/1. Высоцкая Н. В.; *MSKU-F* 3825. Буга С. В.; *MSKU-F* 7703. Патоцкий Д. Д.; *MSKU-F* 3178. Бандюкевич Н. Г.; *MSKU-F* 3177. Куприна Т. И.; *MSKU-F* 17021/1. Слепченко П. В.; *MSKU-F* 3219, 7579. Круглова О. Ю.; *MSKU-F* 8011, 3181. Федюшко И. А., Храмцов А. К.; *MSKU-F* 3183/1, 3184/1, 7957, 7958, 7959, 7956. Федюшко И. А.; *MSKU-F* 3200, 3201, 3204, 3203, 3202, 3210, 3212/1, 3187, 3162, 3163, 3205, 3207, 3206, 3208, 3209/1, 3189, 3197/1, 3217, 3216, 3214, 3213, 5204, 5191, 5190, 4990, 3193, 3194, 6063, 5671, 3232, 5188, 5189, 5511,

3218/1, 3231, 3195, 3196/1, 5319, 5182, 4536, 3191, 3192, 7207, 3220. Храмцов А. К.

На *Hylotelephium maximum* (L.) Holub: *MSKU-F* 15814, 15811, 15810. Гирилович И. С.; *MSKU-F* 7704. Федюшко И. А.

На *Hylotelephium* sp.: *MSKU-F* 3179, 4531. Буга С. В.; *MSKU-F* 3190. Мазаник Н. В.; *MSKU-F* 3180/1. Федюшко И. А.; *MSKU-F* 3188, 3215, 5119, 5130, 5181, 3161/1. Храмцов А. К.

Сбор материала осуществлялся с использованием маршрутного метода микологических и фитопатологических исследований [16]. Встречаемость гриба оценена по шкале Гааса [17]. Степень поражения растений патогеном определена по 5-балльной шкале [18]. Идентификация гриба *E. sedi* и его растений-хозяев, определение морфометрических показателей вышеуказанного микромицета проведены на кафедре ботаники БГУ методами световой микроскопии с использованием бинокулярных микроскопов Zeiss Stemi 2000, Zeiss AxioStar, Микромед 2 (2–20 inf.), а также соответствующих определителей, монографий и статей [1, 19–24]. Окраска структур гриба *E. sedi* уточнена по шкале цветов, приведенной в [25].

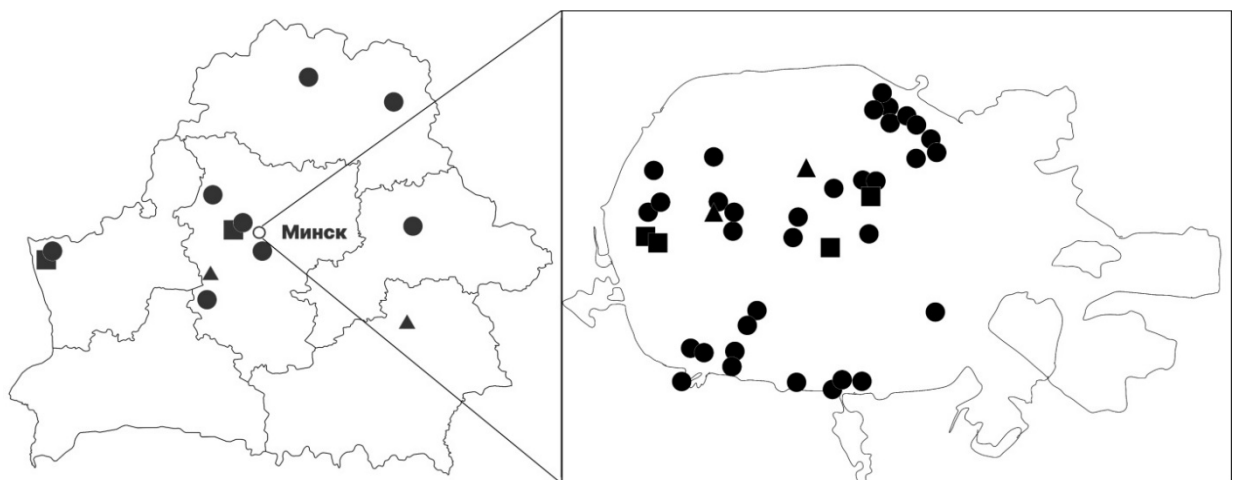


Рис. 1. Местонахождения гриба *Erysiphe sedi* в Беларуси (по материалам Гербария БГУ (*MSKU-F*)): ● – на *Hylotelephium ×mottramianum*, ■ – на *Hylotelephium* sp., ▲ – на *H. maximum*, — – границы административных областей

Fig. 1. Locations of the fungus *Erysiphe sedi* in Belarus (based on materials from the BSU Herbarium (*MSKU-F*)): ● – on the *Hylotelephium ×mottramianum*, ■ – on the *Hylotelephium* sp., ▲ – on the *H. maximum*, — – boundaries of administrative regions

Для изучения изменчивости морфометрических характеристик гриба *E. sedi* были использованы следующие критерии описательной статистики: (min–) Q_1 – Q_3 (–max), M_0 , где min – минимальное значение признака, Q_1 – Q_3 – межквартильный размах, max – максимальное значение признака, M_0 – мода. Объемы выборок каждой из изучаемых структур гриба *E. sedi* составляли не менее 25 штук. Для статистического анализа данных были использованы возможности языка про-

граммирования R и среды программирования RStudio version 4.2.3 [26].

При определении координат местонахождений гриба *E. sedi*, а также составлении карты использовались возможности электронных ресурсов Simple Mapper, Figma и Google Maps [27–29]. Латинские названия грибов даны в соответствии с Международной глобальной базой данных Index Fungorum, а растений – Plants of the World Online (Royal Botanic Garden KEW) [30, 31].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных нами исследований на собранных образцах растений рода *Hylotelephium* был идентифицирован гриб *Erysiphe sedi* U. Braun.

Анализ литературы показал, что гриб *Erysiphe sedi* U. Braun (Erysiphaceae, Helotiales, Leotiomycetidae, Leotiomycetes, Pezizomycotina, Ascomycota, Fungi) является облигатным паразитом, вызывающим мучнистую росу растений семейства Crassulaceae: роды *Aeonium*, *Chiastophyllum*, *Clementsia*, *Crassula*, *Hylotelephium*, *Kalanchoe*, *Orostachys*, *Phedimus*, *Rhodiola*, *Sedum*, *Umbilicus* [1, 2, 32–36].

Гриб *E. sedi* был описан У. Брауном в 1981 г. на материале (листья *Hylotelephium erythrosticktum* (Miq.) N. Ohba (syn. *Sedum erythrosticktum* Miq.)) с острова Хоккайдо (Япония) [30]. Данный микромицет обнаружен во многих странах Европы (Австрия, Бельгия, Венгрия, Германия, Дания, Иран, Италия, Нидерланды, Норвегия, Румыния, Финляндия, Хорватия, Швейцария и др.), Азии (Китай, Непал, Россия (Дальний Восток), Турция, Южная Корея, Япония), в Австралии, Северной Америке (Канада, США), а также в Океании (Новая Зеландия) [1–3, 30, 32–37]. Из числа территорий, сопредельных с Республикой Беларусь, вышеуказанный паразит отмечен в Литве, России и Украине [1, 3].

В монографии И. С. Гириловича «Мучнисторосяные грибы (порядок Erysiphales) Беларуси» (2018 г.) нет сведений о грибе *E. sedi* [38]. Впервые в литературе он указывается для Беларуси Н. А. Лемезой, И. С. Гириловичем и А. С. Яцевич в 2021 г. в перечне фитопатогенных микромицетов г. Ошмяны на *Sedum spurium* M. Vieb с высокой степенью поражения хозяина [15]. Однако, в вышеуказанной работе, к сожалению, не приводятся морфометрические данные обнаруженного патогена, нового для нашей страны [15].

Хозяева выявленного нами фитопатогенного микромицета были идентифицированы как *Hylotelephium maximum* и *H. ×mottramianum*. В силу того, что на некоторых изученных нами образцах

растений рода *Hylotelephium* отсутствовали цветки и их видовая идентификация оказалась затрудненной, они приводятся нами в настоящей работе как *Hylotelephium* sp. Из числа пораженных растений, выявленных нами, только *Hylotelephium maximum* ранее указывался в литературе в качестве хозяина *E. sedi*, в то время как *H. ×mottramianum*, недавно описанный в научных источниках как самостоятельный таксон, является новым представителем толстянковых, который служит хозяином обнаруженного нами микромицета [1, 20, 32].

В местообитаниях г. Минска, охваченных нашими исследованиями, встречаемость гриба *E. sedi* варьировала от 3 баллов (неравномерно) до 5 баллов (всюду часто). Разница в частоте встречаемости возбудителя мучнистой росы, вероятно, связана со степенью накопления инфекции на разных территориях мегаполиса.

Интенсивность поражения растений грибом *E. sedi* в 2023 г. во многих локалитетах на территории Беларуси (в городах Минск, Гродно, Витебск, Новополоцк, Молодечно), достигала 4 баллов (поражение охватывало более 50% площади листа). Паразит при этом покрывал белым мучнистым налетом чаще всего листья, реже цветоносы, цветоножки, чашелистики растений-хозяев, вызывая эпифитотию (рис. 2).

Многие исследователи отмечают развитие вышеуказанного микромицета только в анаморфе, что связано с благоприятными на протяжении года климатическими условиями, способствующими развитию только конидиального спороношения паразита [2, 4–9, 34, 39, 40]. В результате же наших исследований установлено, что на территории Беларуси гриб *E. sedi* на выявленных хозяевах размножается как бесполым, так и половым способом, образуя в итоге покоящиеся структуры – плодовые тела хазмотеции.

Далее приводим морфологическую характеристику гриба *E. sedi*, составленную нами по результатам изучения его образцов с территории Беларуси.



Рис. 2. Гриб *Erysiphe sedi* на *Hylotelephium × mottramianum*:
А – общий вид пораженных растений, Б – мучнистая роса на листьях

Fig. 2. Fungus *Erysiphe sedi* on the *Hylotelephium × mottramianum*:
А – the general view of affected plants, Б – powdery mildew on leaves

***Erysiphe sedi* U. Braun, Feddes Repert. Spec. Nov. Regni Veg. 92 (7–8): 502 (1981)**

Syn.: *Erysiphe communis* (Wallr.) Lk., Caroli a Linné, Sp. Plant., 6: 162, 1824. – *Alphitomorpha communis* Wallr., Fl. Crypt. German., 2: 758, 1833. – *Erysiphe communis* (Wallr.) Lk. f. *sedi* Jacz., Mpr.: 238, 1927. – *Erysiphe polygoni* sensu auct. non (DC.) St.-Am.: Tai, Bull. Chinese Bot. Soc. 2: 18. 1936. p. p.; Tai, «Sylloge Fungorum Sinicorum». p. 137. 1979. p. p. – *Erysiphe polyphaga* Hammarl., Bot. Notiser 1945: 108. 1945. p. p. (nom. inval.). – *Erysiphe sedi* R. Y. Zheng & G. Q. Chen, Sydowia 34: 253, 1981, nom. illeg., non *E sedi* U. Braun; 1981, type species – *Sedum aizoon* (holotype: HMAS 39988).

Мицелий белый, паутинистый, на обеих сторонах листьев растения-хозяина, а также на цветоносах, цветоножках, чашелистиках. Аппрессории лопатные, 4,3×8,7 мкм (рис. 3А).

Анаморфа типа *Pseudoidium*. Конидиеносцы прямые, реже слегка извилистые, (42,5–) 56,3–75,0 (–82,5) мкм длиной, с прямыми или слегка извилистыми, почти цилиндрическими базальными клетками (рис. 3В). Конидии очень полиморфные: эллипсоидальные, эллипсоидально-цилиндрические, бочонковидные, цилиндрические, (25,0–) 30,0–37,5 (–50,0) × (10,0–) 14,0–17,5 (–23,8) мкм, отношение длины к ширине (2,5–) 2,14 (–2,1) (рис. 3Б). Прорастание конидий происходит по типу *Polygoni* (*Pseudoidium*) (рис. 3Г).

Хазмотеции многочисленные, шаровидные, разбросанные или в группах на всех пораженных органах, в том числе на верхней и нижней поверхности листовых пластинок, от шоколадно-бурых и темно-коричневых (в проходящем свете) до черных (в отраженном свете), (60,0–) 92,5–

107,5 (–125,0) мкм в диаметре (рис. 4 А–Г). Клетки перидия многоугольные (рис. 4Ж). Придатки немногочисленные, мицелиевидные, простые, прямые или извилистые, септированные, молодые – бесцветные, зрелые – коричневые у основания, бледнеющие к концам, (22,5–) 56,9–181,3 (–350,0) × (5,0–) 7,5 (–10,0) мкм (рис. 4Д). Аски по 4–9 в хазмотеции, эллипсоидальные или широко-обратнояцевидные, на коротких ножках или почти сидячие, (52,5–) 60,0–67,5 (–87,5) × (30,0–) 35,0–42,5 (–60,0) мкм, 2–5-споровые (рис. 4 И, К). Аскоспоры эллипсоидальные, темно-пепельные или темно-пепельно-серые; размеры их с ножкой (17,5–) 25,0–27,5 (–37,5) × (12,5–) 16,3–17,5 (–18,3) мкм, отношение длины к ширине (1,4–) 1,5–1,6 (–2,1) (рис. 4Л).

Сравнение морфометрических характеристик структур гриба *E. sedi*, полученных нами, с данными других исследователей в большинстве своем показало сходство по всем показателям (табл.). Единственным исключением была разница в размерах асков и аскоспор паразита в белорусских и дальневосточных (Россия) популяциях. Цифровые значения по этому параметру, полученные нами, в 1,1–1,2 раза (по длине и ширине асков), в 1,2–1,3 раза (по длине аскоспор) и в 1,8–1,9 раза (по ширине аскоспор) превышают таковые, приведенные И. А. Бункиной (см. табл.) [23].

На изученных нами экземплярах растений совместно с возбудителем мучнистой росы были обнаружены гифомицеты из рода *Alternaria*, а также пикнидиальные грибы *Ampelomyces* sp. и *Septoria sedi* Westend. Наши наблюдения показали, что при развитии гиперпаразита *Ampelomyces* sp. у гриба-хозяина *E. sedi* практически отсутствовали хазмотеции. Следует отметить, что пик-

ниды *Ampelomyces* sp., развивающегося на мучнисторосяных грибах, могут быть надежными индикаторами присутствия последних на образцах растений рода *Hylotelephium*, что полезно при анализе пораженных растений с многокомпонентными микосинузиями и (или) слабой интенсивностью развития *E. sedi*.

Из литературы известно, что на растениях из семейства Crassulaceae, кроме *Erysiphe sedi*, возможно развитие и других мучнисторосяных грибов: *E. umbilici* (Kom.) U. Braun & S. Takam., *Golovinomyces orontii* (Castagne) V.P. Heluta и *Pseudoidium ka-*

lanchoes (Lüstner ex U. Braun) U. Braun & R.T.A. Cook, представляющего собой анаморфную стадию гриба *E. sedi* [1, 2, 4, 6, 7, 36].

Гриб *E. umbilici*, паразитирующий на некоторых представителях родов *Clematis*, *Rhodiola*, *Sedum* и *Hylotelephium* в Азии (Китай, Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан), не отмечен в Беларуси [1, 38]. Данный микромицет, имея схожесть с *E. sedi* по одиночным конидиям на конидиеносцах, отличается от него дихотомически ветвящимися на концах придатками хазмотециев.

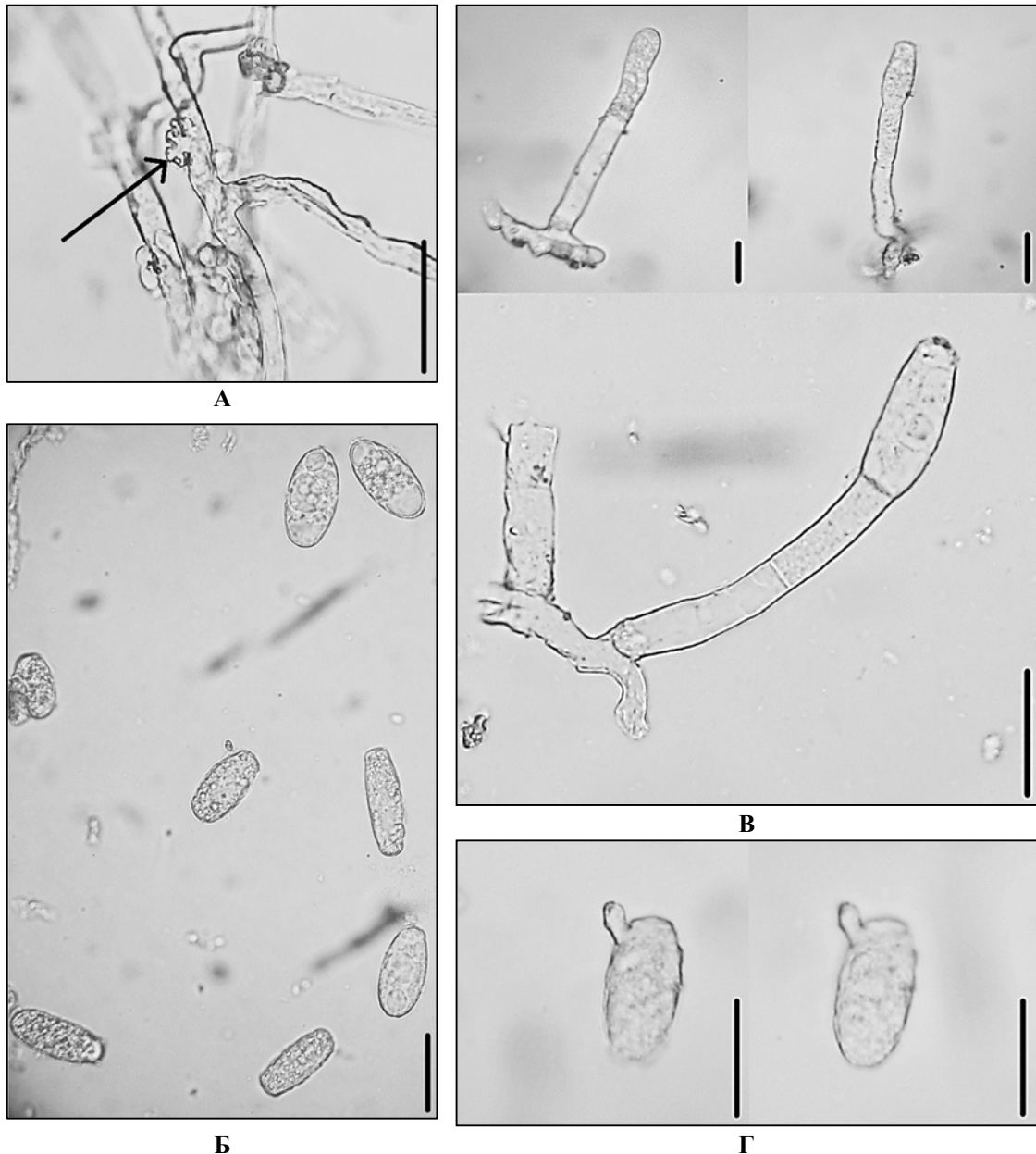


Рис. 3. Гифы с аппрессориями и структуры анаморфы гриба *Erysiphe sedi*:

А – аппрессорий на гифе (указано стрелкой), Б – конидии,
В – конидиеносцы с конидиями, Г – прорастающие конидии. Длина штрихов: 25 мкм

Fig. 3. Hyphae with appressoria and structures of the anamorph of the fungus *Erysiphe sedi*:

А – appressorium on the hyphae (indicated by an arrow), Б – conidia,
В – conidiophores with conidia, Г – germinating conidia. The bar's length: 25 μm



Рис. 4. Структуры телеоморфы гриба *Erysiphe sedi*: А – хазмотеции на листьях с верхней стороны, Б – хазмотеции на листьях с нижней стороны, В – хазмотеции на листе, Г – хазмотеций, Д – придатки, Ж – перидий, И – вскрытый хазмотеций и аски, К – аски, Л – аскоспоры. Длина штрихов: 25 мкм

Fig. 4. Structures of the teleomorph of the fungi *Erysiphe sedi*: А – chasmothecia on the upper leaves's side, Б – chasmothecia on the under leaves's side, В – chasmothecia on leaf, Г – chasmothecium, Д – appendages, Ж – peridium, И – opend chasmothecium and asci, К – asci, Л – ascospores. The bar's length: 25 μm

Таблица. Морфометрические показатели структур гриба *Erysiphe sedi* по данным разных авторов
Table. Morphometric indicators of the fungus structures *Erysiphe sedi* according to various authors

Литературный источник	Длина конидиеносца, мкм	Длина конидии, мкм	Ширина конидии, мкм	Отношение длины конидии к ее ширине	Диаметр хазмотеция, мкм	Длина придатка, мкм	Ширина придатка, мкм	Длина аска, мкм	Ширина аска, мкм	Длина аскоспоры, мкм	Ширина аскоспоры, мкм
Zheng, Chen, 1981 [24]	–	25,0–36,0	12,5–15,0	–	(88,0–) 100,0–125,0	(30,0–) 112,0–260,0	(4,0–) 5,5–9,0 (–11,5)	(44,0–) 50,0–64,0 (–69,0)	(34,0–) 38,0–48,0 (–53,0)	19,0–22,5 (–25,5)	13,0–16,0
Бункина, 1991 [23]	–	–	–	–	89,0–102,0	–	–	49,0–59,0	33,0–36,0	21,0	9,0
Kiss, Daughtrey, 2001 [5]	–	27,0–36,0	13,0–17,0	–	–	–	–	–	–	–	–
Jankovics, Szentiványi, 2005 [39]	–	27,0–45,0	10,0–18,0	–	–	–	–	–	–	–	–
Braun, 2012 [1]	до 110	(20,0–) 25,0–50,0	11,5–24,0	1,6–2,3	80,0–150,0	до 400,0	3,0–10,0	(45,0–) 50,0–85,0	(30,0–) 35,0–55,0 (–60,0)	(17,5–) 20,0–26,0 (–30,0)	(10,0–) 11,5–17,0 (–20,0)
Meeboon, Takamatsu, 2015 [40]	(63,0–) 82,0–99,0 (110,0)	(30,0–) 31,5–36,0 (–40,0)	(13,5–) 15,0–19,5 (–20,0)	–	–	–	–	–	–	–	–
Cho et al., 2016 [34]	75,0–145,0	30,0–50,0	16,0–22,0	–	–	–	–	–	–	–	–
Tang et al., 2016 [7]	102,0–157,0	30,0–49,0	13,0–22,0	–	–	–	–	–	–	–	–
Fang et al., 2017 [6]	58,0–126,0	28,0–50,0	12,0–20,0	–	–	–	–	–	–	–	–
Götz, Idczak, Braun, 2019 [2]	40,0–200,0	(22,0–) 30,0–55,0 (–85,0)	(10,5–) 14,0–22,0 (–25,0)	(1,5–) 1,7–3,2 (–3,8)	–	–	–	–	–	–	–
Soylu et al., 2021 [4]	75,0–150,0	30,0–50,0	15,0–20,0	–	–	–	–	–	–	–	–
Храмцов, Федюшко, 2023	(42,5–) 56,3–75,0 (–82,5)	(25,0–) 30,0–37,5 (–50,0)	(10,0–) 14,0–17,5 (–23,8)	(2,1–) 2,14 (–2,5)	(60,0–) 92,5–107,5 (–125,0)	(22,5–) 56,9–181,3 (–350,0)	(5,0–) 7,5 (–10,0)	(52,5–) 60,0–67,5 (–87,5)	(30,0–) 35,0–42,5 (–60,0)	(17,5–) 25,0–27,5 (–37,5)	(12,5–) 16,3–17,5 (–18,3)

Примечание: «–» – данные отсутствуют

Гриб *Golovinomyces orontii*, паразитирующий на многих растениях из разных семейств, широко распространен в Беларуси, однако не выявлен на представителях семейства Crassulaceae [38]. Ему характерно образование конидий на конидиеносцах в цепочках, чем данный гриб отличается от *E. sedi*, у которого конидии образуются на конидиеносцах по одной (см. рис. 3, В).

Анализ данных литературы и изучение образцов микологической коллекции Гербария БГУ (*MSKU-F*) показали, что первое упоминание о грибе *E. sedi* на территории Беларуси относится к 2017 г. (на *Hylotelephium maximum*¹, г. Минск, цветник, ул. Каховская, И. С. Гирилович). В последующие годы (2018 г. и 2019 г.) паразит также регистрировался в нашей республике как на этом же хозяине¹, так и, в 2021 г., на *Phedimus spurius* (M. Bieb.) Hart (syn. *Sedum spurium* M. Bieb.)² – адвентивном растении, обладающем инвазионным потенциалом на территории Республики Беларусь [14, 15].

Учитывая высокую степень изученности разнообразия мучнисторосяных грибов в Беларуси, что отражено в специализированной монографии (2018 г.), есть все основания считать вышеуказанный патоген чужеродным для нашей республики, недавно проникнувшим на ее территорию как с культивируемыми растениями семейства Crassulaceae, так и, возможно, с воздушными массами и транспортными потоками [38]. Гриб *E. sedi* в качестве чужеродного приводится нами для Беларуси впервые [41].

Анализируя статус гриба *E. sedi* в фитоценозах, нами принято во внимание следующее: длительность периода времени, на протяжении которого патоген регистрировался на территории Беларуси (6 лет, *MSKU-F*); способность его к регулярному размножению; высокая частота встречаемости гриба в агрофитоценозах; расширение круга своих хозяев и высокая интенсивность их поражения, указывающая на эпифитотию. Учи-

¹ микологическая коллекция Гербария БГУ (*MSKU-F*).

² данные литературы; образцы нами не изучались по причине их отсутствия в микологической коллекции Гербария БГУ (*MSKU-F*).

тывая все вышесказанное и используя схему Д. Ричардсона с соавторами (2000 г.), которая описывает процесс инвазии в целом и может быть применена ко всем группам живых организмов, можно характеризовать грибок *E. sedi* как чужеродный вид, натурализовавшийся на территории Беларуси [42]. Вопрос о признании гриба *E. sedi* инвазивным для Беларуси следует считать открытым до проведения дальнейших целенаправленных мониторинговых исследований на всей территории республики.

Данные о таксономическом составе и хозяйственном значении растений семейства Crassulaceae в Беларуси, использовании их в комнатном, оранжерейном цветоводстве и условиях открытого грунта, поражаемости их мучнистой росой в мире позволяют предположить, что нахождение гриба *E. sedi* возможно в нашей республике на представителях родов *Aeonium*, *Crassula*,

Kalanchoe, *Phedimus*, *Petrosedum*, *Rhodiola*, *Sedum*, *Sempervivum*, а также видов рода *Hylotelephium* [10–12].

Hylotelephium × *mottramianum*, представляющий собой недавно описанный гибрид *H. spectabile* (Boreau) H. Ohba × *H. telephium* subsp. *maximum* (L.) H. Ohba, часто культивируется как цветочно-декоративное растение и, как показали наши исследования, поражается грибом *E. sedi* [20]. В сборах, произведенных ранее 2022 г., т. е. до описания *Hylotelephium* × *mottramianum* как отдельного таксона, пораженные мучнистой росой представители рода *Hylotelephium* могли быть определены исследователями как *H. spectabile*, *H. telephium*, *H. telephium* subsp. *maximum* либо *H. maximum*. Сложившаяся ситуация требует критического пересмотра в микологических гербариях видовой принадлежности растений из рода *Hylotelephium*, указанных в качестве хозяев гриба *E. sedi* [20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные нами исследования показали, что мучнисторосый грибок *Erysiphe sedi* является чужеродным для Беларуси и развивается в выявленных местообитаниях как в анаморфе, так и в телеоморфе. Патоген трофически связан с *Hylotelephium maximum*, *H. ×mottramianum*, а также, как показывают данные литературы, с *Phedimus spurius* (M. Bieb.) Hart (syn. *Sedum spurium* M. Bieb.) и, вероятно, может быть обнаружен в

нашей стране на других представителях семейства Crassulaceae.

Приведенная информация о грибе *E. sedi* дополняет данные о его развитии, морфометрических характеристиках, круге хозяев, распространении и может быть учтена при инвентаризации микобиоты Беларуси, а также контроле опасного паразита культивируемых цветочно-декоративных и лекарственных растений семейства Crassulaceae.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках ГПНИ 10 «Природные ресурсы и окружающая среда», подпрограммы 10.2 «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», задания 10.2.02 «Проблемы биологических инвазий и паразитарных угроз в природных и антропогенно-трансформированных экосистемах», НИР «Инвазивные фитопатогенные грибы, грибоподобные организмы и беспозвоночные животные на культивируемых и близкородственных дикорастущих растениях: статус в сообществах, распространение, диагностика» (№ ГР 20211704).

Авторы выражают благодарность доценту кафедры ботаники БГУ В. Н. Тихомирову за ценные консультации, заведующему кафедрой зоологии БГУ С. В. Буге, заведующему кафедрой микробиологии БГУ С. Л. Василенко, доценту кафедры зоологии БГУ О. Ю. Кругловой, учителю биологии СШ № 9 г. Молодечно Т. И. Куприной за помощь в сборе материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Braun, U. Taxonomic manual of the Erysiphales (powdery mildews) / U. Braun, R. T. A. Cook // CBS Biodiversity Series No. 11. – Utrecht, The Netherlands: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, 2012. – 707 p.
2. Götz, M. Phylogenetic affinity and taxonomic reassessment of *Pseudoidium kalanchoes* / M. Götz, E. Idczak, U. Braun // Mycotaxon. – 2019. – Vol. 134. – P. 545–553.
3. Марченко, А. Б. Паразитические микромицеты суккулентов семейства Crassulaceae / А. Б. Марченко // Труды БГТУ. – 2014. – № 1. Лесное хозяйство. – С. 228–231.
4. First report of powdery mildew caused by *Erysiphe sedi* on *Kalanchoe blossfeldiana* in Turkey / S. Soylu [et al.] // Journal of Plant Pathology. – 2021. – Vol. 103. – P. 685–686.
5. Kiss, L. First report of *Erysiphe sedi* on *Sedum spectabile* in North America / L. Kiss, M. L. Daughtrey // Plant Disease. – 2001. – Vol. 85 (11). – P. 1207.
6. First report of powdery mildew caused by *Erysiphe sedi* on *Kalanchoe blossfeldiana* in China / Y. S. Fang [et al.] // Plant Disease. – 2017. – Vol. 101 (7). – P. 1319–1320.
7. First report of powdery mildew caused by *Erysiphe sedi* on *Bryophyllum pinnatum* in China / S. R. Tang [et al.] // Plant Disease. – 2016. – Vol. 100 (2). – P. 521.
8. First report of powdery mildew caused by *Erysiphe sedi* on *Crassula arborescens* in China / X. Shi [et al.] // Plant Disease. – 2020. – Vol. 104 (10). – P. 2730.

9. Powdery mildew caused by *Erysiphe sedi* on *Crassula capitella* in China / H. Qinen [et al.] // Plant Disease. – 2020. – Vol. 104 (12). – P. 3250.
10. Левданская, П. И. Кактусы и другие суккуленты в комнатах / П. И. Левданская. – Минск: Ураджай, 1979. – 176 с.
11. Определитель высших растений Беларуси / Т. А. Сауткина [и др.]; под ред. В. И. Парфенова. – Минск: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
12. Определитель растений Белоруссии / под ред. Б. К. Шишкина, М. П. Томина, М. Н. Гончарика. – Минск: Вышэйшая школа, 1967. – 871 с.
13. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол.: И. М. Качановский (предс.) [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 448 с.
14. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д. В. Дубовик [и др.]. – Минск: Беларуская навка. 2020. – 407 с.
15. Лемеза, Н. А. Фитопатогенные микромицеты на территории города Ошмяны / Н. А. Лемеза, И. С. Гирилович, А. С. Ячевич // Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты: мат-лы IV междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к 100-летию каф. ботаники БГУ, Респ. Беларусь, Минск, 31 мая 2021 г. / Беларус. гос. ун-т; редкол.: В.Н. Тихомиров (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2021. – С. 117–120.
16. Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики: мат-лы II рабоч. совещ. по сравнительной флористике. Неринга, 20–24 сент. 1983 г. / Б. А. Юрцев (ред.). – Л.: Наука, 1987. – 283 с.
17. Великанов, Л. Л. Полевая практика по экологии грибов и лишайников / Л. Л. Великанов, И. И. Сидорова, Г. Д. Успенская. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. – 112 с.
18. Определитель болезней сельскохозяйственных культур / М. К. Хохряков [и др.]. – Л.: Колос. Ленингр. отделение, 1984. – 304 с.
19. Методы экспериментальной микологии. Справочник / под ред. В. И. Билай. – Киев: Наук. думка, 1982. – 552 с.
20. Shaw, J. M. H. A botanical name for a well-known *Hylotelephium* (*Crassulaceae*) hybrid / J. M. H. Shaw, R. Stephenson // British & Irish Botany. – 2022. – Vol. 5, № 1. – P. 101–108.
21. Цвелев, Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) / Н. Н. Цвелев. – СПб.: Издательство СПХВА, 2000. – 781 с.
22. Ячевский, А. А. Карманный определитель грибов. Мучнисто-росяные грибы / А. А. Ячевский. – Л.: Главн. Ботан. сад, 1927. – 626 с.
23. Низшие растения, грибы и мохообразные советского Дальнего Востока. Грибы. Т. 2. Аскомицеты. Эризифальные, клавиципитальные, гелоциальные. – Л.: Наука, 1991. – 394 с.
24. Zheng, R. The genus *Erysiphe* in China / R. Zheng, G. Chen // Sydowia. – 1981. – Vol. 34. – P. 214–327.
25. Бондарцев, А. С. Труговые грибы Европейской части СССР и Кавказа / А. С. Бондарцев. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1953. – 1107 с.
26. Кабаков, Р. И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R / Р. И. Кабаков. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 588 с.
27. Simple Mappr create free point maps for publications and presentations [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.simplemappr.net/#tabs=0/>. – Дата доступа: 18.12.2023.
28. Figma: The Collaborative Interface Design Tool [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.figma.com/>. – Дата доступа: 18.12.2023.
29. Google Maps [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.google.by/maps/>. – Дата доступа: 18.12.2023.
30. Index Fungorum [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.indexfungorum.org/names/Names.asp. – Дата доступа: 16.12.2023.
31. Plants of the World Online (Royal Botanic Garden KEW) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://powo.science.kew.org/>. – Дата доступа: 14.12.2023.
32. Records of phytopathogenic fungal species on native plants new to Croatia / T. Miličević [et al.] // Natura Croatica. – 2014. – Vol. 23, № 1. – P. 179–187.
33. Taxonomy, host range and distribution of some powdery mildew fungi (*Erysiphales*) / N. Ale-Agha [et al.] // Schlechtendalia. – 2008. – Vol. 17. – P. 39–54.
34. First report of powdery mildew caused by *Erysiphe sedi* on *Orostachys japonica* in Korea / S. E. Cho [et al.] // Plant Disease. – 2016. – Vol. 100 (4). – P. 862.
35. Noteworthy records of phytopathogenic micromycetes (18) / J. Kruse [et al.] // Zeitschrift für Mykologie. – 2022. – Vol. 88 (2). – P. 243–292.
36. Plant Parasites of Europe: leafminers, galls and fungi [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bladmineerders.nl>. – Дата доступа: 15.12.2023.
37. Global Biodiversity Information Facility database [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gbif.org/species/2578386>. – Дата доступа: 23.12.2023.
38. Гирилович, И. С. Мучнисторосяные грибы (порядок *Erysiphales*) Беларуси / И. С. Гирилович. – Минск: БГУ, 2018. – 279 с.
39. Jankovics, T. First report of powdery mildew on *Sedum alboroseum* in Europe / T. Jankovics, O. Szentiványi // New Disease Reports. – 2005. – Vol. 11. – P. 19.
40. Meeboon, J. Notes on powdery mildews (*Erysiphales*) in Japan: I. *Erysiphe* sect. *Erysiphe* / J. Meeboon, S. Takamatsu // Mycoscience. – 2015. – Vol. 56. – P. 257–266.
41. Поликсенова, В. Д. Чужеродные фитопатогенные микромицеты Беларуси / В. Д. Поликсенова, А. К. Храмцов // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. Хим., биол., геогр. – 2015. – № 3. – С. 43–48.
42. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / А.Ф. Алимов [и др.]. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 436 с.

Поступила в редакцию 12.01.2024 г.

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ PLANTS PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

УДК 581.1: 581.192: 635.21

Н. А. ЕЛОВСКАЯ¹, Ж. Н. КАЛАЦКАЯ¹, А. Ф. СУДНИК¹,
К. С. ГИЛЕВСКАЯ², В. В. НИКОЛАЙЧУК², В. И. КУЛИКОВСКАЯ²

РЕАКЦИЯ ФОРМИРУЮЩИХСЯ ИЗ МИКРОКЛОНОВ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) НА ОБРАБОТКУ КОНЬЮГАТОМ ХИТОЗАН-КОФЕЙНАЯ КИСЛОТА

¹Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: yaloukaya92@mail.ru

²Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. В статье рассмотрено влияние конъюгата хитозан-кофейная кислота (Хит-КК) на физиолого-биохимическое состояние и продуктивность картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в условиях закрытого грунта. Хит-КК использовали в качестве активной добавки в питательную среду (МС-среда) при выращивании микроклональных растений с последующей двукратной с недельным интервалом обработкой адаптированных растений. Конъюгат Хит-КК стимулировал рост растений и накопление в них сухой биомассы, при этом были выявлены определенные изменения в пигментном комплексе. Добавление Хит-КК в МС-среду, как и двукратная обработка им картофеля способствовали снижению содержания пероксида водорода, пролина, интенсивности процессов перекисного окисления липидов и активности антиоксидантных ферментов, что может быть связано с высокой антиоксидантной активностью синтезированного конъюгата. При этом Хит-КК стимулировал накопление фенольных соединений, а также оказывал положительное действие на продуктивность. Таким образом, конъюгат Хит-КК можно рассматривать как перспективный регулятор роста растений.

Ключевые слова: картофель (*Solanum tuberosum* L.), конъюгат, хитозан, кофейная кислота, пролин, антиоксидантная активность, продуктивность, мини-клубни.

N. A. YALOUSKAYA¹, J. N. KALATSKAJA¹, A. F. SUDNIK¹,
K. S. HILEUSKAYA², V. V. NIKALAICHUK², V. I. KULIKOVSKAYA²

RESPONSE OF POTATO PLANTS (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) FORMED FROM MICROCLONES TO TREATMENT WITH A CONJUGATE OF CHITOSAN AND CAFFEIC ACID

¹V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: yaloukaya92@mail.ru

²Institute of Chemistry of New Materials, the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Annotation. The article investigates the effect of chitosan-caffeic acid conjugate (Chit-CA) on the physiological and biochemical state and productivity of indoor-grown potato plants (*Solanum tuberosum* L.). The active nutrient medium supplement Chit-CA was used in the cultivation of microclonal plants, followed by double treatment of adapted plants with a one-week interval. The conjugate stimulated plant growth and dry biomass accumulation, while also inducing changes in the pigment complex. The addition of Chit-CA to MS medium and its double treatment of potatoes resulted in a decrease in the content of hydrogen peroxide, proline, intensity of lipid peroxidation processes, and activity of antioxidant enzymes. This decrease may be attributed to the high antioxidant activity of the synthesized conjugate. Additionally, Chit-CA stimulated the accumulation of phenolic compounds and had a positive effect on productivity. Therefore, the Hit-KC conjugate shows promise as a plant growth regulator.

Keywords: potato (*Solanum tuberosum* L.), conjugate, chitosan, caffeic acid, proline, antioxidant activity, productivity, mini tubers.

ВВЕДЕНИЕ

В основе экологизации и интенсификации агропромышленного сектора лежит, в том числе, разработка и внедрение препаратов, обладающих комплексным действием на растения, стимулирующих ростовые процессы и обеспечивающих их надёжную защиту от стрессового воздействия, при этом не оказывающих негативного воздействия на компоненты экосистем. Разработка таких препаратов подразумевает использование природных соединений, обладающих физиологической активностью.

Одним из перспективных соединений является хитозан – производное природного полимера хитина. Хитин – самый распространённый полисахарид в биосфере после целлюлозы [1]. Он представляет собой линейный полимер, состоящий из повторяющихся звеньев $\beta(1,4)$ -N-ацетилглюкозамина [2]. Хитозан получают из хитина в ходе реакции деацетилирования [3]. Таким образом, хитозан представляет собой биополимер, построенный из глюкозамина и N-ацетилглюкозамина, связанных $\beta(1,4)$ -гликозидными связями [4]. В промышленном производстве в качестве основного сырья для получения хитина и хитозана используют экзоскелеты морских ракообразных, креветок, крабов, кальмаров, а также клеточные стенки грибов [5].

Хитозан проявляет противогрибковые, антибактериальные, прогнотвирусные и бионематодные свойства [6–8], напрямую воздействуя на патоген либо мобилизуя защитные системы растительного организма [9] через индукцию синтеза фитоалексинов, полифенолов, лигнина и флавоноидов [10]. Хитозан действует как элиситор, усиливая активность ферментов, накопление вторичных метаболитов и образование сигнальных молекул [11] за счет взаимодействия остатков N-ацетилглюкозамина и глюкозамина с внешними и внутренними

клеточными компонентами [12]. Так же хитозан стимулирует всхожесть семян и рост растений, повышает урожайность [13, 14].

Структурные особенности полимерной цепи, а именно наличие реакционно свободных функциональных групп (аминогруппы, первичные и вторичные гидроксильные группы), позволяют использовать хитозан для синтеза различных модифицированных производных [15]. Активно ведется создание и изучение биологической активности конъюгатов и нанокомпозитов на основе хитозана и низкомолекулярных фенольных соединений [16, 17], наночастиц металлов и их оксидов [18, 19]. Для хитозана и его производных характерна структурная неоднородность и различная биоцидная и элиситорная активность, напрямую зависящая от молекулярной массы и степени деацетилирования [20].

При исследовании конъюгатов и наночастиц на основе высоко- и низкомолекулярного хитозана с оксикоричными кислотами продемонстрирована активация физиологического ответа растений ячменя при использовании низкомолекулярного образца [21]. Исследования соединений на основе хитозана и оксикоричных кислот (кофейной, феруловой) показали эффективность в стимулировании роста и развития растений, стабилизации их физиологического состояния и формировании устойчивости к действию абиотических стресс-факторов (солевой и осмотический стрессы) как при обработке семян [22], так и при использовании в качестве активной добавки в культуре *in vitro* [23]. В связи с этим целью настоящей работы заключалась в продолжении исследования влияния конъюгата на основе хитозана и кофейной кислоты на физиолого-биохимическое состояние адаптированных растений картофеля в условиях закрытого грунта.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования использовали растения-регенеранты картофеля сорта Бриз, предоставленные Научно-практическим центром Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству.

Конъюгат хитозана с кофейной кислотой получали карбодиимидным методом с предварительной активацией карбоксильных групп кислоты 1-этил-3-(3-диметиламинопропил)карбодиимидом по ранее описанной методике [17].

Оздоровленные материнские растения-регенеранты клонировали в стерильных условиях ламинар-боксы на стандартную питательную среду Мурасиге-Скуга (МС-среда) и выращивали в те-

чение 2-х недель при температуре 23–25°C в условиях искусственного освещения интенсивностью 3 тыс. люкс при 16-часовом фотопериоде, после чего у части микроклонов проводили замену МС-среды на жидкую стандартную МС-среду, у части – на модифицированную конъюгатом хитозан-кофейная кислота (Хит-КК) концентрацией 0,025 мг/мл.

Через две недели после замены МС-среды проводили адаптацию растений-регенерантов на почвогрунте торговой марки Двина на основе верхового торфа. Каждый вариант опыта включал 3 кассеты по 9 растений на кассету. На 28-е сутки после высадки микросаженцев в грунт проводили обра-

ботку растений картофеля методом 2-кратного опрыскивания листовой поверхности конъюгатом Хит-КК в концентрации 0,025 мг/мл и 0,05 мг/мл с недельным интервалом. В качестве контроля использовали растения, обработанные дистиллированной водой, дополнительный контроль – микроклоны, культивируемые на МС-среде с добавлением конъюгата и обработанные дистиллированной водой. Оценку высоты растений, содержания фотосинтетических (ФС) пигментов, накопления пролина, пероксида водорода, фенольных соединений, продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), активности антиоксидантных ферментов – пероксидазы и супероксиддисмутазы проводили на 7-е сутки после повторной обработки (второго опрыскивания). Оценку продуктивности проводили на 79-е сутки после высадки растений в грунт.

ФС пигменты экстрагировали 100%-м ацетоном и рассчитывали согласно [24]. Содержание перекиси водорода (H_2O_2) определяли по цветной реакции с ксиленовым оранжевым [25], про-

лина – с нингидрином при нагревании [26]. Интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) оценивали по накоплению ТБК-продуктов [27]. Содержание растворимых фенольных соединений проводили по методу Фолина и Чокальтеу в модификации Сиглетона и Росси [28]. Общую активность растворимой пероксидазы (ПО, КФ 1.11.1.7) определяли по Бояркину [29], активность супероксиддисмутазы (СОД, КФ 1.15.1.1) согласно методу [30]. Концентрацию белка в полученных ферментных препаратах определяли по методу Бредфорд. Продуктивность оценивали по количеству мини-клубней, их массе и содержанию крахмала [31].

Статистическую обработку данных проводили в программе Statistics 22. Результаты представлены в виде $M \pm Sd$ (где M – среднее арифметическое значение, Sd – стандартное отклонение) трех биологических повторностей. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$. Буквы латинского алфавита a, b, c, d обозначают наличие достоверных различий между вариантами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценивали влияние двукратной обработки конъюгатом Хит-КК на физиолого-биохимическое состояние адаптированных растений картофеля сорта Бриз в условиях закрытого грунта. Внешний вид растений представлен на рис. 1.

Двукратная с недельным интервалом обработка листовой поверхности растений картофеля конъюгатом Хит-КК способствовала увеличению высоты стебля на 5,2% для концентрации 0,025 мг/мл (B1) и на 25,0% для концентрации 0,05 мг/мл (B2) по сравнению с контролем (рис. 2). Микроклоны картофеля, культивируемые на модифицированной конъюгатом МС-среде в течение 2 недель и обработанные дистиллированной водой, показали увеличение высоты стебля на 19,0% по сравнению с контролем (см. рис. 2). Двукратная обработка растений, предварительно выращиваемых на модифицированной Хит-КК МС-среде, способствовала увеличению высоты стебля по сравнению с контролем на 13,8% для концентрации 0,025 мг/мл (B4) и на 19,0% для концентрации 0,05 мг/мл (B5) соответственно, но не по сравнению с контролем 2 (см. рис. 2).

Активизация роста, сопровождающаяся накоплением метаболитов, может свидетельствовать об усилении обменных процессов при обработке растений определенными соединениями. Так, при двукратной обработке растений картофеля конъюгатом Хит-КК в концентрации 0,025 (B1) и 0,05 мг/мл (B2) содержание сухого вещества увеличилось на 13,2% и 28,5% по сравнению

с контролем соответственно (табл. 1). У растений картофеля, предварительно культивированных на МС-среде с добавлением конъюгата Хит-КК и обработанных дистиллированной водой – контроль 2, исследуемый показатель увеличился на 23,3% по сравнению с контролем (см. табл. 1). В результате двукратной обработки этих растений конъюгатом Хит-КК в концентрации 0,025 мг/мл (B4) и 0,05 мг/мл (B5) содержание сухой биомассы увеличилось на 27,1% и 22,5% по сравнению с контролем соответственно (см. табл. 1).

Пигментный комплекс растений представляет собой сложную и лабильную систему, которая способна реагировать на изменения внешней среды определенными флуктуациями в пределах наследственной программы. Различное содержание хлорофиллов и каротиноидов в вариантах опыта может свидетельствовать о влиянии Хит-КК на формирование фотосинтетического аппарата в ходе адаптации микросаженцев картофеля к нестерильным условиям выращивания. В результате двукратной обработки растений картофеля конъюгатом Хит-КК в концентрации 0,025 (B1) было выявлено снижение содержания Хл а на 12,8% по сравнению с контролем, при этом значения Хл b и каротиноидов сопоставимы со значениями у контрольных растений (см. табл. 1). В свою очередь, двукратная обработка растений картофеля конъюгатом Хит-КК в концентрации 0,05 мг/мл (B2) не оказала влияния на содержание исследуемых пигментов (см. табл. 1).



Рис. 1. Внешний вид растений картофеля после двукратной обработки листовой поверхности конъюгатом хитозана с кофейной кислотой:

a – растения картофеля, полученные в результате адаптации выращенных на стандартной МС-среде микроклонов: Контроль – обработка H_2O ; B1 – обработка Хит-КК (0,025 мг/мл); B2 – обработка Хит-КК (0,05 мг/мл);
 b – растения картофеля, полученные в результате адаптации выращенных на модифицированной Хит-КК МС-среде микроклонов: Контроль 2 – обработка H_2O ; B4 – обработка Хит-КК (0,025 мг/мл); B5 – обработка Хит-КК (0,05 мг/мл)

Fig 1. Potato plant appearance after double treatment of leaf surface with chitosan-caffeic acid conjugate:
 a – potato plants were obtained through the adaptation of microclones grown on a standard MS medium: Control, treated with H_2O ; B1, treated with Chit-CA (0,025 mg/ml); B2, treated with Chit-CA (0,05 mg/ml);
 b – potato plants were obtained through the adaptation of microclones grown on Chit-CA modified MS medium: Control 2, treated with H_2O ; B4, treated with Chit-CA (0,025 mg/ml); B5, treated with Chit-CA (0,05 mg/ml)

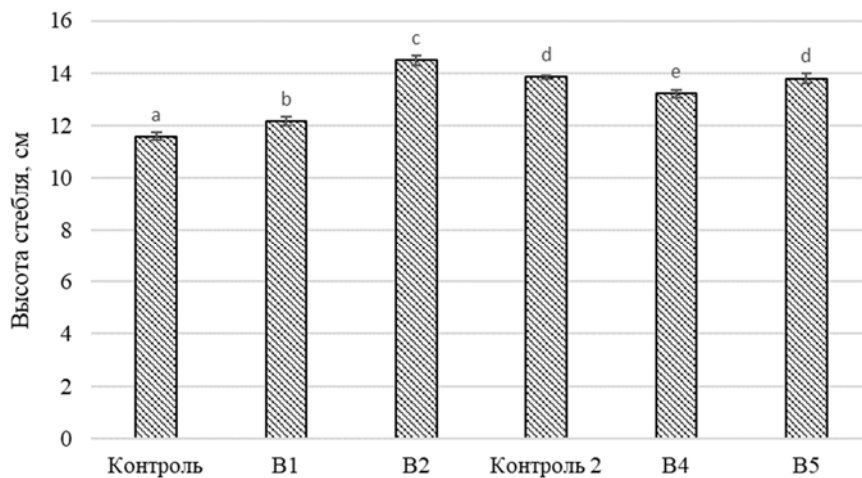


Рис. 2. Высота растений картофеля после двукратной обработки листовой поверхности конъюгатом хитозана с кофейной кислотой

Fig. 2. Potato plant height after double treatment of leaf surface with chitosan-caffeic acid conjugate

Таблица 1. Содержание фотосинтетических пигментов и сухого вещества в листьях картофеля при двукратной обработке конъюгатом хитозана с кофейной кислотой**Table 1.** Photosynthetic pigments and dry matter content in potato plant leaves under double treatment with chitosan-caffeic acid conjugate

Вариант	Содержание фотосинтетических пигментов, мг/г сырой массы			Содержание сухого вещества, %
	Хл а	Хл b	Каротиноиды	
Контроль	1,17 ± 0,05 ^{ad}	0,37 ± 0,02 ^{ab}	0,22 ± 0,01 ^{ab}	9,37 ± 0,18 ^a
B1	1,02 ± 0,03^b	0,31 ± 0,01^a	0,18 ± 0,01 ^a	10,61 ± 0,29^b
B2	1,30 ± 0,05 ^{ac}	0,40 ± 0,02 ^{bc}	0,28 ± 0,04^{bc}	12,04 ± 0,19^c
Контроль 2	1,37 ± 0,09^c	0,46 ± 0,05^c	0,30 ± 0,01^{cd}	11,55 ± 0,32^e
B4	0,96 ± 0,10^b	0,24 ± 0,02^d	0,29 ± 0,03^d	11,91 ± 0,06^c
B5	1,16 ± 0,08 ^d	0,36 ± 0,03 ^{ab}	0,22 ± 0,02 ^b	11,48 ± 0,23^e
HCP _{0,05}	0,13	0,06	0,06	0,33

Примечание: буквы латинского алфавита (a, b, c, d) обозначают достоверные различия между вариантами при $p \leq 0,05$

Растения картофеля, предварительно культивированные на МС-среде с добавлением конъюгата Хит-КК и обработанные дистиллированной водой – контроль 2, продемонстрировали увеличение содержания хлорофиллов (на 17,1% для Хл а и на 24,3% для Хл b соответственно) и каротиноидов на 36,4% по сравнению с контролем (см. табл. 1). В то же время, в результате двукратной обработки этих растений конъюгатом Хит-КК в концентрации 0,025 мг/мл (B4) отмечено снижение уровня Хл а и b по сравнению с контролем (на 17,9% и 35,1% соответственно) и по сравнению с контролем 2 (на 29,9% и 47,8% соответственно), тогда как содержание каротиноидов было выше на 31,8 % по сравнению с контролем и сопоставимо с содержанием в контроле 2 (см. табл. 1). При этом двукратная обработка конъюгатом в концентрации 0,05 мг/мл (B5) не оказала влияния на содержание пигментов по сравнению с контролем, но не с контролем 2, где содержание Хл а снизилось на 15,3%, Хл b – на 21,7% и каротиноидов – на 26,7% (см. табл. 1).

Активные формы кислорода (АФК) являются одним из продуктов метаболических реакций растительного организма. При течении физиологических процессов в оптимальных условиях концентрация АФК в клетках незначительна. Однако при действии стрессовых факторов, в том числе, при обработке химическими соединениями, может происходить усиление генерации АФК. При этом считается, что изменения в окислительно-восстановительных комплексах и накопление АФК можно рассматривать в качестве ранних «сигналов тревоги» [32], направленных на мобилизацию механизмов защиты. Пероксид водорода представляет собой наиболее стабильный и менее токсичный по сравнению с другими АФК стрессовый метаболит [33]. Культивирование микроклонов на МС-среде с добавлением конъюгата Хит-КК, как и обработка адаптированных растений картофеля конъюгатом, способство-

вали снижению содержания пероксида водорода в листьях по сравнению с контролем (рис. 3а).

В первую очередь повреждающее действие АФК реализуется через их взаимодействие с липидами, белками и нуклеиновыми кислотами. В норме интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) свободно-радикального окисления, входящих в состав мембран полиненасыщенных жирных кислот, достаточно низкая и, в основном, направлена на их обновление [34]. Однако при усилении действия химических и физических факторов интенсивность процессов ПОЛ многократно возрастает. Поэтому ПОЛ рассматривают в качестве одного из маркеров неспецифического ответа растительного организма на внешнее воздействие [35].

При двукратной обработке растений картофеля конъюгатом Хит-КК в концентрации 0,05 мг/мл (B2) содержание ТБК-продуктов в листьях ниже на 15,3% по сравнению контрольными растениями (рис. 3б). Адаптированные микроклональные растения картофеля, предварительно культивируемые на модифицированной конъюгатом МС-среде и обработанные дистиллированной водой, характеризовались наиболее низким содержанием ТБК-продуктов - на 23,7% ниже контрольных значений (см. рис. 3б). Последующая двукратная обработка Хит-КК в концентрации 0,025 мг/мл (B4) способствовала снижению исследуемого показателя на 10,0% по сравнению с контролем и повышению на 18,0% по сравнению с контролем 2 (см. рис. 3б). При использовании Хит-КК в концентрации 0,05 мг/мл (B5) содержание ТБК-продуктов оставалось на уровне контроля и увеличилось на 28,7% по сравнению с контролем 2 (см. рис. 3б).

Антиоксидантная система защиты растений состоит из многочисленных ферментных компонентов, обеспечивающих экологическую пластичность растительного организма. СОД, ПО, каталаза (КАТ), глутатионпероксидаза (ГТП), глутатионредуктаза (ГР) и аскорбатпероксидаза

(АПО) вместе образуют сложный механизм для эффективной минимизации, буферизации и удаления АФК [36]. В работах [37–39] было продемонстрировано увеличение активности СОД, ПО и КАТ в условиях абиотического стресса как при обработке хитозаном, так и при использовании КК. В проведенном нами эксперименте культивирование микроклонов картофеля на модифицированной конъюгатом Хит-КК МС-среде, а также двукратная обработка листовой поверхности адаптированных растений конъюгатом способствовала снижению активности ПО по сравнению с контрольными растениями, обработанными дистиллированной водой (рис. 3с).

Активность фермента СОД была ниже во всех опытных вариантах по сравнению с контрольными растениями, обработанными дистиллированной водой. Наиболее низкая активность фермента выявлена при двукратной обработке конъюгатом Хит-КК в концентрации 0,05 мг/мл (В2) – на 15,3% ниже по сравнению с контролем и на 12,3% по сравнению с контролем 2. При этом отсутствовали достоверные различия между опытными вариантами и контролем 2 (рис. 3д).

В ответ на внешнее воздействие растительный организм стимулирует выработку широкого круга низкомолекулярных соединений, обладающих полифункциональным действием.

Предварительное культивирование микроклонов на МС-среде с добавлением конъюгата, как и

последующая двукратная обработка этим конъюгатом в разных концентрациях способствовали повышению содержания фенольных соединений в листьях адаптированных растений картофеля по сравнению с контрольными растениями, обработанными дистиллированной водой (рис. 4а).

Увеличение уровня эндогенного пролина в клетках растений рассматривается в качестве одной из универсальных реакций растения на стресс-воздействие [40]. Различия в содержании пролина в листьях были выявлены лишь в В1: при двукратной обработке конъюгатом Хит-КК в концентрации 0,025 мг/мл исследуемый показатель был ниже на 22,0% по сравнению с контролем, но не по сравнению с контролем 2 (рис. 4б).

Интенсивность продукционного процесса картофеля в условиях закрытого грунта является наиболее важной характеристикой первичного семеноводства. Продуктивность картофеля представляет собой процесс клубнеобразования и формирования мини-клубней. Ранее в работах [41] было показано, что обработка растений картофеля 0,1 мМ раствором кофейной кислоты стимулирует продуктивность. Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что обработка растений картофеля конъюгатом Хит-КК в концентрации 0,025 мг/мл (В1) стимулировала формирование большего числа мини-клубней (на 25,0%) по сравнению с контролем. Аналогичный эффект – увеличение на 21,5% по сравнению с контролем вы-

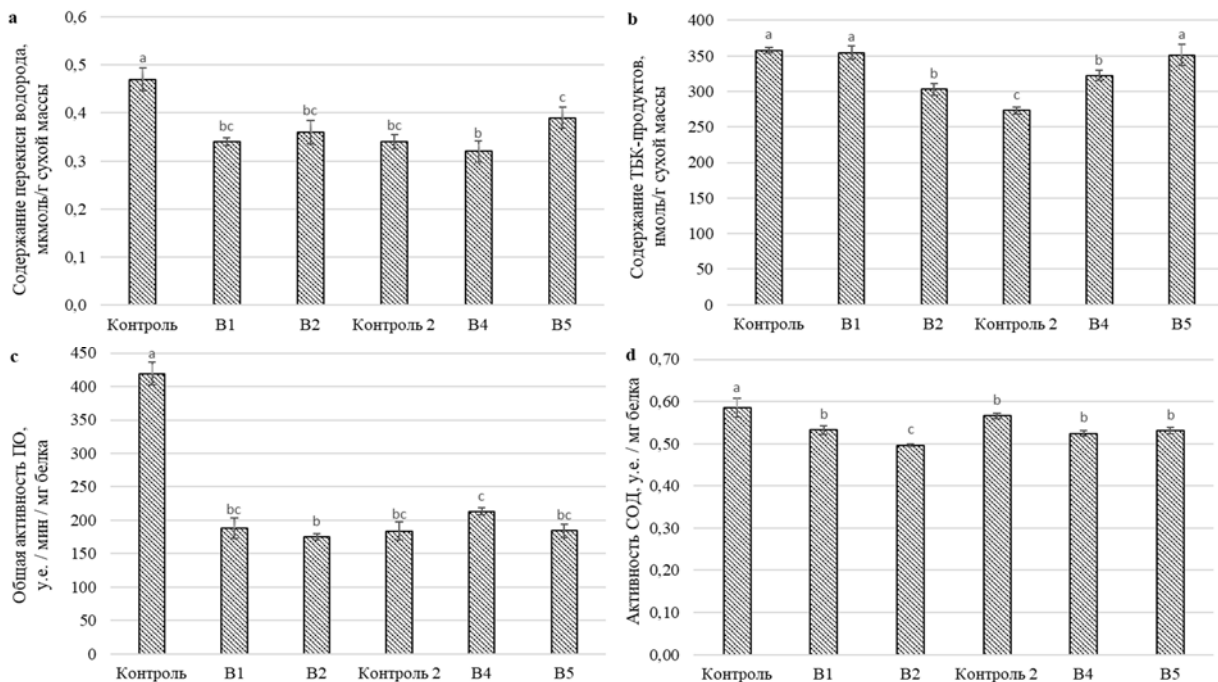


Рис. 3. Содержание пероксида водорода (а), ТБК-продуктов (б) и активность пероксидазы (с) и СОД (д) в листьях растений картофеля при двукратной обработке конъюгатом хитозана с кофейной кислотой

Fig. 3. Hydrogen peroxide content (a), TBK products (b) and peroxidase (c) and SOD (d) activities in potato plant leaves under double treatment with chitosan-caffeic acid conjugate

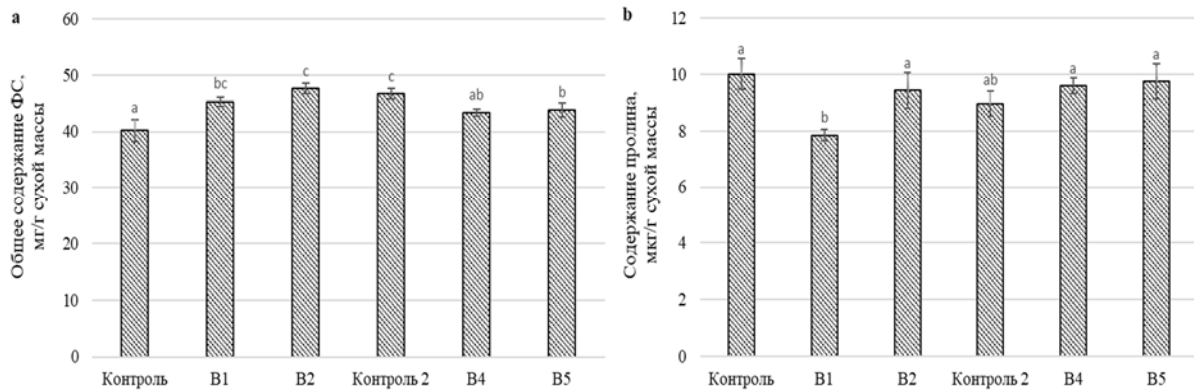


Рис. 4. Содержание фенольных соединений (а) и пролина (б) в листьях картофеля при двукратной обработке конъюгатом хитозана с кофейной кислотой

Fig. 4. Phenolic (a) and proline (b) contents in potato plant leaves under double treatment with chitosan-caffeic acid conjugate

явлено для растений картофеля, предварительно культивируемых в культуре *in vitro* с добавлением Хит-КК в концентрации 0,025 мг/мл (контроль 2) (табл. 2).

В результате двукратной обработки растений Хит-КК в концентрациях 0,025 и 0,05 мг/мл (B1 и B2 соответственно) не выявлено достоверных различий в накоплении массы мини-клубнями, однако добавление в МС-среду с последующей обработкой адаптированных растений конъюгатом Хит-КК в концентрации 0,025 мг/мл (B4) способствовало повышению массы мини-клубней на 11,7% и 10,7% по сравнению с контролем и контролем 2 (см. табл. 2).

Обработка растений картофеля конъюгатом Хит-КК в концентрации 0,025 и 0,05 мг/мл (B1 и B2 соответственно) не оказала влияния на содержание сухого вещества и крахмала в мини-клубнях по сравнению с контролем и контролем 2. Однако при добавлении конъюгата в МС-среду и последующей двукратной обработке адаптированных микроклонов картофеля в концентрации 0,025 мг/мл (B4) содержание сухого вещества было выше на 10,9% по сравнению с контролем и на 14,6% по сравнению с контролем 2, а крахмала – на 31,8% и на 26,1% по сравнению с контролем и с контролем 2 соответственно (см. табл. 2).

Таблица 2. Урожайность и качество мини-клубней картофеля в условиях закрытого грунта при двукратной обработке конъюгатом хитозана с кофейной кислотой

Table 2. Yield and quality of potato mini-tubers under indoor conditions after double treatment with chitosan-caffeic acid conjugate

Вариант	Показатель			
	Число мини-клубней, шт. / кассета	Масса мини-клубней, кг / кассета	Содержание сухого вещества, %	Содержание крахмала, %
Контроль	34,0 ± 1,00 ^a	0,231 ± 0,001 ^a	18,4 ± 2,11 ^a	8,8 ± 1,16 ^a
B1	42,5 ± 0,71^b	0,230 ± 0,010 ^a	16,9 ± 0,26 ^a	8,4 ± 0,23 ^a
B2	34,0 ± 1,41 ^{ac}	0,237 ± 0,010 ^a	17,1 ± 0,68 ^a	8,6 ± 0,61 ^a
Контроль 2	41,3 ± 4,16^b	0,233 ± 0,020 ^a	17,8 ± 0,33 ^a	9,2 ± 0,29 ^a
B4	36,5 ± 2,12 ^{ac}	0,258 ± 0,010^b	20,4 ± 0,24^b	11,6 ± 0,21^b
B5	35,5 ± 3,54 ^a	0,231 ± 0,010 ^a	17,7 ± 0,51 ^a	9,2 ± 0,45 ^a
НСР _{0,05}	5,13	0,018	1,69	0,92

Примечание: буквы латинского алфавита (a, b, c, d) обозначают достоверные различия между вариантами при p ≤ 0,05

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о том, что синтезированный на основе хитозана и кофейной кислоты конъюгат принимает участие в регуляции физиолого-биохимических процес-

сов и продуктивности растений картофеля как при использовании в качестве активной добавки в питательную среду в культуре *in vitro*, так и при обработке адаптированных микроклональных

растений в условиях закрытого грунта. Конъюгат хитозан-кофейная кислота вызвал определенные перестройки пигментного комплекса, что, вероятно, может быть связано с процессом адаптации растений. Обработка конъюгатом стимулировала рост растений и накопление в них сухой биомассы, что свидетельствует об активизации метаболизма. Как хитозан, так и кофейную кислоту часто рассматривают в качестве антиоксидантов, способных восстанавливать активные формы кислорода до стабильных и нетоксичных соединений. Обработка растений конъюгатом привела к снижению содержания пероксида водорода и пролина в опытных растениях, ослаблению интенсивности процессов перекисного окисления липидов, а также активности пероксидазы и су-

пероксиддисмутазы. Принимая во внимание ранее полученные нами результаты [17], демонстрирующие увеличение стабильности кофейной кислоты в составе конъюгата, можно предположить, что конъюгат проявляет себя как сильный антиоксидант. При этом конъюгат хитозан-кофейная кислота симулирует накопление фенольных соединений. Таким образом показано, что изменения метаболизма, происходящие под влиянием конъюгата хитозан-кофейная кислота, затрагивают и продукционный процесс.

Таким образом, конъюгат хитозан-кофейная кислота можно рассматривать как перспективный регулятор роста растений картофеля как в культуре *in vitro*, так и в условиях закрытого грунта.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта НАН Беларуси №2023-28-027 на 2023 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chitosan: properties and its application in agriculture in context of molecular weight / R. Roman-Doval [et al.] // *Polymers*. – 2023. – Vol. 15, Iss. 13. – P. 2867. doi: 10.3390/polym15132867.
2. Chemical properties of biopolymers (chitin/chitosan) and their synergic effects with endophytic *Bacillus* species: unlimited applications in agriculture / R. Amine [et al.] // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26, Iss. 4. – P. 1117. doi: 10.3390/molecules26041117.
3. Камская, В. Е. Хитозан: структура, свойства и использование / В. Е. Камская // *Научное обозрение. Биологические науки*. – 2016. – №6. – С. 36–42.
4. Structure-properties relationship of chitosan/collagen films with potential for biomedical applications / M. Andonegi [et al.] // *Carbohydrate Polymers*. – 2020. – Vol. 237. – P. 116–159. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.116159.
5. Hou, J. Understanding the structural diversity of chitins as a versatile biomaterial / J. Hou, B. E. Aydemir, A. G. Dumanli // *Philosophical transactions A*. – 2021. – Vol. 379. – P. 20200331. doi: 10.1098/rsta.2020.0331.
6. Kim, S. Competitive biological activities of chitosan and its derivatives: antimicrobial, antioxidant, anticancer, and anti-inflammatory activities / S. Kim // *International Journal of Polymer Science*. – 2018. – Vol. 2018. – P. 1–13. doi: 10.1155/2018/1708172.
7. Mechanism of plant growth promotion and disease suppression by chitosan biopolymer / M. Chakraborty [et al.] // *Agriculture*. – 2020. – Vol. 10. – P. 624. doi: 10.3390/agriculture10120624.
8. *Stevia rebaudiana* Berton responses to salt stress and chitosan elicitor / M. Gerami [et al.] // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. – 2020. – Vol. 26, Iss. 5. – P. 965–974. doi: 10.1007/s12298-020-00788-0.
9. The effect and action mechanisms of oligochitosan on control of stem dry rot of *Zanthoxylum bungeanum* / P. Li [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2016. – Vol. 17, Iss. 7. – P. 1044. doi: 10.3390/ijms17071044.
10. Malerba, M. Chitosan effects on plant systems – A review / M. Malerba, R. Cerana // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2016. – Vol. 17, Iss. 7. – P. 996. doi: doi.org/10.3390/ijms17070996.
11. Pirbalouti, A. G. Exogenous application of chitosan on biochemical and physiological characteristics, phenolic content and antioxidant activity of two species of basil (*Ocimum ciliatum* and *Ocimum basilicum*) under reduced irrigation / A. G. Pirbalouti // *Scientia Horticulturae*. – 2017. – Vol. 217. – P. 114–122. doi: 10.1016/j.scienta.2017.01.031.
12. Куликов, С. Н. Роль структуры в элиситорной активности хитозана / С. Н. Куликов, В. П. Варламов // *Ученые записки Казанского государственного университета. Естественные науки*. – 2008. – Т. 150, кн. 2. – С. 43–58.
13. The multifunctional role of chitosan in horticultural crops: a review / R. Sharif [et al.] // *Molecules*. – 2018. – Vol. 23, Iss. 4. – P. 872. doi: 10.3390/molecules23040872.
14. Chitosan nanoparticles (ChNPs): A versatile growth promoter in modern agricultural production / P. U. Ingle [et al.] // *Heliyon*. – 2022. – Vol. 8, Iss. 11. – P. e11893. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11893.
15. Chitosan, chitosan nanoparticles and modified chitosan biomaterials, a potential tool to combat salinity stress in plants / S. R. Balusamy [et al.] // *Carbohydrate Polymers*. – 2022. – Vol. 284. – P. 119189. doi: 10.1016/j.carbpol.2022.119189.
16. Конъюгаты хитозана с оксикоричными кислотами: получение, физико-химические характеристики и оценка их влияния на продуктивность и качество редиса / А. Е. Гилевская [и др.] // *Прикладная биохимия и микробиология*. – 2022. – Т. 58, № 2. – С. 195–205. doi: 10.31857/S0555109922020064.

17. Chitosan-hydroxycinnamic acid conjugates: synthesis, photostability and phytotoxicity to seed germination of barley / V. Nikolaichuk [et al.] // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2021. – e51884. doi: 10.1002/app.51884.
18. Chitosan-capped silver nanoparticles: A comprehensive study of polymer molecular weight effect on the reaction kinetic, physicochemical properties, and synergetic antibacterial potential / V. Kulikouskaya [et al.] // *SPE Polymers*. – 2022. – Vol. 3, Iss. 2. – P. 77–90. doi: 10.1002/pls2.10069.
19. Comparison of antibacterial properties between chitosan stabilized silver and zinc oxide nanoparticles immobilized on white silica beads / M. I. Hidayat [et al.] // *South African Journal of Chemical Engineering*. – 2023. – Vol. 45. – P. 111–119. doi: 10.1016/j.sajce.2023.05.001.
20. Chitosan as a potential natural compound to manage plant diseases / R. S. Risch [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2022. – Vol. 220. – P. 998–1009. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2022.08.109.
21. Влияние конъюгатов хитозана с оксикоричными кислотами и их наночастиц на рост проростков ячменя и содержание в них пролина при солевом стрессе / К. М. Герасимович [и др.] // *Вестці Національної академії наук України. Серія біологічних наук*. – 2022. – Т. 67, № 3. – С. 263–273. doi: 10.29235/1029-8940-2022-67-3-263-273.
22. Параметры роста и антиоксидантная активность в проростках огурца при применении конъюгатов хитозана с оксикоричными кислотами в условиях солевого стресса / Е. Л. Недведь [и др.] // *Прикладная биохимия и микробиология*. – 2022. – Т. 58, № 1. – С. 74–82. doi: 10.31857/S0555109922010068.
23. Caffeic acid in various formulations as a growth and resistance Regulator of potato microclones in *in vitro* culture / N. A. Yaloukaya [et al.] // *Applied Biochemistry and Microbiology*. – 2023. – Vol. 59, № 5. – P. 686–693. doi: 10.1134/S0003683823050046.
24. Lichtenthaler, H. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents / H. Lichtenthaler, A. Wellburn // *Biochemical Society Transactions*. – 1983. – Vol. 11. – P. 591–592.
25. Extracellular H₂O₂ induced by Oligagalacturonides is not involved in the inhibition of the auxin-regulated rolB gene expression in tobacco leaf explants / D. Bellincampi [et al.] // *Plant Physiology*. – 2000. – Vol. 122. – P. 1379–1385. doi: 10.1104/pp.122.4.1379.
26. Модифицированная методика определения пролина в растительных объектах / Г. Н. Шихалева [и др.] // *Вестн. Хароков. нац. ун-та им. В. Н. Каразина. Сер. Биология*. – 2014. – Т. 21, № 1112. – С. 168–172.
27. Copper-induced damage to the permeability barrier in roots of *Silene cucubalus* / C. H. R. De Vos [et. al] // *Journal of Plant Physiology*. – 1989. – Vol. 135, № 3. – P. 164–169. doi: 10.1016/S0176-1617(89)80171-3.
28. Singleton, V. L. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents / V. L. Singleton // *American Journal of Enology and Viticulture*. – 1965. – Vol. 16, Iss. 3. – P. 144–158. doi: 10.5344/ajev.1965.16.3.144.
29. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков [и др.]. Л.: Агропромиздат. – 1987. – С. 41–43.
30. Методы определения редокс-статуса культивируемых клеток растений: учебно-методическое пособие / Г. В. Сибгатулина [и др.]. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2011. – С. 15–17.
31. Mohammed, W. Specific gravity, dry matter content, and starch content of potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties cultivated in Eastern Ethiopia / W. Mohammed // *East African Journal of Sciences*. – 2016. – Т. 10, № 2. – С. 87–102.
32. Колупаев, Ю. Е. Ранние реакции растений на действие стрессоров: повреждение, сигналинг, защита? / Ю. Е. Колупаев, Ю. В. Карпец // *Вестник Харьковского национального аграрного университета. Серия Биология*. – 2012. – Вып. 2, № 26. – С. 6–24.
33. Сигнальная роль активных форм кислорода при стрессе у растений / В. Д. Креславский [и др.] // *Физиология растений*. – 2012. – Т. 59, № 2. – С. 163–178.
34. Galvez-Valdivieso, G. The role of reactive oxygen species in signaling from chloroplasts to the nucleus / G. Galvez-Valdivieso, P. M. Mullineaux // *Physiology of Plants*. – 2010. – V. 138. – P. 430–439. doi: 10.1111/j.1399-3054.2009.01331.x.
35. Дмитриюкова, М. Ю. Влияние экспрессии гена легтемоглобина сои на антиоксидантную систему трансгенных растений табака / М. Ю. Дмитриюкова, А. Х. Баймиев, З. Ф. Рахманкулова // *Вестник ОГУ*. – 2010. – № 12 (118). – С. 4–8.
36. Recent developments in enzymatic antioxidant defence mechanism in plants with special reference to abiotic stress / V. D. Rajput [et al.] // *Biology*. – 2021. – Vol. 10, Iss. 4. – P. 267. doi: 10.3390/biology10040267.
37. Chitosan-induced activation of the antioxidant defense system counteracts the adverse effects of salinity in durum wheat / F. Quitadamo [et al.] // *Plants*. – 2021. – Vol. 10, Iss. 7. – P. 1365. doi: 10.3390/plants10071365.
38. Post-harvest chitosan treatment suppresses oxidative stress by regulating reactive oxygen species metabolism in wounded apples / S. Ackah [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – Vol. 13. – P. 01–10. doi: 10.3389/fpls.2022.959762.
39. Assessing the potential of exogenous caffeic acid application in boosting wheat (*Triticum aestivum* L.) crop productivity under salt stress / H. Mehmood [et al.] // *PloS One*. – 2021. – Vol. 16, Iss. 11. – P. e0259222. doi: 10.1371/journal.pone.0259222.
40. Колупаев, Ю. Е. Антиоксидантная система растений: клеточная компартиментация, защитные сигнальные функции, механизмы регуляции (обзор) / Ю. Е. Колупаев, Ю. В. Карпец, Л. Ф. Кабашникова // *Прикладная биохимия и микробиология*. – 2019. – Т. 55, № 5. – С. 419–440. doi: 10.1134/S0555109919050088.
41. Пузина, Т. И. Участие кофейной кислоты в регуляции продукционного процесса картофеля (*Solanum tuberosum* L.) / Т. И. Пузина, И. Ю. Макеева // *Агрохимия*. – 2015. – № 6. – С. 53–58.

Поступила в редакцию 11.01.2024 г.

УДК 582.475:58.02:577.112:577.13

О. А. ИВАНОВ, Н. А. ШЕВЦОВ, Е. Д. ВАСИЛЕВСКАЯ, В. И. ДОМАШ

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ОСМОЛИТОВ В СЕЯНЦАХ ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PICEAE ABIES* (L.) H. KARST.) С РАЗЛИЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ВОДНОМУ ДЕФИЦИТУ

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: protlife1984@gmail.com*

Аннотация. Приведены результаты анализа изменений в содержании пролина, глицинбетаина (ГБ) и бетаинальдегиддегидрогеназы (BADH) у сеянцев чувствительного к влагообеспеченности вида – ели обыкновенной при моделировании почвенной засухи, что расширяет понимание непосредственного вклада этих соединений в обеспечение адаптационной способности к водному дефициту у растений ели, отличающихся генетическим разнообразием и нормой реакции на данный стрессовый фактор. Установлено, что в условиях смоделированной засухи в стволиках и хвое сеянцев ели из южных регионов Беларуси происходит более интенсивное накопление пролина в сравнении с сеянцами из северного и центрального подрайонов. Выявлена тесная положительная корреляционная связь между засухоустойчивостью сеянцев ели и накоплением пролина в их надземных органах, на основании чего разработан индекс силы реакции, связывающий показатели выживаемости сеянцев при засухе с интенсивностью накопления у них пролина. Для глицинбетаина и фермента, катализирующего его образование – бетаинальдегиддегидрогеназы отмечена межпопуляционная вариативность как в содержании осмолита, так и в активности фермента, не коррелирующая с засухоустойчивостью сеянцев.

Ключевые слова: ель обыкновенная, сеянцы, засуха, биохимическая адаптация, пролин, глицинбетаин, бетаинальдегиддегидрогеназа.

O. A. IVANOV, N. A. SHEVTSOV, E. D. VASILEVSKAYA, V. I. DOMASH

OSMOLITES ACCUMULATION FEATURES BY SCOTTS SPRUCE (*PICEAE ABIES* (L.) H. KARST.) SEEDLINGS WITH DIFFERENT RESISTANCE TO WATER DEFICIENCY

*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: protlife1984@gmail.com*

Annotation. Changes in the content of proline, glycine betaine and betaine aldehyde dehydrogenase during modeling of soil drought in seedlings of a sensitive species - Norway spruce - are analyzed. This leads to an additional understanding of the direct contribution of these compounds in providing different adaptation capacity to water deficit in trees, taking into account their genetic diversity and different response rates to this stressor. It has been established that spruce seedlings from the southern regions of Belarus are characterized by a more intense accumulation of proline in stems and needles under simulated drought conditions in comparison with seedlings from the northern and central subregions. A close positive correlation between drought resistance of spruce seedlings and proline accumulation in needles and stems was found. On this basis, a response strength index was developed linking proline accumulation rates under drought to seedling survival. Interpopulation variation in both osmolyte content and enzyme activity was found for glycinebetaine osmolyte and the enzyme catalyzing its formation, betainealdehyde dehydrogenase of the enzyme, not correlated with drought tolerance of seedlings.

Keywords: Norway spruce, seedlings, drought, biochemical adaptation, proline, glycine betaine, betaine aldehyde dehydrogenase.

ВВЕДЕНИЕ

Ель обыкновенная (*Picea abies* L.), являясь одной из основных лесобразующих пород Беларуси, в последние десятилетия сталкивается со значительным влиянием климатических факторов, прежде всего снижающейся влагообеспеченностью почв в весенне-летний период, что ведет к значительному ослаблению деревьев в лесных

насаждениях и напрямую влияет на воспроизводство новых насаждений, поскольку сеянцы ели наименее устойчивы к почвенной засухе. Тем не менее, степень толерантности отдельных деревьев к этому стрессовому фактору внутри популяции различна. Она определяется генетическим разнообразием и нормой реакции вида, которая в

каждом регионе имеет свои внутривидовые границы [1, 2]. Например, при массовом усыхании ельников в лесонасаждениях часть деревьев, как правило, выживает. В связи с этим возникает вопрос об отборе засухоустойчивых генотипов этих пород, перспективных в качестве источников семян для лесного хозяйства или источников клеточных культур при микрклональном размножении посадочного материала. Это важно не только для формирования устойчивых и продуктивных лесонасаждений в будущем, но, в первую очередь, для создания устойчивых к дефициту влаги сеянцев этих пород, поскольку они практически беззащитны перед засухой по сравнению со взрослыми растениями.

На физиолого-биохимическом уровне в условиях дефицита доступной воды растения испытывают стресс засухи. Регулирование адаптации к водному дефициту может осуществляться путём активации генов и их белковых продуктов, сопряжённых с редокс-регуляцией и накоплением осмолитов и осмопротекторов в клетках и межклеточном пространстве, таких как P5CS, betB, ERD10, DHN-5, пероксидаз, ферментов биосинтеза глутатиона, ингибиторов протеаз, которые поддерживают гомеостаз клеток для сохранения функциональности белков в условиях стресса от засухи [3–6].

Значимыми стресс-индуцируемыми протекторными метаболитами являются пролин, глицинбетаин, глутатионы, накапливающиеся в условиях действия стрессовых факторов. При этом

существенным является способность растения поддерживать их высокую концентрацию продолжительное время. Так, накопление и поддержание определенного количества пролина в растении обеспечивается соотношением активности пролиноксидазы и 1-пирролин-5-карбоксилатредуктазы, регулирующих скорость биосинтеза и деградации аминокислоты соответственно [7].

Глицинбетаин способствует притоку воды в клетки для поддержания равновесия внутриклеточного осмотического давления и регулирует каскад передачи сигналов [8]. У растений он синтезируется с участием NAD-связанной бетаинальдегиддегидрогеназы (BADH). Повышенный уровень активности последней способен обеспечивать высокую концентрацию глицинбетаина в клетках.

Цель настоящей работы заключалась в исследовании количественных характеристик содержания таких осмолитов как пролин, глицинбетаин и участвующий в его синтезе и распаде фермент бетаинальдегиддегидрогеназа в надземных органах сеянцев ели обыкновенной, выращенных из семян культур различных по климатическим условиям лесосеменных подрайонов республики. Искусственное моделирование условий почвенной засухи в эксперименте позволит выявить роль этих соединений в обеспечении различной способности адаптации к водному дефициту у древесных растений с учетом их генетического разнообразия и различной нормы реакции на воздействие данного стрессового фактора.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись сеянцы ели европейской (*Picea abies* L.), полученные из семян, предоставленных Республиканским лесным селекционно-семеноводческим центром. Семена отбирались от деревьев ели с лесосеменных плантаций Северного, Центрального и Гомельского лесосеменных подрайонов Беларуси в 2018–2019 гг.

Схема постановки эксперимента и условия выращивания сеянцев Picea abies L.

Для моделирования условий засухи и оценки её влияния на состояние сеянцев ели семена из Северного, Центрального и Гомельского лесосеменных подрайонов высевались в кассеты 9×6 ячеек, объём каждой ячейки – 100 мл. Кассеты заполнялись верховым торфом со значением pH 3,8–4,0. В субстрат высевали такое количество семян, чтобы в контрольных и опытных вариантах иметь по 100 сеянцев из семенного материала каждого подрайона. Заложенный по такой схеме эксперимент разделяли на опытный и контрольный варианты, где контрольный вариант – сеян-

цы, выращиваемые в оптимальных условиях увлажнения на всём протяжении эксперимента; опытный вариант – сеянцы, выращиваемые 4 месяца в оптимальных условиях увлажнения, а затем при отсутствии полива на протяжении 2-х недель. Выращивание сеянцев осуществлялось в условиях закрытого грунта при температуре +24–+26°C, относительной влажности воздуха 65–80%. Световой период – 16 часов. Интенсивность светового потока – 120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^2\cdot\text{сек}^{-1}$.

После прекращения полива для сеянцев из каждого лесосеменного подрайона фиксировали момент формирования признаков увядания хвои у 60% растений. По достижении увядания 60% растений в популяции каждого лесосеменного подрайона, опытные сеянцы параллельно с растениями соответствующих контрольных вариантов изымали из ячеек, надземную часть отделяли от корневой системы, разделяли на хвою и стволы, которые помещали в индивидуальные для каждого варианта пакеты и хранили при -20°C для дальнейшего анализа.

Определение содержания пролина

Определение содержания пролина проводили согласно методике, изложенной в [9] с некоторыми изменениями. К 200 мг исследуемого образца прибавляли 1 мл 3% сульфосалициловой кислоты и растирали образец до полной гомогенизации на льду. Полученный гомогенат центрифугировали при 20 000 об/мин. в течение 5 мин. и температуре +4°C в центрифуге Hermle Z32HK (Германия). Отбирали в пробирки 0,3 мл супернатанта, прибавляли к нему 0,3 мл 3% сульфосалициловой кислоты, 0,9 мл ледяной уксусной кислоты и 0,6 мл подкисленного нингидрина. Пробирки со смесью инкубировали 1 ч. при 96°C, после чего реакцию останавливали на льду. Далее проводили экстрагирование смеси 3 мл бензола, перемешивали образец 30 мин., затем оставляли пробирки с исследуемым образцом для разделения водной и органической фаз. Отбирали бензольную фазу и измеряли её оптическое поглощение при 520 нм, используя чистый бензол как контроль сравнения. Концентрацию пролина в образце рассчитывали в мкг/г сырого образца по калибровочной кривой, построенной для чистого L-пролина.

Определение содержания глицинбетаина (ГБ)

Определение содержания глицинбетаина проводили согласно методике, изложенной в [10]. Исследуемый растительный материал (50 мг) замораживали в жидком азоте и растирали до порошкообразного состояния. Гомогенизированный материал переносили в пробирки и приливали к нему 1,5 мл 2 N серной кислоты. Пробирки Эппендорф инкубировали на водяной бане при 60°C в течение 10 мин. для экстрагирования глицинбетаина. Затем пробирки центрифугировали при 14 000 об/мин. 10 мин. при комнатной температуре. 125 мкл супернатанта переносили в новые пробирки и добавляли 50 мкл KI-I₂. Пробирки инкубировали при +4°C на протяжении 42 ч., затем центрифугировали при 0°C и 14 000 об/мин. в течение 30 мин. Из пробирок после центрифугирования удаляли супернатант, кристаллы

глицинбетаина растворяли в 1,4 мл 1,2-дихлорэтана и инкубировали 2,5 ч, после чего измеряли оптическую плотность при 365 нм. Концентрацию глицинбетаина рассчитывали в мкг/100 мг ткани, основываясь на калибровочной кривой, построенной для чистого глицинбетаина.

Определение активности бетаинальдегиддегидрогеназы

Определение активности бетаинальдегиддегидрогеназы проводили согласно методике, изложенной в [11]. 200 мг хвои измельчали в 2 мл экстракционного буфера (50 мМ трис-HCl (pH 8,0), 1,0 мМ ЭДТА, 20 мМ метабисульфита натрия, 10 мМ бората натрия, 5,0 мМ аскорбиновой кислоты и 10,0 мМ β-меркаптоэтанола) на льду. Осадок отделяли центрифугированием при 10 000 об/мин в течение 10 мин. при +4°C. Полученный супернатант обессоливали при помощи колонки 8×1,5 см с сефадексом G-25, уравновешенной аналитическим буфером (50 мМ трис-HCl (pH 8,0), 1,0 мМ ЭДТА, 10,0 мМ β-меркаптоэтанола). Анализ обессоленного супернатанта проводили в 1,0 мл реакционной смеси, содержащей аналитический буфер, 1,0 мМ НАД и экстракт. Реакцию инициировали добавлением 1,0 мМ бетаинового альдегида. Измеряли увеличение поглощения при 340 нм с интервалом 30 сек. в течение 2 мин. Ферментативную активность рассчитывали, используя коэффициент экстинкции НАДН (6,22 мМ⁻¹ см⁻¹).

Статистическая обработка данных

Для обработки полученных результатов использовали стандартные методы вариационной статистики. Основными статистическими характеристиками служили: среднее арифметическое (\bar{x}), среднее квадратичное отклонение (σ), ошибка средней величины ($S_{\bar{x}}$) и достоверность различий между средними величинами (t). Различия между средними показателями оценивали при уровне значимости (p) не более 0,05. Для обработки данных использовался пакет статистического анализа данных программы Microsoft Office Excel 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ доступного материала показывает, что семена ели способны эффективно поддерживать водный статус при засухе, о чем свидетельствует тот факт, что даже при экстремальном водном дефиците (-1,5 МПа) относительное содержание воды в побегах не опускается ниже 85%. При этом наблюдается существенное снижение осмотического потенциала содержимого клеток корня и хвои (до 0,3–0,4 МПа), которое не связано с потерей воды или накоплением ионов K⁺ и Na⁺, а оче-

видно, обусловлено аккумуляцией совместимых осмолитов [12]. Наряду с выраженной способностью семян ели поддерживать водный баланс при засухе они характеризуются высокой чувствительностью к водному дефициту, в основе которой лежит невысокая способность ели к регулированию клеточного тургора [13].

В наших исследованиях при моделировании почвенной засухи признаки потери тургора у более чем 60% семян ели обыкновенной первыми

были отмечены у растений из Северного лесосеменного подрайона – на 11-е сутки с момента окончания полива. Весовая влажность грунта к этому моменту составляла $6,5 \pm 1,32\%$. Сеянцы из Гомельского подрайона демонстрировали наибольшую устойчивость – на 11-е сутки в опыте наблюдалось только 42% увядших растений. Растения из Центрального подрайона немного уступали им с 45% увядших сеянцев.

Таким образом, основываясь на результатах модельных экспериментов, можно сделать вывод об определенной степени межпопуляционных различий в устойчивости сеянцев ели к смоделированному дефициту воды.

Согласно полученным данным, в условиях смоделированной засухи для сеянцев ели из Гомельского лесосеменного подрайона характерно более интенсивное накопление пролина как в стволиках, так и хвое в сравнении с сеянцами из Центрального и, в особенности, из Северного подрайонов (рис. 1). В целом отмечено, что в растениях пролин накапливается в хвое интенсивнее, чем в стволиках. При этом, если содержание пролина в контрольных растениях было выше у сеянцев из Северного лесосеменного подрайона и в ответ на засуху они отреагировали увеличением его накопления в хвое в 2,9 и стволиках в 4,4 раза, то для сеянцев из Центрального подрайона эта разница составила соответственно 3,9 и 3,4 раза, для сеянцев из Гомельского подрайона – 1,9 и 7,8 раза (см. рис. 1).

Согласно литературным данным, схожим образом на засуху реагировали и другие виды растений, например, *Arabidopsis thaliana* [14], а также четырехлетние сеянцы ели [15], что позволяет и в нашем опыте рассматривать накопление пролина в

органах как один из индикативных показателей стресс-реакции растения на водный дефицит [16].

Учитывая, что накопление аминокислоты происходило в различных частях растения неравномерно, мы предлагаем ввести в качестве уравновешивающего такую неравномерность параметра **индекс силы реакции (ИСР)**, который может отражать общую реакцию сеянца в целом на стресс засухи. ИСР представляет собой произведение отношений содержания пролина в хвое и стволиках контрольных и опытных растений, деленное на число вовлеченных в исследование вегетативных частей:

$$\text{ИСР} = \frac{\frac{\text{Пр. Оп Хвоя}}{\text{Пр. К Хвоя}} \times \frac{\text{Пр. Оп Ств.}}{\text{Пр. К Ств.}}}{2}$$

При расчете с использованием данных проведенного нами анализа, максимальное значение ИСР – 74,1 было отмечено для сеянцев из Гомельского лесосеменного подрайона, минимальное (6,4) – для сеянцев из Северного лесосеменного подрайона. Резкое возрастание содержания пролина в подвергшихся засухе растениях из исследованных лесосеменных подрайонов коррелировало с их фенотипической устойчивостью к дефициту почвенной влаги. При помощи ИСР были связаны показатели интенсивности накопления пролина при засухе с % увядания сеянцев, что дало возможность установить тесную положительную корреляционную связь ($r = 0,87$) между засухоустойчивостью растений ели и накоплением пролина в надземных органах.

При анализе содержания ГБ в хвое и стволиках сеянцев ели из географически различающихся лесосеменных подрайонов было установлено,

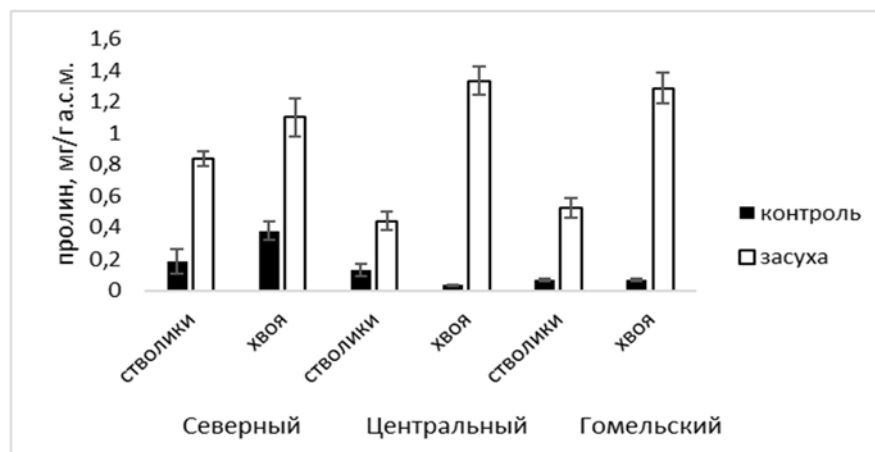


Рис. 1. Содержание пролина (мг/г абсолютно сухой массы) в стволиках и хвое сеянцев ели обыкновенной в контроле и при смоделированной засухе: Северный, Центральный, Гомельский – лесосеменные подрайоны, из семян ели которых выращены сеянцы

Fig. 1. Proline content in the stems and needles of Norway spruce in the control and under simulated drought: Northern, Central, Gomel – forest seed subdistricts, from the seeds of which seedlings are obtained

что в условиях смоделированной засухи в органах сеянцев из Северного подрайона содержание ГБ падало по сравнению с контролем в стволиках в 1,7, в хвое в 2,6 раза. В стволиках растений Гомельского подрайона концентрация ГБ в контроле на 69% превышала показатели в опыте. Но, одновременно с этим следует отметить, что у сеянцев из Гомельского подрайона при снижении в условиях засухи содержания ГБ в стволиках, концентрация метаболита в хвое достоверно возрастала, что может свидетельствовать о его возможном, как реакции на стресс водного дефицита, перераспределении в ассимилирующие органы растения (рис. 2).

Для сеянцев из семенного материала популяций ели Центрального подрайона во всех исследованных частях в условиях дефицита почвенной влаги происходило увеличение concentra-

ции ГБ на 23,0–28,5%, что является более характерным типом динамики этого соединения [17].

Закономерной представляется выраженная зависимость между накоплением ГБ и уровнем активности ВADH в хвое ели (рис. 3). Во всех случаях изменение содержания ГБ и в хвое и в стволиках растений коррелировало с повышенной или пониженной активностью фермента.

Обращают на себя внимание существенные различия значений исследуемых биохимических параметров прежде всего у сеянцев из семенного материала Северного и Гомельского лесосеменных подрайонов, свидетельствующие о разной выраженности ответа на стрессовое воздействие засухи. Сеянцы, выращенные из семян растений ели южных районов Беларуси, демонстрируют более выраженную устойчивость к недостатку

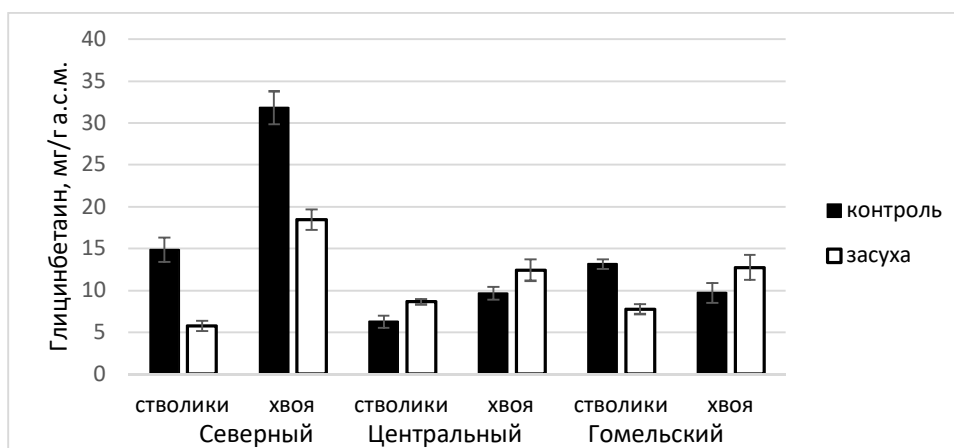


Рис. 2. Содержание глицинбетаина (мг/г абсолютно сухой массы) в стволиках и хвое ели обыкновенной в контроле и при смоделированной засухе: Северный, Центральный, Гомельский – лесосеменные подрайоны, из семян популяций ели которых выращены сеянцы

Fig. 2. The content of glycine betaine in the stems and needles of Norway spruce in the control and under simulated drought. Northern, Central, Gomel – forest seed subdistricts, from the seeds of which seedlings are obtained

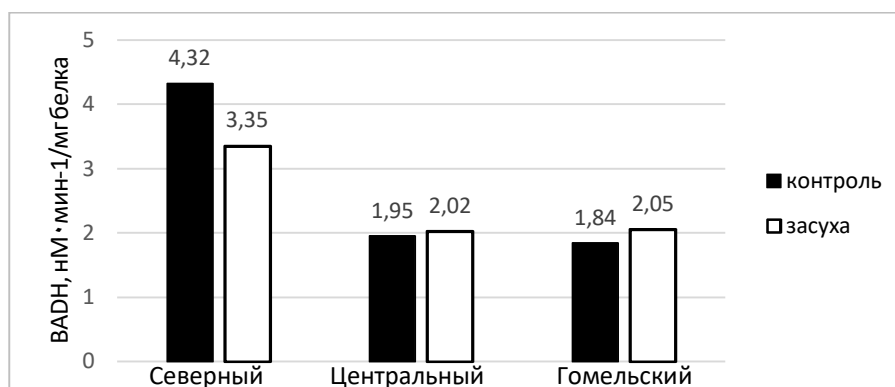


Рис. 3. Активность ВADH ($\text{нМ} \cdot \text{мин}^{-1}/\text{мг}$ белка) в хвое ели обыкновенной в контроле и при смоделированной засухе. Северный, Центральный, Гомельский – лесосеменные подрайоны, из семян которых выращены сеянцы

Fig. 3. BADH activity in Norway spruce needles in control and under simulated drought: Northern, Central, Gomel – forest seed subdistricts, from the seeds of which seedlings are obtained

влаги в почве и отвечают более интенсивным накоплением важного стрессового метаболита пролина, что, возможно, является следствием естественного генетически детерминированного отбора на устойчивость в условиях более выраженной аридности южных регионов страны, а

также одним из биохимических свидетельств, укладываемых в сложившуюся лесохозяйственную практику, согласно которой не рекомендуется высевать семена ели, полученные от деревьев из Северного лесосеменного подрайона, на юге Беларуси и наоборот.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований установлено, что для сеянцев ели из семян южных регионов Беларуси характерно более интенсивное накопление пролина в стволиках и хвое в условиях смоделированной засухи в сравнении с сеянцами из северного и центрального подрайонов. Отмечена тесная положительная корреляционная связь ($r = 0,87$) между засухоустойчивостью сеянцев ели и накоплением пролина в хвое и стволиках, на основании чего разработан индекс силы реакции, связывающий показатели интенсивности накопления пролина при засухе с выживаемостью сеянцев. Для осмолита глицинбетаина, а также фермента, катализирующего его образование, бетаинальдегиддегидрогеназы, отмечена межпо-

пуляционная вариативность как в содержании осмолита, так и в активности фермента, не коррелирующая с засухоустойчивостью сеянцев.

Анализ связи засухоустойчивости и способности к накоплению вторичных метаболитов, ассоциированных с водным дефицитом у сеянцев ели из семян различных лесосеменных подрайонов позволил определить биохимические индикаторы, интенсивность изменения которых связана с устойчивостью сеянцев к водному дефициту. Обнаружены корреляции в интенсивности накопления пролина в стволиках и хвое сеянцев ели и их устойчивости к засухе. На основании этого предложен индекс силы реакции, позволяющий прогнозировать выживаемость сеянцев ели в условиях засухи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генотипическая изменчивость *Pinus sylvestris* L. по признаку засухоустойчивости / Е. Ю. Аминева [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2019. – Т. 23, № 1. – С. 15–23.
2. Drought Sensitivity of Norway spruce at the Species' Warmest Fringe: Quantitative and Molecular Analysis Reveals High Genetic Variation Among and Within Provenances / C. Trujillo-Moya [et al.] // G3 (Bethesda). – 2018. – Vol. 8, No 4. – P. 1225–1245.
3. Brini, F. Overexpression of wheat dehydrin DHN-5 enhances tolerance to salt and osmotic stress in *Arabidopsis thaliana* / F. Brini [et al.] // Plant Cell Rep. – 2007. – Vol. 26. – P. 2017–2026.
4. Reactive oxygen gene network of plants / R. Miller [et al.] // Trends Plant Sci. – 2004. – Vol. 9. – P. 490–498.
5. Identification of antioxidants produced by *Lactobacillus plantarum* / Y. Suzuki [et al.] // Biosci. Biotech. Bioch. – 2013. – Vol. 77. – P. 1299–1302.
6. Drought Stress Tolerance in Plants: Insights from Transcriptomic Studies / É. A. Kido [et al.] // Drought Stress Tolerance in Plants, Vol 2. / eds. M. A. Hossain [et al.] – Switzerland, 2016. – Chap. 6. – P. 153–185.
7. Drought Tolerance in Plants: Molecular Mechanism and Regulation of Signaling Molecules / P. K. Singh [et al.] // Plant Signaling Molecules / eds. M. Iqbal R. Khan [et al.]. – 2019. – Chap. 6. – P. 105–123.
8. Majumder, A. L. Osmolyte Regulation in Abiotic Stress / A. L. Majumder, S. Sengupta, L. Goswami. // Abiotic Stress Adaptation in Plants: Physiological, Molecular and Genomic Foundation / eds. A. Pareek [et al.]. – Netherlands, 2010. – Chap. 16. – P. 349–370.
9. Senthilkumar, M. Estimation of Proline Content in Plant Tissues / M. Senthilkumar, N. Amareesan, A. Sankaranarayanan // Springer Protocols. Plant-Microbe Interactions. Laboratory Techniques. – NY, 2021. – Ch. 22. – P. 95–98.
10. Senthilkumar, M. Determination of Glycine Betaine by Periodide Method / M. Senthilkumar, N. Amareesan, A. Sankaranarayanan // Springer Protocols. Plant-Microbe Interactions. Laboratory Techniques. – NY, 2021. – Ch. 23. – P. 99–100.
11. Senthilkumar, M. Estimation of betaine aldehyde dehydrogenase (BADH) activity / M. Senthilkumar, N. Amareesan, A. Sankaranarayanan // Springer Protocols. Plant-Microbe Interactions. Laboratory Techniques. – NY, 2021. – Ch. 24. – P. 101–102.
12. Физиологические механизмы адаптации хвойных к засухе / В. В. Кузнецов [и др.] // Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды: сборник мат-лов Годичного собрания Об-ва физиологов растений России, Всеросс. науч. конф. с междунар. участием и школы молодых ученых, г. Иркутск, 10–15 июля 2018 г. / Федеральное агентство научных организаций [и др.]; под ред. В. К. Войникова. – Иркутск, 2018 – С. 17–20.
13. Impact of drought stress induced by polyethylene glycol on growth, water relations and cell viability of Norway spruce seedlings / I. E. Zlobin [et al.] // Environ. Sci. Pollut. Res. – 2018. – V. 25. – P. 8951–8962.
14. Verslues, P. E. Proline metabolism and its implications for plant environment interaction / P. E. Verslues, S. Sharma // Arabidopsis Book. – 2010. – Vol. 8. – C. e0140. doi.org/10.1199/tab.0140.
15. Physiological responses of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings to drought stress / L. Ditmarova [et al.] // Tree Phys. – 2010. – Vol. 30. – P. 205–213
16. Szabados, L. Proline: A multifunctional amino acid / L. Szabados, A. Savoure // Trends Plant Sci. – 2010. – Vol. 15. – P. 89–97.
17. Giri, J. Glycinebetaine and abiotic stress tolerance in plants / J. Giri // Plant Signal Behav. – 2011. – Vol. 6, No 11. – P. 1746–1751.

Поступила в редакцию 16.01.2024 г.

УДК 60:364.737:581.557.24

Я. С. КАМЕЛЬЧУК¹, Н. А. ЛАМАН²**ВЛИЯНИЕ МИКОРИЗАЦИИ МИКРОКЛОНОВ *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. НА ИХ АДАПТАЦИЮ К УСЛОВИЯМ *EX VITRO***¹Полесский государственный университет, Пинск, Беларусь, e-mail: yaninacamal@gmail.com²Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: nikolai.laman@gmail.com

Аннотация. Исследовано влияние микоризации регенерантов голубики высокой (*Vaccinium corymbosum* L.) на этапе адаптации к условиям *ex vitro* на морфометрические характеристики растений. Установлено, что у микроклонов голубики сортов Блюкроп и Патриот после инокуляции микоризными грибами *Phialocephala fortinii* и *Pezizula* sp. через 14 недель все показатели биопродукционных признаков обработанных регенерантов достоверно превышают показатели контрольных вариантов: увеличивается скорость роста, укоренение, жизнеспособность. У адаптантов благодаря образовавшейся микоризе возрастает стрессоустойчивость.

Ключевые слова: микоризные грибы, рост растений, адаптация, биотизация, микоризация, голубика высокая, микроклональное размножение, *ex vitro*.

YA. S. KAMELCHUK¹, N. A. LAMAN²**THE INFLUENCE OF MYCORIZATION OF *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. MICROCLONES ON THEIR ADAPTATION TO *EX VITRO* CONDITIONS**¹Polesky State University, Pinsk, Belarus, e-mail: yaninacamal@gmail.com²V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: nikolai.laman@gmail.com

Annotation. The influence of mycorrhization of blueberry regenerants at the stage of adaptation to *ex vitro* conditions on the morphometric characteristics of plants was analyzed. It was established that in blueberry varieties Bluecrop and Patriot after inoculation with mycorrhizal fungi *Phialocephala fortinii* and *Pezizula* sp. at the adaptation stage after 14 weeks, all indicators of bioproduction characteristics significantly exceed those of the control variants in both blueberry varieties with two mushrooms: growth rate, rooting, viability increases, and also in adaptants, due to the formed mycorrhiza, stress resistance increases.

Keywords: mycorrhizal fungi, plant growth, adaptation, biotization, mycorrhization, high blueberry, microclonal propagation, *ex vitro*.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в Беларуси производство ягод голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum*) значительно увеличилось, также, как и во многих регионах мира, включая США, Южную Америку, Европу [1–3].

При интенсивном возделывании голубики высокорослой питание и защита растений обеспечиваются в основном удобрениями и пестицидами. Эти агротехнические обработки могут привести к нарушению симбиоза растений с их аборигенной микробиотой. Удобрение растений избытком азота и фосфора может ингибировать рост микоризных грибов и концентрацию антиоксидантов в плодах, что приводит к снижению их питательной ценности. Голубика – один из самых богатых источников антиоксидантов среди свежих ягод, следовательно, уход за рас-

тениями при ее выращивании следует проводить с особой осторожностью. Чтобы обеспечить максимальную антиоксидантную активность ягод, использование пестицидов и удобрений должно быть сведено к минимуму. Кроме того, необходимы новые, более экологичные методы выращивания культур. Ключевым фактором на этапе адаптации растений *in vitro* к условиям роста *ex vitro* является взаимодействие растений и микроорганизмов. Для успешной адаптации необходимо возвращать микоризообразователи путем инокуляции саженцев или использовать биотизацию на этапах формирования зрелого растения [4].

Чтобы получить преимущество на рынке, фермеры ищут новые, проверенные методы выращивания растений, которые позволяют повы-

сильно урожайность и улучшить качество ягод. Экологические методы становятся все более популярными. Экологически безопасным методом является биотизация растений как биотехнологический подход, повышающий их продуктивность и устойчивость. Он основан на инокуляции растений соответствующими симбиотиче-

скими микроорганизмами, которые способствуют росту и стрессоустойчивости [5, 6].

Цель настоящего исследования – изучение влияния инокуляции микоризными эрикоидными грибами на биометрические и продукционные характеристики и адаптацию микроклональных регенерантов голубики высокорослой в условиях *ex vitro*.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В эксперименте использованы регенеранты голубики высокорослой сортов Блюкроп и Патриот научно-исследовательской лаборатории клеточных технологий в растениеводстве Полесского государственного университета. Микоризные грибы *Phialocephala fortinii* и *Pezicula sp.* выделены из аборигенного вида черники (*Vaccinium myrtillus L.*) из естественной ценопопуляции, произрастающей в Барановичском районе, идентифицированы в лаборатории ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», депонированы в Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» под номерами БИМ F-772, БИМ F-773, а также в GeneBank NCBI под номерами МК356722.1 и МК356723.1. Для микоризации готовили грибной моноорганический инокулят по протоколам [7–9].

Для изучения влияния биотизации микоризными эрикоидными грибами на адаптацию микроклонов *Vaccinium corymbosum L.* к условиям *ex vitro* брали стерильные укорененные регенеранты голубики, внешне одинаковые по размеру, отмывали их от остатков питательной среды, замачивали в приготовленном инокуляте и высаживали в кассеты, заполненные увлажненным верховым торфом. В качестве контроля использовали регенеранты, не замоченные в инокуляте. Кассеты с адаптантами накрывали полиэтиленовой пленкой, создавая условия повышен-

ной влажности до появления молодых листочков. За регенерантами *ex vitro* осуществляли ежедневный уход – ежедневные трехкратные полив / опрыскивание и двукратное проветривание на протяжении не более 1 часа.

Учет анализируемых показателей – высоты адаптантов, количества междоузлий, количества побегов, длину корня, прирост биомассы проводили через 14 недель адаптации на стеллажах световой установки адаптационного помещения биотехнологической лаборатории при температуре +25°C, фотопериоде день/ночь – 16ч / 8ч, освещенности 3000 лк (люминесцентные лампы OSRAM L36W/76 Natura), относительной влажности воздуха 70%.

Количество укорененных регенерантов для адаптации в каждом варианте опыта и в контроле составляло 50 шт., повторность опыта – 5-кратная.

Статистическую обработку (табл. 1–3) проводили в программе Statistica 10.0, используя ANOVA и Критерий Дункана ($p < 0.01$) для сравнения средних значений ($n=5$). [10]. В табл. 1, 3 данные приведены в виде среднего значения \pm средняя статистическая ошибка. Для дисперсионного анализа данных и расчета доли влияния факторов на рост и развитие растений использовали программу статистического анализа AB-Stat 1.0, разработанную в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси (см. табл. 2) [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что через 14 недель у растений голубики высокой обоих сортов после биотизации микоризными грибами *Phialocephala fortinii* и *Pezicula sp.*, все показатели исследуемых нами признаков достоверно превышают показатели контрольных вариантов (см. табл. 1).

Высота молодых растений каждого из вариантов опыта с применением моноинокулята *Phialocephala fortinii* достоверно (при $p < 0,01$) превышала высоту контрольных растений и достигла у сорта Bluecrop 126 мм (186,2% к контролю), у сорта Patriot – 105 мм (150,4%). Также высота молодых растений с применением *Pezicula sp.* у

сорта Bluecrop достигла 105 мм (155,5%), у сорта Patriot – 95 мм (135,1%) (см. табл. 1).

Инокуляция адаптантов привела к увеличению количества междоузлий у растений обоих сортов голубики, при этом у сорта Bluecrop значения были выше, чем у сорта Patriot как с *Phialocephala fortinii*, так и с *Pezicula sp.* (см. табл. 1). Количество междоузлий с *Phialocephala fortinii* у сорта Bluecrop составило 16 штук, что по сравнению с контролем на 51% больше, с *Pezicula sp.* – 14 (138,5%). У сорта Patriot количество междоузлий было равным как с *Phialocephala fortinii*, так и с *Pezicula sp.* – 17, но больше, чем у контрольных растений (130%) (см. табл. 1).

Таблица 1. Биопродукционные показатели инокулированных микоризными грибами адаптантов *Vaccinium corymbosum* L. в условиях *ex vitro***Table 1.** Bioproduction parameters of *Vaccinium corymbosum* L. adaptants, inoculated with mycorrhizal fungi, under *ex vitro* conditions

Штамм	Сорт	ВР, мм	КМ, шт.	ДК, мм	ПБ, г
Контроль	Bluecrop	67,4±4,7	10,4±0,6	30,7±1,79	0,049±0,005
<i>Phialocephala fortinii</i>		125,5±2,9**	15,7±0,3**	41,2±0,6**	0,251±0,022**
<i>Pezicula sp.</i>		104,8±1,4**	14,4±0,2**	39,1±0,6**	0,150±0,037**
НСР _{0,05}		6,6	1,1	1,6	0,03
НСР _{0,01}		8,9	1,5	2,2	0,04
Контроль	Patriot	70,0±3,03	13,0±0,5	29,6±1,1	0,068±0,005
<i>Phialocephala fortinii</i>		105,3±1,2**	17,1±0,2**	39,7±0,3**	0,200±0,009**
<i>Pezicula sp.</i>		94,6±1,1**	16,7±0,2**	38,2±0,4**	0,129±0,009**
НСР _{0,05}		8,1	1,3	1,9	0,04
НСР _{0,01}		10,9	1,8	2,7	0,05

Примечание. Признаки: ВР – высота растений; КМ – количество междоузлий; ДК – длина корня; ПБ – прирост биомассы; Штамм (контроль – отсутствие инокулята). НСР_{0,05} – наименьшая существенная разница при p<0,05; НСР_{0,01} – наименьшая существенная разница при p<0,01. Полу жирным шрифтом выделены значения, достоверно отличающиеся от значения в контроле: * – достоверно отличается от контроля при p<0,05; ** – при p<0,01.

Таблица 2. Двухфакторный дисперсионный анализ биопродукционных показателей адаптантов *Vaccinium corymbosum* L., инокулированных микоризными грибами, в условиях *ex vitro***Table 2.** Two-factor analysis of variance of bioproduction parameters of blueberry adaptants *Vaccinium corymbosum* L. under *ex vitro* conditions inoculated with mycorrhizal fungi

ИВ	df	ВР		КМ		ДК		ПБ	
		СК	ДВ,%	СК	ДВ,%	СК	ДВ,%	СК	ДВ,%
Общее	29	503,264	100,000	7,206	100,000	22,624	100,000	0,007	100,000
Фактор А	1	645,424**	4,423	34,197**	16,364	3,201	0,488	0,002	1,190
Фактор В	2	5647,278**	77,388	61,914**	59,256	277,118**	84,474	0,070**	73,681
АхВ	2	328,808*	4,506	0,944	0,904	0,977	0,298	0,003	3,209
Повторности	4	126,830	3,476	2,529	4,840	1,380	0,841	0,003	5,340
Случайные отклонения	20	74,487	10,207	1,947	18,636	4,560	13,899	0,002	16,580

Примечание. ИВ – источник варьирования; df – число степеней свободы; СК – средний квадрат; ДВ – доля влияния фактора; фактор А – сорта голубики высокой (Bluecrop, Patriot); фактор В – грибной инокулюм (*Phialocephala fortinii*, *Pezicula sp.*, контроль); ВР – высота растений; КМ – количество междоузлий; ДК – длина корня; ПБ – прирост биомассы. Полу жирным шрифтом выделены значения, достоверно отличающиеся от значения в контроле: * – достоверно отличается от контроля при p<0,05; ** – при p<0,01.

Таблица 3. Воздействие инокуляции микоризными эрикоидными грибами на побегообразование регенерантов *Vaccinium corymbosum* L.**Table 3.** Effect of inoculation on *Vaccinium corymbosum* L. shoot formation

Число побегов	Контроль	Грибной инокулюм	
		<i>Phialocephala fortinii</i>	<i>Pezicula sp.</i>
Сорт Bluecrop			
Нет побегов	61%	6%**	41%**
1	39%	72%**	50%**
2	-	20%**	9%**
3	-	1%**	-
4	-	1%**	-
Сорт Patriot			
Нет побегов	50%	10%**	36%*
1	43%	69%**	51%*
2	7%	20%**	12%*
3	-	1%**	1%**
4	-	-	-

Примечание: полу жирным шрифтом выделены значения, достоверно отличающихся от значения в контроле: * – достоверно отличаются от контроля при p<0,05; ** – при p<0,01.

Положительное влияние инокуляция оказала на корневую систему адаптантов. Отмечено увеличение длины корня у сортов Bluecrop и Patriot как с применением инокулята на основе эрикоидного гриба *Phialocephala fortinii*, так и с инокулятом из *Pezicula sp.* У сорта Bluecrop с *Phialocephala* длина корня достигла 41 мм (134,2%), с *Pezicula sp.* – 39 мм (127,4%). У сорта Patriot длина корня с *Phialocephala* составила 40 мм (134,1%), с *Pezicula sp.* – 38 мм (129,1%). Все показатели достоверны при $p < 0,01$ (см. табл. 1).

У исследуемых сортов голубики в вариантах с обоими грибами обнаружены статистически достоверные при $p < 0,01$ различия по приросту биомассы, которые составили у сорта Bluecrop с *Phialocephala* 0,25 г, что в 5 раз выше, чем у контрольных растений, с *Pezicula sp.* – 0,15 г (в 3 раза больше контроля). У сорта Patriot отмечена такая же тенденция в увеличении биомассы – с *Phialocephala* 0,2 г (в 3 раза больше контрольных растений) и с *Pezicula sp.* – 0,13 г (в 1,8 раза больше контроля) (см. табл. 1).

Двухфакторный дисперсионный анализ показал высоко достоверное (при $p < 0,01$) влияние грибов на изменчивость всех четырех исследуемых показателей, с долей влияния 59,3–84,5% (см. табл. 2).

Двухфакторный дисперсионный анализ выявил достоверное (чаще при $p < 0,01$) влияние исследуемых факторов – сорта голубики и штамма грибов-микоризообразователей, а также достоверное при $p < 0,05$ влияние сочетания данных

факторов на изменчивость показателей «высота растений» (см. табл. 2). Доля влияния фактора «штамм грибов-микоризообразователей» при этом превалировала и составляла 77,4%. На изменчивость показателей «количество междоузлий» достоверное влияние (при $p < 0,01$) оказывали два фактора, при этом доля их влияния составила 16,4% и 59,3% соответственно. Также выявлено, что на изменчивость показателей «длина корней» и «прирост биомассы» существенное влияние оказывает фактор «штамм грибов-микоризообразователей». Доля его влияния составила 84,5% и 73,7%, при этом наибольшее воздействие этого фактора на изменчивость количественных признаков у адаптантов установлена для показателя «длина корней» (см. табл. 2).

Анализ побегообразования у адаптантов указывает на то, что инокуляция при переводе растений в условия *ex vitro* стимулирует этот процесс по сравнению с контрольными растениями. В контрольных вариантах отмечен самый низкий процент побегообразования: у черенков сорта Bluecrop – 39%, у сорта Patriot – 43% (см. табл. 3).

Наиболее эффективное влияние на образование побегов при инокуляции оказывает гриб *Phialocephala*, стимулируя у регенерантов обоих сортов голубики образование до четырех побегов. При этом все значения имели существенное и достоверное (при $p < 0,01$) увеличение побегообразования по сравнению с контрольными растениями (см. табл.3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных экспериментальных результатов показал, что биотизация голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum*) путем инокуляции микромицетами *Phialocephala fortinii* и *Pezicula sp.*, представляющих собой грибы с высокой микоризообразовательной способностью, на этапе перехода к условиям *ex vitro* существенно улучшила ростовые показатели растений. У адаптантов сорта Bluecrop и

Patriot, инокулированных микоризными грибами, лучше развиваются корни, стимулируется побегообразование, а вместе с этим повышается устойчивость и развитие растений. Полученные данные представляют практический интерес в плане создания на основе изученных штаммов грибов биопрепаратов для микоризации посадочного материала ягодных культур семейства Вересковые.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возделывание голубики на торфяных выработках Припятского Полесья: монография / Ж. А. Рупасова [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 243 с.
2. Strik, B. C. Blueberry production trends in North America, 1992 to 2003, and predictions for growth / B. C. Strik, D. Yarborough // HortTechnology horttech. – 2008. - Vol. 15(2). – P. 391–398.
3. DeVetter, L. W. Opportunities and Challenges of Organic Highbush Blueberry Production in Washington State / L.W. DeVetter, D. Granatstein, E. Kirby // HortTechnology horttech. – 2015. – Vol. 25(6). – P.796–804.
4. Biotization of microplants for improved performance / Gianinazzi, S. [et al.] // Biotechnology in horticultural crop improvement: Achievements, opportunities and limitations: XXVI International Horticultural Congress, Toronto, Canada, 11–17 August, 2002 / Canadian Society for Horticultural Science, International Society for Horticultural Science; Conveners and editors F. A. Hammerschlag, P. Saxena. – Toronto, 2002. – P. 165–172.

5. Scagel, C. F. Inoculation with ericoid mycorrhizal fungi alters fertilizer use of highbush blueberry cultivars / C. F. Scagel // HortScience. – 2005. – Vol. 40. – P.786–794.
6. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress / M. Sheng [et al.] // Mycorrhiza. – 2008. – Vol. 18. – P. 287–296.
7. Литвинов, М. А. Методы изучения почвенных микроскопических грибов / М. А. Литвинов. – Л.: Наука. – 1969. – 121 с.
8. Звягинцев, Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Г. Звягинцев. – М.: МГУ. – 1991. – 302 с.
9. Камельчук, Я. С. Особенности выделения и культивирования *in vitro* эндомикоризных грибов из корней представителей семейства вересковых (*Ericaceae* Juss.) / Я. С. Камельчук, Н. А. Ламан // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2018. – Вып. 47. – С. 110–115.
10. Боровиков, В. П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере / В. П. Боровиков. – СПб., 2001. – 650 с.
11. Анощенко, Б. Ю. Программы анализа и оптимизации селекционного процесса растений / Б. Ю. Анощенко // Генетика. – М.: Наука, 2004. – Т. 30. – Приложение. – С. 8–9.

Поступила в редакцию 30.01.2024 г.

УДК 58.04

К. Р. КЕМ, Н. А. ЛАМАН

О ВОЗМОЖНОМ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКОМ МЕХАНИЗМЕ ВЛИЯНИЯ БРАССИНОСТЕРОИДОВ НА ФИЗИОЛОГО- БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАСТЕНИЯХ

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: kem-666@mail.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены современные представления о возможных путях эпигенетического действия brassinosteroidов (БС) на клетки растений. Отмечены основные направления негеномного воздействия БС на физиолого-биохимические процессы. Проанализированы результаты лабораторных исследований, посвященных изучению роста проростков льна-долгунца в присутствии БС под действием химического стресса. Выявлены диапазоны выраженного протекторного действия БС на рост корневой системы проростков при стрессе, вызванном N-фосфонометилглицином, метсульфурон-метилом и засолением (NaCl). Изучены особенности оказываемого антистрессового действия на рост проростков льна-долгунца в условиях лабораторного эксперимента, а также обосновано предположение о негеномном пути адаптогенных эффектов БС.

Ключевые слова: клеточная мембрана, brassinosteroidы, стероиды, липидные рафты, регуляция роста, стресс-протекторы, эпибрассинолид, N-фосфонометилглицин, метсульфурон-метил.

K. R. KEM, N. A. LAMAN

ABOUT THE POSSIBLE EPIGENETIC MECHANISM OF BRASSINOSTEROIDS INFLUENCE ON PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROCESSES IN PLANTS

*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: kem-666@mail.ru*

Annotation. The article discusses possible pathways of epigenetic action of brassinosteroids (BS) on plant cells. The main directions of non-genomic effects of BS on physiological and biochemical processes have been noted. The data from our laboratory studies devoted to the study of the growth of fiber flax seedlings in the presence of BS under the influence of chemical stress are analyzed. The ranges of the pronounced protective effect of BS on the growth of the root system of seedlings under stress caused by N-phosphonomethylglycine, metsulfuron-methyl and salinity (NaCl) were revealed. The features of the anti-stress effect on the growth of fiber flax seedlings under laboratory experimental conditions were studied, and the assumption of a non-genomic pathway for the adaptogenic effects of BS was substantiated.

Keywords: cell membrane, brassinosteroids, sterols, lipid rafts, growth regulation, stress protectors, epibrassinolide, N-phosphonomethylglycine, metsulfuron-methyl.

ВВЕДЕНИЕ

Браassinosteroidы (БС) представляют собой класс специфичных для растений стероидных гормонов, характеризующихся полигидроксильрованными структурами стерола со значительными показателями ростостимулирующей активности, поддерживающие функционирование иммунной системы растений, особенно, в условиях действия стрессовых факторов: при пониженных температурах, заморозках, засолении и затоплении почвы, засухе, болезнях, действии пестицидов и др. Они содержатся в растительных клетках в чрезвычайно низких концентрациях. Интенсивность биосинтеза БС наиболее высока в молодых тканях растения, этиолированных проростках, меристемах, развивающейся пыльце.

Первоначальные исследования показали, что эфирные экстракты пыльцы *Brassica napus*, способствуют удлинению и делению клеток междоузлий стебля бобов. Первый brassinosteroid, который был выделен из пыльцы рапса, назван brassinolidом. БС распространены достаточно широко, однако пыльца и семена растений являются богатейшими их источниками, в то время как побеги и листья характеризуются значительно более низким содержанием [1].

Общепринято представление, что БС являются одним из компонентов фитогормональной системы растений. Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о том, что они вступают во взаимодействие с другими гормонами расте-

ний, увеличивают содержание абсцизовой кислоты [2, 3], но при этом оказывают неоднозначное воздействие на уровень ауксинов [4], гиббереллинов и цитокининов [5]. Регуляторная роль БС проявляется в растениях в процессах фотосинтеза, белкового метаболизма, поступления ионов и других сторон обмена веществ. БС участвуют в регуляции многих жизненно важных физиологических процессов растений, таких как растяжение и деление клеток, вегетативный рост, размножение, старение, прорастание семян и адаптированность к стрессам. К настоящему времени сложилось представление, что все фитогормоны играют значительную роль в определении статуса адаптивности, однако особое место, сравнимое с положением «дирижера в оркестре», принадлежит БС [6].

Предполагают, что наличие БС свойственно всем растительным видам, включая как высшие, так и низшие растения. Содержание их в растениях очень незначительно – достигает максимум $10^{-5}\%$ и достаточно сильно различается в количественном и качественном отношении в зависимости от части растения, причем наибольшая концентрация приходится на репродуктивные и развивающиеся органы и ткани, пыльцу, цветки, молодые листья, побеги, за исключением корней, в которых БС пока не детектируются биохимически. О способности БС к дистанционному транспорту по растению свидетельствуют данные о перемещении экзогенных меченных БС из корня в побег в рисе, огурце и пшенице с ксилемным потоком [7].

Выраженный ростостимулирующий эффект БС был выявлен с момента их открытия. В дальнейшем были проведены серии биотестов для определения их специфической биологической активности. Во всех исследованных биотестах БС были активны в чрезвычайно низких концентрациях (10^{-6} – 10^{-12} М), что отличает их от других групп фитогормонов. При этом в ряде тест-систем, использованных ранее при исследовании других групп фитогормонов, БС проявляли типичный эффект для того или иного гормона, в других же случаях обнаруживали противоположную направленность действия или вовсе не проявляли какого-либо фиксируемого эффекта.

Такие противоречивые данные заставили научное сообщество более внимательно подойти к изучению механизма действия brassinosteroidов и выдвинуть предположение о возможном эпигенетическом уровне влияния БС на физиолого-биохимические процессы в клетках растений [7, 8].

Одно из таких предположений связано с тем, что БС, как высокоокисленная форма стероидов,

могут быть частью структуры клеточных мембран. Известно, что стероиды, глицеролипиды и сфинголипиды являются основными липидами растительных мембран. При этом стероидный состав чрезвычайно сложен и многообразен. Такое многообразие, соответственно, характеризуется и обширным спектром их функций в жизни растения, включающим воздействие на саму структуру мембраны и ее лабильность в стрессовых условиях.

В ранних исследованиях мембранных стероидов живых клеток с помощью биофизических методов было показано, что холестерин экранирует отрицательные заряды и этим снижает поверхностный заряд мембраны [9]. Это способствует более плотной компоновке углеводородных цепей в фазе геля, а, следовательно, дополнительному повышению вязкости мембраны и возможному уменьшению ее проницаемости. Литературные данные свидетельствуют о различной эффективности влияния свободных стероидов на проницаемость растительных мембран. Так, наиболее выраженным действием обладает кампестерин, затем следуют β -ситостерин и стигмастерин [10]. Существуют сведения о том, что растительные стероиды, особенно β -ситостерин и кампестерин, играют значительную роль в упорядочивании жирнокислотных цепей в мембране, что может влиять на ее проницаемость для воды и ионов, а также активность мембрано-связанных белков [11–13]. Также отмечается, что стигмастерин является «стрессовым» стероидом, а соотношение между стигмастерином, β -ситостерином и кампестерином может влиять на свойства клеточных мембран растений и регулировать жидкостность и проницаемость фосфолипидных бислоев. Однако способ и эффективность, с которой стероиды могут регулировать текучесть мембран, различны [8, 14].

Важным является и то, что стероиды – это химические предшественники БС [15]. Известно, что БС принимают активное участие в элонгации клеток растений и процессах морфогенеза, клеточном делении, в модуляции гормональных ответов, а также в реакции клеток на стрессовые воздействия, в том числе и при атаке патогенов [16]. Также существуют многочисленные данные о том, что БС изменяют активность ферментов, мембранный потенциал, активируют синтез белков и нуклеиновых кислот, изменяют состав аминокислот и жирных кислот, вызывают сдвиги в балансе других эндогенных гормонов, тем самым стимулируя удлинение и деление клеток [17–19]. Такие изменения на уровне целого растения выражаются в усилении роста и повышении устойчивости и продуктивности [20, 21].

Таким образом, характерной особенностью растений является богатый и многообразный стеринный состав, что имеет, по-видимому, большое физиологическое значение для роста и развития растительного организма и его устойчивости к стрессовым условиям [22].

Другое предположение о негеномном действии БС связано со специализированными доменами мембран, такими как липидные рафты (плоты) и белково-гликопротеиновые комплексы.

Известно, что биологические мембраны являются латерально неоднородными и включают субкомпарменты, отличающиеся по биофизическим свойствам и составу. Поэтому для унификации описания физико-химического принципа, подтверждающего такую латеральную мембранную гетерогенность, и была предложена гипотеза мембранных (липидных) рафтов [23].

В настоящее время понятие «мембранные рафты» определяют как динамическую наноразмерную, обогащенную стеринами и сфинголипидами, упорядоченную ассоциацию специфических белков, в которой метастабильное состояние покоя может быть активировано специфическими липид-липидными, белок-липидными и белок-белковыми взаимодействиями [24–26]. Рафт, будучи относительно нерастворимым в окружающих липидах, является достаточно гетерогенной и нестабильной структурой. Встраивание специфических мембранных белков в липидный рафт приводит к его стабилизации, а последующее связывание лигандов с рецепторами или гликофинголипидами, локализующимися в таких рафтах, запускает передачу внутриклеточного сигнала. Они отличаются от основной части мембраны как по белковому и липидному составу, так и по функциям, которые выполняют [27].

Однако указанные исследования осложняются отсутствием прямого микроскопического обнаружения рафтов, а также определения их размеров, продолжительности функционирования и частоты встречаемости в бислоях. Необходимо учитывать, что мембраны живых клеток сложны и разнообразны и могут содержать множество различных типов мембранных рафтов, которые способны существовать лишь в опреде-

ленных пространственных и временных промежутках [27–29].

Одним из основных предположительных направлений эпигенетического действия БС является также их способность изменять активность ионных (Ca^{2+} и K^{+}) каналов мембран и напрямую активировать сигнальные процессы клетки [6, 30–32]. Согласно предположению некоторых авторов [33–35, 7] ионные каналы и отдельные липидные компоненты могут играть роль сенсорных участков биомембран, реагирующих на изменение концентрации стероидных гормонов в клетках. При этом сами БС, как липофильные соединения, предположительно, могут накапливаться в мембранах или являться их структурными составляющими.

Анализ полученных нами и имеющихся в литературе экспериментальных данных позволяет высказать предположение, что БС, как высокоокисленная форма стерина – компонентов клеточных мембран, определяющих их свойства, могут также осуществлять регулирование биохимических процессов несколькими путями одновременно. Такое действие может осуществляться за счет регулирования биосинтеза стерина через связывание с гипотетическим рецептором, аналогом LXR-рецептора животных [36]. В результате изменения стеринного состава мембраны повышается ее функциональная стабильность в условиях стресса. Возможно также, что БС способны действовать на клеточные мембраны путем, не связанным с экспрессией генов, необходимых для адаптации организма, а за счет встраивания в структуру и прямого влияния на физиологическое состояние мембран, изменяя при этом их текучесть (вязкость) и проницаемость.

По итогам анализа и обобщения литературных данных, а также накопленного собственного экспериментального материала, было выдвинуто предположение, что серия экспериментов, касающихся изучения особенностей ответных реакций проростков растений на обработку экзогенными брассиностероидами на фоне стресса может дать дополнительные сведения в пользу гипотезы об их эпигенетическом действии.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования были семена и проростки льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) сорта Ласка и Грант и ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Радзимич.

Насыщенные спиртовые растворы БС (10^{-5} М) были любезно предоставлены лабораторией химии стероидов Института биоорганической химии НАН Беларуси. Методом разбавления с ша-

гом 1,25 раза был получен диапазон концентраций от 10^{-5} М до 10^{-9} М в 1%-ном водном растворе пленкообразователя Гисинар (сополимер натриевой соли акриловой кислоты с акрил-амидом).

На основе результатов предыдущих исследований был сделан вывод о том, что наиболее удобной для экспериментов концентрацией

стрессоров является та, при которой ингибирование роста корневой системы проростков относительно оптимального контроля составляет около 40–60% [37]. С учетом этого, концентрация *N*-фосфонометилглицина в опытах составляла $5,1 \cdot 10^{-4}$ М, метсульфурон-метила $6,0 \cdot 10^{-5}$ М и хлорида натрия 0,5% соответственно. Опыт включал 42 варианта в двукратной повторности, 40 вариантов БС и два контроля в четырехкратной повторности – контроль-1 (1%-ный р-р Гисинара) и контроль-2 (ингибирующая доза химического стрессора, без добавления brassinosteroidов). Инкрустацию семян проводили вручную в стеклянной посуде. Расход рабочего раствора – 20

мкл/г семян. Проращивали семена в бумажных рулонах по методике проращивания плоских и мелких семян, описанной в [38]. Рулоны выдерживали 2 суток в термостате ТПС-2 при постоянной температуре 22°C, на 3-и сутки выставляли в условия искусственного освещения интенсивностью 7,5 тыс. люкс (16 ч – свет, 8 ч – темнота). Измерения длины корня и надземной части проростков проводили на 7-е и 9-ые сутки. Для определения биометрических показателей при каждом измерении брали по 15 проростков из каждого опытного варианта и по 30 проростков из контрольных. Статистическая обработка проводилась с помощью стандартного пакета Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно полученным нами данным, во всех сериях экспериментов обнаруживается однотипность ростовых реакций на стрессоры различных химических групп, а также относительно низкие предельные значения превышения над контролем в вариантах, где различные по химической структуре БС используются на фоне стрессового фактора. Так, в каждом конкретном случае обнаруживалось, что протекторное действие БС было на уровне не более 25% (по сравнению с контролем без БС), что может свидетельствовать о лимитированной возможности для реализации адаптогенного (антистрессового) потенциала (табл.).

Этот факт согласуется с предположением о том, что протекторное действие БС осуществляется посредством эпигенетического изменения свойств и/или биохимического состава клеточных мембран, так как именно в этом случае антистрессовое действие БС будет ограничено пределами, в которых «от» и «до» может проявляться лабильность физиологического состояния мембран.

О негеномном действии БС может свидетельствовать также факт, что протекторная активность данных соединений на фоне химического

стресса проявляется в узком диапазоне концентраций. Так, при изучении действия БС (в данном случае эпибрасинолида) на рост проростков льна-долгунца на фоне стресса, вызванного *N*-фосфонометилглицином, метсульфурон-метилом и солью NaCl, в каждом из экспериментов был обнаружен диапазон концентраций БС, где присутствовал выраженный антистрессовый эффект. Отмечено, что наиболее чувствительными к действию стрессора и brassinosteroidного компонента оказались ростовые процессы корневой системы. Соответственно, были построены кривые зависимости доза-эффект в действии БС на линейный рост корней проростков на фоне каждого стрессора, используемого в эксперименте (рис. 1–3).

На приведенных гистограммах отчетливо видны диапазоны концентраций эпибрасинолида (ЭБЛ), в которых он ослабляет ингибирующее действие стрессоров на рост корневой системы проростков. Данные диапазоны практически совпадают – активность БС проявляется в дозе 10^{-8} – 10^{-7} М, а изменение концентраций внутри диапазонов составляет от 6 до 11,7 раза. Пред-

Таблица. Эффективность действия brassinosteroidов внутри диапазонов «активных концентраций» на фоне химического стресса

Table. The effectiveness of brassinosteroids within the range of «active concentrations» under chemical stress

№	Браassinosteroid	Показатели максимального усиления (+) или ослабления (-) ингибирующего эффекта <i>N</i> -фосфонометилглицина brassinosteroidами в сравнении с контролем (без БС) внутри диапазона «активных концентраций», %	
		Яровой ячмень (сорт Радзимич)	Лен-долгунец (сорта Ласка и Грант)
1	Браassinolid	-17,8	+13,8
2	Гомобраassinolid	-20,0	+16,8
3	Эпибраassinolid	-12,1	+20,9
4	Кастастерон	-16,7	+24,3
5	Гомокастастерон	-24,7	+19,2
6	Эпикастастерон	-18,1	+18,3

положительно, это обусловлено действием БС на клеточную мембрану – либо непосредственно на ее структурные компоненты, либо через функциональную регуляцию ионных каналов. В таком случае, к примеру, может повышаться вязкость

цитоплазмы клеток, что способствует лучшей адаптации к неблагоприятным факторам или усиливаться аккумуляция сахаров внутри клетки, что также положительно влияет на толерантность растения к стрессу.

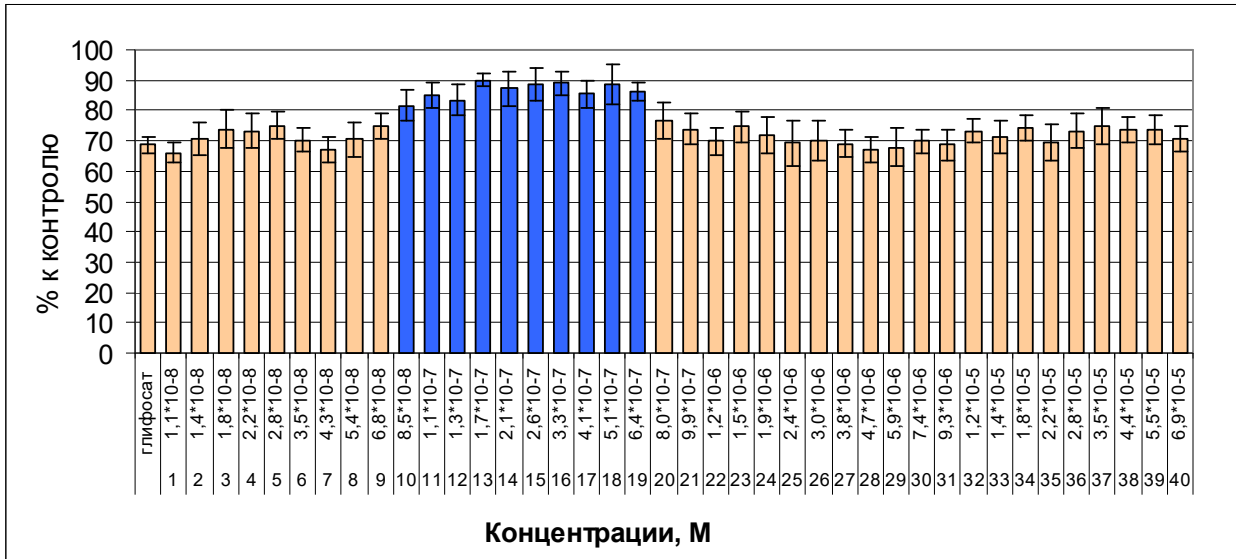


Рис. 1. Зависимость длины корня от концентрации ЭБЛ у проростков льна-долгунца сорта Грант, при концентрации N-фосфонометилглицина $5,1 \cdot 10^{-4}$ М

Fig.1. The dependence of root length on EBL concentration in fiber flax seedlings (Grant variety), at a N-phosphonomethylglycine concentration of $5,1 \cdot 10^{-4}$ M

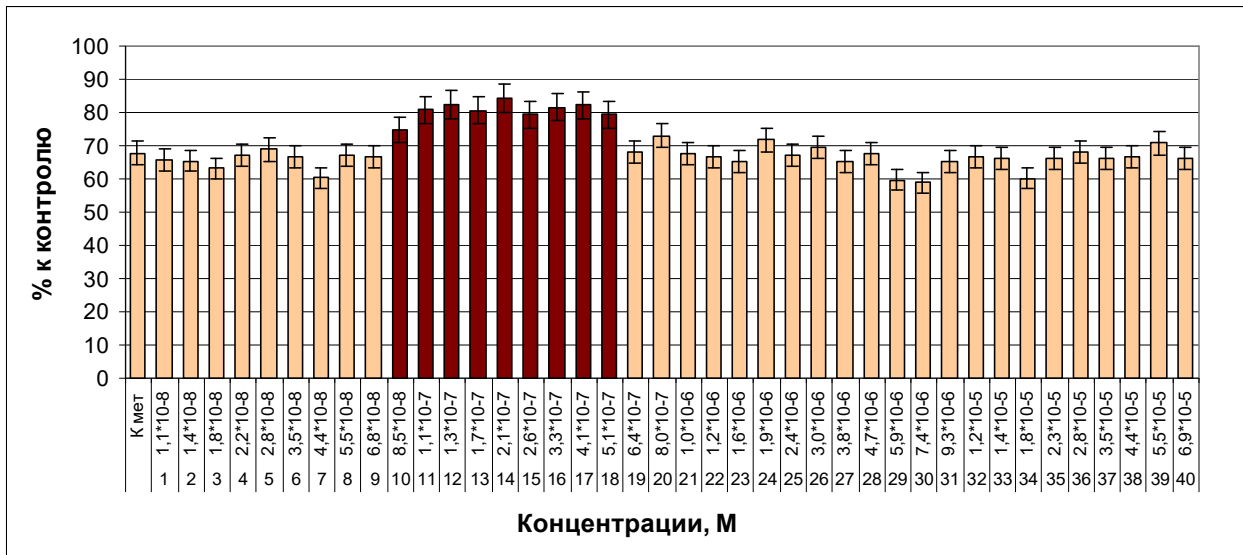


Рис. 2. Зависимость длины корня от концентрации ЭБЛ у проростков льна-долгунца сорта Грант, при концентрации метсульфурон-метила $6 \cdot 10^{-5}$ М

Fig. 2. The dependence of root length on EBL concentration in fiber flax seedlings (Grant variety), at a metsulfuron-methyl concentration of $6 \cdot 10^{-5}$ M

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стоит отметить, что объекты исследования генетически разнородны и, соответственно, имеют различные защитные механизмы, направленные

на противостояние неблагоприятным факторам. Однако в наших исследованиях выявлена идентичная реакция растений на стрессоры химичес-

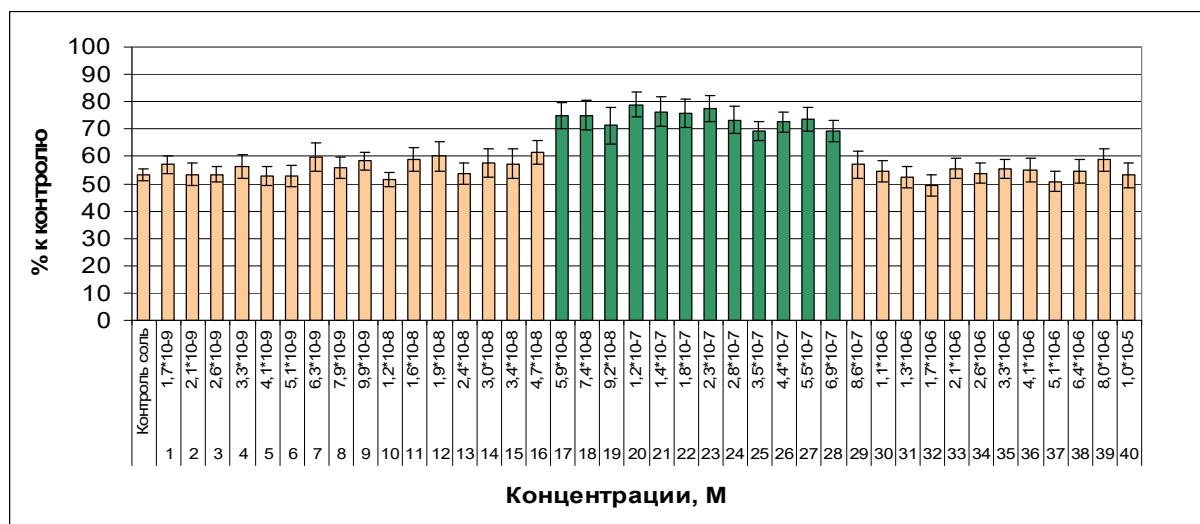


Рис. 3. Зависимость длины корня от концентрации ЭБЛ у проростков льна-долгунца сорта Грант при солевом стрессе (NaCl 0,5%)

Fig. 3. The dependence of root length on EBL concentration in fiber flax seedlings (Grant variety) under salt stress (NaCl 0,5%)

кой природы в присутствии БС. Таким образом, можно сделать вывод о том, что в данном случае генетические различия не имеют значения, а действие БС осуществляется на эпигенетическом уровне – посредством изменения свойств и состояний клеточных мембран. Такие изменения

всегда имеют определенные пределы, обусловленные физиологическими возможностями растительной клетки. Поэтому негеномное действие БС в таких случаях будет строго детерминировано, что и подтверждается результатами проведенных экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Khripach, V. A. Brassinosteroids – A New Class of Plant Hormones / V. A. Khripach, V. N. Zhabinskii, Ae. De Groot. – Academic Press, 1999. – 456 p.
2. Effect of 24-epibrassinolide on growth of cabbage seedlings under cold stress / F. R. Gimalov [et al.] // Agrochemistry. – 2006. – № 8. – P. 34–37.
3. Divi, U. K. Brassinosteroid-mediated stress tolerance in Arabidopsis show interactions with abscisic acid, ethylene and salicylic acid pathway / U. K. Divi, T. Rahman., P. Krishna // BNC Plant Biology. – 2010. – Vol. 10. – P. 151.
4. Манжелесова, Н. Е. Фитогормоны и фенольные соединения в борьбе с болезнями растений / Н. Е. Манжелесова, А. П. Волюнец // Наука и инновации. – 2015. – № 3 (145). – С. 62–65.
5. Гималов, Ф. Р. Участие брассиностероидов в механизмах повышения устойчивости растений к низким температурам / Ф. Р. Гималов // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2020. – № 3. – С. 34–40.
6. Фитогормональный контроль концентрации ионизированного Ca^{2+} в цитоплазме растительной клетки / И. М. Ильковец [и др.] // Весці НАН Беларусі. Сер. Біял. навук. – 1999. – № 3. – С. 58–62.
7. Негеномные эффекты стероидных гормонов: роль ионных каналов / Д. Е. Стрельцова [и др.] // Журнал Белорусского государственного университета. Биология. – 2019. – № 3. – С. 3–12.
8. Веденеев А. Н. Механизмы экзогенного фиторегуляторного влияния на липидный и жирнокислотный состав листьев яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при адаптации к низкотемпературному стрессу / А. Н. Веденеев // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2006. – Вып. 34. – С. 50–60.
9. Антонов, В. Ф. Липиды и ионная проницаемость мембран / В. Ф. Антонов. – Москва: Наука, 1982. – 150 с.
10. Grunwald, C. Effects of free sterols, steryl ester, and steryl glycoside on membrane permeability / C. Grunwald // Plant Physiology. – 1971. – № 48 – P. 653–655.
11. Soybean phosphatidylcholine vesicles containing plant sterols: a fluorescence anisotropy study / I. Shuler [et al.] // Biochimica et Biophysica Acta. – № 1028. – P. 82–88.
12. Иванова, А. Б. Роль структурных липидов в регуляции ионного транспорта растительных клеток / А. Б. Иванова, Л. Х. Гордон, А. В. Лыгин // Цитология. – 1997. – № 39. – С. 285–293.
13. Валитова, Ю. Н. Растительные стеринны: многообразие, биосинтез, физиологические функции / Ю. Н. Валитова, А. Г. Сулкарнаева, Ф. В. Минибаева // Биохимия. – 2016. – Т.81, № 8. – С. 1050–1068.
14. Schaller, H. The role of sterols in plant growth and development / H. Schaller // Progress in Lipid Research. – 2003. – № 42. – С. 163–175.

15. Bajguz, A. Brassinosteroids – occurrence and chemical structures in plants / A. Bajguz // *Brassinosteroids: a class of plant hormone*. – Springer, 2011. – P. 1–27.
16. Brassinosteroid functions in a broad range of disease resistance in tobacco and rice / H. Nakashita [et al.] // *Plant Journal*. – 2003. – № 33. – P. 887–889.
17. Friedrichsen, D. M. Steroid signaling in plants: from the cell surface to the nucleus / D. M. Friedrichsen // *BioEssays*. – 2001. – № 23. – P. 1028–1036.
18. Identification of brassinosteroids related genes by means of transcript coreponse analyses / J. Lisso [et al.] // *Nucleic Acids Res.* – 2005. – № 33. – P. 2685–2696.
19. Brassinosteroids in growth control: How, when and where / Y. Fridman [et al.] // *Plant Science*. – 2013. – № 209. – P. 24–31.
20. Действие 24-эпибрассинолида на морфогенез и соотношение гормонов у проростков *Arabidopsis* на зеленом свете / Р. А. Карначук [и др.] // *Физиология растений*. – 2002. – № 49. – С. 591–595.
21. Choudhary, S. P. Benefits of brassinosteroid crosstalk / S. P. Choudhary // *Trends Plant Science*. – 2012. – № 17. – P. 594–605.
22. Shaller, H. New aspects of sterol biosynthesis in growth and development of higher plants / H. Shaller // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2004. – № 42. – P. 465–476.
23. Жуков, А. В. О качественном составе липидов мембран растительных клеток / А. В. Жуков // *Физиология растений*. – 2021. – № 2. – С. 206–224.
24. Веснина, Л. Э. Липидные рафты: роль в регуляции функционального состояния клеточных мембран / Л. Э. Веснина // *Актуальні проблеми сучасної медицини*. – 2013. – Т. 13, № 2 (42). – С. 5–10.
25. Hancock, J. F. Lipid rafts: Contentious only from simplistic standpoints / J. F. Hancock // *Nature Reviews Molecular Cell Biology* – 2006. – V. 7. – P. 456–462
26. Lingwood, D. Lipid rafts as a membrane-organizing principle / D. Lingwood, K. Simons // *Science*. – 2010. – V. 327. – P. 46–50.
27. Simons, K. Revitalizing membrane rafts: New tools and insights / K. Simons, M. J. Gerl // *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. – 2010. – V. 11. – P. 688–699.
28. London, E. Insolubility of lipids in triton X-100: physical origin and relationship to sphingolipid/cholesterol membrane domains (rafts) / E. London, D. A. Brown // *Biochimica et Biophysica Acta*. – 2000. – V. 1508. – P. 182–195.
29. Inositol lipid signaling: what can we learn from plants? / I. Heilmann [et al.] // *Advances in Plant Lipid Research*. – 1998. – P. 394.
30. The mystery of membrane organization: composition, regulation and roles of lipid rafts / E. Sezgin [et al.] // *Molecular and Cellular Biology*. – 2017. – V. 18. – P. 361.
31. Zhao, Y. Teaching an old hormone new tricks: cytosolic Ca²⁺ elevation involvement in plant brassinosteroid signal transduction cascades / Y. Zhao, Z. Qi, G. A. Berkowitz // *Plant Physiology*. – 2013. – V. 163(2). – P. 555–565.
32. Du, L. Ca²⁺/calmodulin is critical for brassinosteroid biosynthesis and plant growth / L. Du, B. W. Pooviah // *Nature*. – 2005. – V. 437(7059). – P. 741–745.
33. Brassinosteroids regulate plasma membrane anion channels in addition to proton pumps during expansion of *Arabidopsis thaliana* cells // Z. Zhang [et al.] // *Plant and Cell Physiology*. – 2005. – V. 46(9). – P. 1494–1504.
34. Wenz, J. J. Molecular properties of steroids involved in their effects on the biophysical state of membranes / J. J. Wenz // *Biochimica et Biophysica Acta. Biomembranes*. – 2015. – V. 1848. – P. 2448–2459.
35. Cation channels are involved in brassinosteroid signalling in higher plants / D. Straltsova [et al.] // *Steroids*. – 2015. – V. 97. – P. 98–106.
36. Giguere, V. Orphan Nuclear Receptors: From Gene to Function / V. Giguere // *Endocrine Reviews*. – 1999. – V. 20, № 5. – P. 689–725.
37. Ламан, Н. А. Ростовые реакции проростков отдельных видов и сортов сельскохозяйственных растений на обработку семян глифосатом (N-фосфонометилглицином) / Н. А. Ламан, К. Р. Кем, А. Ф. Судник // *Вес. Нац. акад. наук Беларусі Сер. біял. навук*. – 2016. – № 4. – С. 7–13.
38. Ламан, Н. А. Проращивание мелких, плоских и долго прорастающих семян рулонным методом с использованием синтетической вентиляционной сетки / Н. А. Ламан, С. И. Будаи, О. Э. Барнатович // *Известия Акад. аграр. наук Респ. Беларусь*. – 2000. – № 4. – С. 57–61.

Поступила в редакцию 08.01.2024 г.

УДК 634.739.3:736(476)

Ж. А. РУПАСОВА, Н. Б. КРИНИЦКАЯ, К. А. ДОБРЯНСКАЯ, В. С. ЗАДАЛЯ,
Д. О. СУЛИМ, Н. Б. ПАВЛОВСКИЙ, О. В. ДРОЗД, П. Н. БЕЛЫЙ

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ И УГЛЕВОДОВ В ПЛОДАХ НОВЫХ ИНТРОДУЦИРУЕМЫХ СОРТОВ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.)

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

Аннотация. Приведены результаты сравнительного исследования в южной агроклиматической зоне Беларуси в контрастные по гидротермическому режиму сезоны 2021 и 2022 гг. величины сахарокислотного индекса и параметров накопления титруемых, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, растворимых сахаров, сухих и пектиновых веществ в плодах 6 новых интродуцируемых сортов голубики высокорослой разных сроков созревания – раннеспелых Chanticleer, Hannah's Choice, среднеспелых Bluegold, Harrison и позднеспелых Aurora, Rubel, а также соответствующих данным группам спелости районированных сортов Weymouth, Bluecrop и Elliott. Установлено, что значительные перепады температурных показателей на протяжении второго сезона при остром дефиците влаги в июне и августе способствовали преимущественному обогащению плодов голубики относительно предыдущего сезона на 18–252% свободными органическими кислотами и на 9–44% аскорбиновой кислотой на фоне их обеднения в основном у раннеспелых сортов на 14–27% гидроксикоричными кислотами и на 12–18% растворимыми сахарами при снижении в большинстве случаев содержания сухих и пектиновых веществ на 9–35% и 5–10% соответственно. У исследуемых таксонов голубики, за исключением раннеспелого сорта Hannah's Choice и среднеспелого Bluecrop, установлено выраженное в разной степени преобладание позитивного влияния гидротермического режима второго сезона на качество плодов, обусловленное в большинстве случаев исключительно активизацией биосинтеза титруемых и аскорбиновой кислот при ингибировании такового гидроксикоричных кислот и углеводов, в том числе растворимых сахаров (у раннеспелых сортов). Выявленное у сортов Bluegold и Aurora усиление накопления последних способствовало увеличению сахарокислотного индекса плодов, в большей степени у второго таксона, за счет их существенного обеднения свободными органическими кислотами.

Ключевые слова: вегетационный период, погодные условия, голубика высокорослая, сорта, плоды, органические кислоты, углеводы.

ZH. A. RUPASOVA, N. B. KRINITSKAYA, K. A. DOBRYANSKAYA,
V. S. ZADALIA, D. O. SULIM, N. B. PAVLOVSKY, O. V. DROZD, P. N. BELYJ

WEATHER CONDITIONS INFLUENCE ON THE ORGANIC ACIDS AND CARBOHYDRATES ACCUMULATION IN THE FRUITS OF NEW INTRODUCED BLUEBERRY (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) VARIETIES

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

Annotation. The results of a comparative study in the southern agro-climatic zone of Belarus in the contrasting hydrothermal regime seasons of 2021 and 2022 are presented. values of the sugar-acid index and accumulation parameters of titratable, ascorbic and hydroxycinnamic acids, soluble sugars, dry and pectin substances in fruits of 6 new introduced varieties of tall blueberries of different ripening periods – early-ripening Chanticleer, Hannah's Choice, mid-ripening Bluegold, Harrison and late-ripening Aurora, Rubel, as well as zoned varieties Weymouth, Bluecrop and Elliott corresponding to these ripeness groups. It was established that significant temperature fluctuations during the second season with an acute moisture deficit in June and August contributed to the predominant enrichment of their fruits relative to the previous season by 18–252% free organic acids and 9–44% ascorbic acid against the background of their depletion mainly in early-ripening varieties by 14–27% hydroxycinnamic acids and 12–18% soluble sugars, while in most cases the content of dry and pectin substances is reduced by 9–35% and 5–10%, respectively. In the studied blueberry taxa, with the exception of the early-ripening variety Hannah's Choice and the mid-ripening Bluecrop, a pronounced to varying degree predominance of the positive effect of the hydrothermal regime of the second season on the quality of fruits was established, due in most cases exclusively to the activation of the biosynthesis of

titratable and ascorbic acids during inhibition of that of hydroxycinnamic acids and carbohydrates, including soluble sugars (in early ripe varieties). The increase in the accumulation of the latter revealed in Bluegold and Aurora varieties contributed to an increase in the sugar-acid index of fruits, the most significant in the second taxon due to their significant depletion, like the fruits of the Elliott variety, in free organic acids.

Keywords: growing season, weather conditions, tall blueberries, varieties, fruits, organic acids, carbohydrates

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим аспектом интродукционных исследований, связанных с сортоизучением нетрадиционных для Беларуси ягодных растений, является сравнительная оценка биохимического состава плодов в многолетнем цикле наблюдений, дающая представление не только о его генотипических особенностях, но и о степени зависимости содержания действующих веществ от гидротермического режима сезона, в значительной мере определяющего их органолептические свойства. Рассмотрение данного аспекта ответной реакции новых, ранее не изучавшихся интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* на комплексное воздействие метеорологических факторов представляется нам весьма актуаль-

ным, поскольку крайне неустойчивый характер погодных условий в период вегетации растений и созревания их плодов, свойственный Белорусскому региону, как правило, существенно влияет на темпы накопления тех или иных соединений, оказывая тем самым корректирующее действие на питательную и витаминную ценность ягодной продукции [1, 2]. Изучение же данного вопроса позволит выявить сорта голубики высокорослой, наиболее перспективные не только по вкусовым свойствам плодов, обусловленным особенностями их биохимического состава, но и по степени устойчивости его отдельных компонентов к комплексному воздействию метеорологических факторов в районе интродукции.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования выполнены в 2021–2022 гг. в опытных посадках голубики высокорослой на экспериментальном участке отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси (Ганцевичский р-н Брестской обл.) на осушенной торфяно-болотной почве. Объектами исследований являлись растения 6 новых интродуцируемых сортов голубики высокорослой разных сроков созревания: из ранне-спелых – Chanticleer, Hannah's Choice, из средне-спелых – Bluegold, Harrison и поздне-спелых – Aurora, Rubel, для комплексной оценки которых в качестве эталонов сравнения были использованы соответствующие районированные сорта Weymouth, Bluescop и Elliott.

В свежих усредненных пробах зрелых плодов определяли содержание: сухих веществ – по ГОСТ 28561-90 [3]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [4]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [4]. В высушенных при температуре 60 °С пробах растительного материала определяли содержание: гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) – спектрофотометрическим методом [5]; растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [6]; пектиновых веществ – кальциево-пектатным методом [4]. Все аналитические определения выполнены в двукратной биологической и трехкратной аналитической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительный анализ погодных условий в годы исследований показал их выраженную контрастность, что наглядно иллюстрирует табл. 1. Так, в первый год наблюдений среднемесячная температура воздуха в апреле и мае на 12 и 8% уступала многолетним значениям за период 1981–2010 гг., тогда как в июне и июле установилась сухая и жаркая погода с превышением на 21–22% многолетней нормы, а в августе и сентябре средние температурные показатели практически соответствовали последней. При этом в мае, на фоне заметного похолодания, количество выпавших осадков более чем вдвое превысило

среднюю многолетнюю норму, что, по нашим предположениям, могло негативно сказаться на дальнейшем прохождении сезонного цикла развития растений и даже отразиться на качестве их плодов. Вместе с тем избыточное выпадение атмосферных осадков в августе и сентябре должно было способствовать успешной закладке цветковых почек, являющейся необходимой предпосылкой для получения высокого урожая ягодной продукции в следующем сезоне.

Температурный фон вегетационного периода 2022 г., особенно в весенние месяцы, был заметно ниже, чем в предыдущий год наблюдений при

Таблица 1. Среднемесячная характеристика гидротермического режима вегетационного периода в районе исследований в годы наблюдений (по данным Белгидромета)**Table 1.** Average monthly characteristics of the hydrothermal regime of the growing season in the study area during the years of observation (according to Belhydromet data)

Месяц	Температура воздуха, °С					Осадки, мм		
	средняя	норма	% от нормы	максимальная	минимальная	сумма	норма	% от нормы
2021 г.								
апрель	6,6	7,5	88	21,3	-4,0	34	38	89
май	12,4	13,5	92	23,8	1,5	136	63	216
июнь	19,9	16,4	121	35,5	1,8	44	89	49
июль	22,6	18,5	122	35,1	10,1	76	91	84
август	17,2	17,4	99	29,3	5,9	160	62	258
сентябрь	11,1	12,2	91	26,6	1,5	84	55	153
2022 г.								
апрель	5,6	7,5	75	18,7	-5,1	92	38	242
май	12,0	13,5	89	29,3	-3,1	40	63	63
июнь	19,1	16,4	117	32,4	5,4	48	89	54
июль	18,5	18,5	100	30,9	7,4	86	91	95
август	20,7	17,4	119	33,0	7,7	19	62	31
сентябрь	10,5	12,2	86	21,2	0,4	76	55	138

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

По нашим данным (табл. 2), на фоне погодных условий сезона 2021 г. содержание сухих веществ в плодах голубики высокорослой в ряду раннеспелых сортов варьировалось в интервале 12,4–13,8%, среднеспелых – 14,5–17,8% и позднеспелых – 12,4–17,9%.

При этом содержание органических кислот, в значительной мере определявшее вкусовые и полезные свойства ягодной продукции, варьировалось в обозначенных сортовых рядах в довольно широких диапазонах значений, составлявших для титруемых кислот (в пересчете на лимонную кислоту) соответственно 2,5–5,6%, 2,6–8,7% и 3,7–14,8% сухой массы; для аскорбиновой кис-

лоты – 361,8–432,5 мг/100 г, 314,8–371,0 мг/100 г и 260,8–409,8 мг/100 г; для гидроксикоричных кислот – 512,5–767,5 мг/100 г, 625,5–954,2 мг/100 г и 828,0–1238,2 мг/100 г, что было вполне сопоставимо с полученными нами ранее показателями для других сортов данного вида [7].

В результате аналогичных исследований на фоне погодных условий вегетационного периода 2022 г. установлены несколько уступающие выявленным в предыдущем сезоне параметры накопления сухих веществ, варьировавшиеся в ряду раннеспелых сортов в диапазоне 10,3–12,7%, среднеспелых – 11,4–12,6% и позднеспелых – 13,0–16,1% (см. табл. 2). При этом содержание органических кислот варьировалось в обозначенных сортовых рядах в довольно широких диапазонах, преимущественно более высоких, чем годом ранее, значений, составлявших для титруемых кислот соответственно 6,9–8,8%; 6,7–11,1% и 5,3–8,0% сухой массы, для аскорбиновой кислоты – 310,0–503,5 мг/100 г; 323,3–532,0 мг/100 г и 307,7–460,4 мг/100 г, для гидроксикоричных кислот – 433,9–571,9 мг/100 г; 516,7–867,7 мг/100 г и 721,8 мг/100 г.

Вместе с тем плоды голубики характеризовались весьма высоким содержанием углеводов, в первую очередь, растворимых сахаров, суммарное содержание которых в условиях сезона 2021 г. в исследуемых таксономических рядах изменялось в близких диапазонах, составлявших в сухом веществе у раннеспелых сортов 47,3–53,0%, среднеспелых – 47,3–52,3% и позднеспелых – 43,0–50,0% при показателях сахарокислотного индекса соответственно 8,5–21,1, 5,4–19,7 и 2,9–13,7 (табл. 3). Тем не менее, несмотря на сходное

Таблица 2. Содержание сухих веществ и органических кислот (в сухой массе) в плодах интродуцируемых сортов *Vaccinium corymbosum* в годы исследований

Table 2. The content of solids and organic acids (in dry weight) in the fruits of introduced varieties of *Vaccinium corymbosum* during the years of research

Сорт	Сухие вещества, %		Органические кислоты					
			титруемые, %		аскорбиновая, мг /100 г		гидроксикоричные, мг/100 г	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t
2021 г.								
Weymouth (st)	13,8±0,3		2,5±0,08		361,8±3,9		512,5±20,9	
Chanticleer	13,1±0,1	-2,8*	2,9±0,04	5,1*	391,7±6,4	4,0*	667,7±11,5	6,5*
Hannah,s Choice	12,4±0,3	-3,3*	5,6±0,08	29,2*	432,5±15,6	4,4*	767,5±9,5	11,1*
Bluecrop (st)	15,0±0,1		5,7±0,06		314,8±1,5		954,2±9,1	
Bluegold	14,5±0,1	-5,5*	8,7±0,04	43,3*	327,1±1,4	6,1*	846,5±6,9	-9,4*
Harrison	17,8±0,1	36,5*	2,6±0,04	-41,8*	371,0±16,6	3,4*	625,5±6,9	-28,8*
Elliott (st)	13,6±0,3		9,6±0,01		360,1±6,5		841,2±6,9	
Aurora	12,4±0,3	-3,0*	14,8±0,04	47,0*	409,8±6,8	5,3*	1238,2±4,5	48,1*
Rubel	17,9±0,1	13,1*	3,7±0,05	-52,2*	260,8±12,9	-6,9*	828,0±8,1	-1,2
2022 г.								
Weymouth (st)	10,3±0,3		8,8±0,1		478,2±15,7		433,9±10,4	
Chanticleer	12,7±0,7	3,2*	6,9±0,1	-14,7*	310,0±12,7	-8,3*	485,1±6,8	4,1*
Hannah,s Choice	11,3±0,1	3,1*	8,5±0,2	-1,7	503,5±18,2	1,1	571,9±14,2	7,8*
Bluecrop (st)	12,6±0,2		6,7±0,1		323,3±7,8		824,3±10,4	
Bluegold	11,4±0,2	-3,9*	11,1±0,1	37,9*	438,7±11,2	8,4*	867,7±10,4	2,9*
Harrison	11,5±0,2	-3,6*	7,5±0,1	5,1*	532,0±9,7	16,8*	516,7±7,9	-23,5*
Elliott (st)	13,9±0,1		5,3±0,2		391,1±5,4		721,8±13,7	
Aurora	13,0±0,1	-5,0*	7,8±0,1	13,1*	460,4±7,6	7,5*	1195,1±13,7	24,5*
Rubel	16,1±0,3	5,9*	8,0±0,2	10,9*	307,7±6,1	-10,2*	883,5±10,4	9,4*

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

содержание растворимых сахаров, плоды голубики в пределах каждой группы сортов характеризовались существенными различиями данного показателя, что свидетельствовало о несходстве их вкусовых свойств, обусловленных несопоставимостью темпов биосинтеза свободных органических кислот. Наряду с этим плоды исследуемых таксонов голубики оказались весьма богаты пектиновыми веществами, содержание которых в анализируемых сортовых рядах изменялось в сухой массе в близких диапазонах значений – 5,69–6,33%, 5,90–6,10% и 4,49–7,89% (см. табл. 3).

Во втором сезоне, как и в предыдущем, плоды голубики характеризовались весьма высоким содержанием растворимых сахаров, суммарное количество которых в исследуемых таксономических рядах варьировалось в сухой массе в диапазонах: у раннеспелых сортов – 38,7–50,0%, среднеспелых – 50,0–54,3% и позднеспелых – 46,7–51,7% при изменении сахарокислотного индекса в интервалах более низких, чем годом ранее, значений соответственно 4,6–6,7; 4,7–8,1 и 6,0–9,2 (см. табл. 3). Тем не менее, как и годом ранее, плоды исследуемых сортов голубики в пределах каждой группы спелости характеризовались су-

щественными различиями данного показателя, что также свидетельствовало о несходстве их вкусовых свойств. При этом содержание пектиновых веществ несколько уступало таковому в предыдущем сезоне и изменялось в сортовых рядах в диапазонах 5,42–5,73%, 5,48–6,01% и 4,48–7,07% сухого вещества (см. табл. 3).

В годы наблюдений для новых тестируемых сортов голубики были показаны весьма выразительные различия по биохимическому составу плодов с соответствующими срокам их созревания стандартными районированными сортами – раннеспелым Weymouth, среднеспелым Bluecrop и позднеспелым Elliott (табл. 4). Весьма обстоятельно анализ данных различий в условиях сезона 2021 г. представлен в работе Ж. А. Рупасовой и др. [8], в связи с чем здесь он не приводится. Во второй же год наблюдений, как и в предыдущий, для новых тестируемых сортов голубики были показаны весьма выразительные, хотя и проявившиеся в иной степени, чем годом ранее, различия со стандартными сортами по биохимическому составу плодов (см. табл. 4).

Так, в отличие от предыдущего сезона, раннеспелые сорта характеризовались более активным,

Таблица 3. Содержание растворимых сахаров и пектиновых веществ в сухой массе плодов интродуцируемых сортов *Vaccinium corymbosum* в годы исследований, %**Table 3.** The content of soluble sugars and pectin substances in the dry mass of fruits of introduced varieties of *Vaccinium corymbosum* in the years of research, %

Сорт	Растворимые сахара		Сахарокислотный индекс		Пектиновые вещества	
	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t
2021 г.						
Weymouth (st)	51,7±0,2		21,1±0,6		6,02±0,07	
<i>Chanticleer</i>	53,0±0,1	8,0*	18,3±0,3	-4,3*	6,33±0,06	3,2*
<i>Hannah,s Choice</i>	47,3±0,7	-6,3*	8,5±0,2	-20,7*	5,69±0,07	-3,4*
Bluecrop (st)	52,3±0,7		9,3±0,1		5,90±0,02	
<i>Bluegold</i>	47,3±0,7	-5,3*	5,4±0,1	-33,7*	6,10±0,01	7,4*
<i>Harrison</i>	51,7±0,7	-0,7	19,7±0,1	144,0*	6,02±0,07	1,6
Elliott (st)	47,3±0,4		4,9±0,1		5,47±0,05	
<i>Aurora</i>	43,0±1,0	-4,0*	2,9±0,1	-16,7*	4,49±0,07	-11,1*
<i>Rubel</i>	50,0±0,6	3,7*	13,7±0,2	44,7*	7,89±0,07	27,2*
2022 г.						
Weymouth (st)	50,0±1,0		5,7±0,1		5,54±0,05	
<i>Chanticleer</i>	46,7±0,7	-2,8*	6,7±0,1	9,3*	5,73±0,02	3,2*
<i>Hannah,s Choice</i>	38,7±1,5	-6,4*	4,6±0,1	-8,5*	5,42±0,04	-1,8
Bluecrop (st)	54,3±0,7		8,1±0,1		5,48±0,04	
<i>Bluegold</i>	51,7±0,7	-2,8*	4,7±0,1	-32,4*	6,01±0,05	8,4*
<i>Harrison</i>	50,0±1,0	-3,6*	6,7±0,1	-14,6*	5,66±0,05	2,9*
Elliott (st)	49,0±0,6		9,2±0,2		5,22±0,07	
<i>Aurora</i>	46,7±0,3	-3,5*	6,0±0,1	-13,1*	4,48±0,06	-8,7*
<i>Rubel</i>	51,7±0,7	3,0*	6,5±0,2	-10,2*	7,07±0,06	20,6*

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

Таблица 4. Относительные различия интродуцируемых сортов *Vaccinium corymbosum* с соответствующими срокам их созревания районированными сортами Weymouth, Bluecrop и Elliott по характеристикам биохимического состава плодов в годы исследований, %**Table 4.** Relative differences between the introduced varieties of *Vaccinium corymbosum* and the released varieties of Weymouth, Bluecrop and Elliott corresponding to their ripening terms in terms of the characteristics of the biochemical composition of fruits in the years of research, %

Показатель	Раннеспелые сорта		Среднеспелые сорта		Позднеспелые сорта	
	Chanticleer	Hannah,s Choice	Bluegold	Harrison	Aurora	Rubel
2021 г.						
Сухие вещества	-5,1	-10,1	-3,3	+18,7	-8,8	+31,6
Свободные органические кислоты	+16,0	+124,0	+52,6	-54,4	+54,2	-61,5
Аскорбиновая кислота	+8,3	+19,5	+3,9	+17,9	+13,8	-27,6
Гидроксикоричные кислоты	+30,3	+49,8	-11,3	-34,4	+47,2	-
Растворимые сахара	+2,5	-8,5	-9,6	-	-9,1	+5,7
Сахарокислотный индекс	-13,3	-59,7	-41,9	+111,8	-40,8	+179,6
Пектиновые вещества	+5,2	-5,5	+3,4	-	-17,9	+44,2
2022 г.						
Сухие вещества	+23,3	+9,7	-9,5	-8,7	-6,5	+15,8
Свободные органические кислоты	-21,6	-	+65,7	+11,9	+47,2	+50,9
Аскорбиновая кислота	-35,2	-	+35,7	+64,6	+17,7	-21,3
Гидроксикоричные кислоты	+11,8	+31,8	+5,3	-37,3	+65,6	+22,4
Растворимые сахара	-6,6	-22,6	-4,8	-7,9	-4,7	+5,5
Сахарокислотный индекс	+17,5	-19,3	-42,0	-17,3	-34,8	-29,3
Пектиновые вещества	+3,4	-	+9,7	+3,3	-14,2	+35,4

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

чем у сорта Weymouth, накоплением в плодах сухих веществ, тогда как среднеспелые были отмечены усилением отставания по данному признаку от сорта Bluescop, а у позднеспелых сортов наблюдалось совпадение направленности подобных различий с сортом Elliott при сокращении вдвое их относительных размеров у сорта Rubel.

Сохранение выявленной годом ранее направленности различий с соответствующими эталонными объектами в содержании в плодах свободных органических кислот обнаружено только у двух сортов голубики – Bluegold и Aurora, тогда как в остальных случаях установлено либо нивелирование данных различий, либо смена знака на противоположный. Весьма устойчивой в двухлетнем цикле наблюдений оказалась ориентация расхождений среднеспелых и позднеспелых сортов с эталонными объектами по содержанию в плодах аскорбиновой кислоты на фоне их существенного усиления в первом случае, тогда как у раннеспелых сортов наблюдалась картина, аналогичная выявленной для подобных расхождений в содержании титруемых кислот. При этом оба раннеспелых и позднеспелый сорт Aurora подтвердили установленное в предыдущем сезоне превышение эталонного уровня содержания гидроксикоричных кислот, но проявившееся в меньшей степени в первом случае и в большей степени во втором, на фоне сохранившегося отставания более чем на 30% среднеспелого сорта Harrison от сорта Bluescop, тогда как у сортов Bluegold и Rubel подобного совпадения не выявлено (см. табл. 4).

Заметной стабильностью в двухлетнем цикле наблюдений характеризовались различия большинства тестируемых таксонов голубики с эталонными объектами в содержании в плодах растворимых сахаров. Однако подобные расхождения по показателю сахарокислотного индекса, из-за показанных выше межсезонных различий в темпах накопления титруемых кислот, существенно различались. Так, если во втором сезоне для обоих раннеспелых сортов было показано увеличение сладости вкуса плодов относительно сорта Weymouth, то для среднеспелого сорта Harrison и позднеспелого Rubel, напротив, наблюдалось ее уменьшение по сравнению с соответствующими эталонными объектами при отсутствии межсезонных различий в этом плане у сортов Bluegold и Aurora. Что касается пектиновых веществ, то во второй год наблюдений у большинства тестируемых таксонов голубики отмечено совпадение с предыдущим сезоном не только направленности, но и относительных размеров выявленных отклонений параметров накопления данных соединений от стандартных

сортов (см. табл. 4). При этом было установлено, что в оба года исследований среди новых тестируемых сортов голубики разных сроков созревания наиболее высоким содержанием в плодах органических кислот, в том числе аскорбиновой и гидроксикоричных, характеризовались сорта Hannah,s Choice и Aurora, но во втором сезоне, в отличие от предыдущего, сорт Rubel был отмечен столь же высоким, как и сорт Aurora, содержанием свободных органических кислот, подтвердив лишь минимальный уровень накопления аскорбиновой кислоты. Заметим, что и сорт Chanticleer во втором сезоне характеризовался наименьшим среди раннеспелых сортов содержанием не только витамина С, но и титруемых кислот, что обеспечило ему в ряду тестируемых объектов самый сладкий вкус плодов, тогда как наиболее кислыми, как и в предыдущем сезоне, оказались ягоды сортов Hannah,s Choice, Bluegold и Aurora.

Нетрудно убедиться, что погодные условия вегетационного периода оказывали существенное влияние на темпы биосинтеза органических соединений в плодах голубики высокорослой, о степени которого можно судить по данным табл. 5. При этом в большинстве случаев обнаружена явная общность тенденций в характере межсезонных различий параметров их накопления. Так, значительные перепады температурных показателей на протяжении сезона 2022 г. на фоне острого дефицита влаги в июне и августе обусловили не только запаздывание сроков созревания плодов относительно предыдущего сезона, но и способствовали их обогащению у большинства таксонов голубики на 18–252% свободными органическими кислотами и на 9–44% аскорбиновой кислотой, наиболее значительному в первом случае у стандартного раннеспелого сорта Weymouth, во втором – у среднеспелого Harrison.

Заметим, что в проводимых в эти же годы аналогичных исследованиях с интродуцированными сортами жимолости съедобной, несмотря на более ранние, чем у большинства сортов голубики, сроки плодоношения, на фоне погодных условий сезона 2022 г. также выявлена подобная картина усиления биосинтеза аскорбиновой и титруемых кислот (табл. 6), что, с одной стороны, можно рассматривать как позитивное явление, тогда как с другой, из-за определенного подкисления вкуса плодов, это обстоятельство могло отрицательно сказаться на их потребительских свойствах. Вместе с тем нельзя не обратить внимания на сходство в этом плане ответной реакции представителей разных семейств на изменение гидротермического режима вегетационного периода. Но, в отличие от жимолости, характеризовавшейся в го-

Таблица 5. Межсезонные (2022/2021 гг.) различия количественных показателей биохимического состава плодов интродуцируемых сортов *Vaccinium corymbosum* (в сухом веществе), %**Table 5.** Off-season (2022/2021) differences in quantitative indicators of the biochemical composition of fruits of introduced varieties of *Vaccinium corymbosum* (in dry matter), %

Показатели	Раннеспелые сорта			Среднеспелые сорта			Позднеспелые сорта		
	Wey-mouth (st)	Chanticleer	Hannah,s Choice	Blue-crop (st)	Blue-gold	Harrison	Elliott (st)	Aurora	Rubel
Сухие вещества	-25,4	–	-8,9	-16,0	-21,4	-35,4	–	–	-10,1
Свободные органические кислоты	+252,0	+137,9	+51,8	+17,5	+27,6	+188,5	-44,8	-47,3	+116,2
Аскорбиновая кислота	+32,2	-20,9	+16,4	–	+34,1	+43,4	+8,6	+12,3	+18,0
Гидроксикоричные кислоты	-15,3	-27,3	-25,5	-13,6	–	-17,4	-14,1	–	+6,7
Растворимые сахара	–	-11,9	-18,2	–	+9,3	–	–	+8,6	–
Сахарокислотный индекс	-73,0	-63,4	-45,9	-12,9	+13,0	-66,0	+87,8	+106,9	-52,6
Пектиновые вещества	-8,0	-9,5	-4,7	-7,1	–	-6,0	-4,6	–	-10,4
Суммарный эффект	+162,5	+4,9	-35,0	-32,1	+62,6	+107,1	+32,9	+80,5	+67,8

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

Таблица 6. Межсезонные (2022 / 2021 гг.) различия количественных показателей биохимического состава плодов интродуцируемых сортов жимолости съедобной (*Lonicera edulis*), %**Table 6.** Inter-seasonal (2022/2021) differences in quantitative indicators of the biochemical composition of fruits of introduced *Lonicera edulis* varieties, %

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

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

ды наблюдений относительной стабильностью параметров накопления в плодах гидроксикоричных кислот, у голубики подобная особенность отмечена только у сортов Bluegold и Aurora, тогда как для остальных таксонов было показано преимущественное снижение их содержания на 14–27%, наиболее выраженное у раннеспелых сортов. Лишь в единичном случае – у сорта Rubel имело место весьма незначительное, не превышавшее 7%, обогащение плодов данными соединениями (см. табл. 5).

Наряду с этим выявленное во второй год исследований у жимолости съедобной обеднение плодов растворимыми сахарами по сравнению с предыдущим сезоном, у растений голубики установлено только у раннеспелых сортов Chanticleer и Hannah,s Choice, обнаруживших снижение их содержания на 12 и 18%. Скорее всего, это связано с близостью сроков созревания плодов у обоих видов и обусловлено сходством погодных условий в данный период, подтверждением чему служило не только отсутствие межсезонных различий в содержании сахаров у среднеспелых и

позднеспелых сортов голубики, но даже усиление их накопления на 10% у сортов Bluegold и Aurora. В пользу этого предположения свидетельствует также наиболее выраженное у раннеспелых сортов, причем сопоставимое с установленным у жимолости съедобной снижение сахарокислотного индекса плодов на 46–73% по сравнению с предыдущим сезоном, обусловленное активизацией биосинтеза титруемых кислот на фоне их обеднения растворимыми сахарами. Подобное снижение данного показателя у средне- и особенно позднеспелых сортов голубики проявилось менее выразительно, причем у сортов Bluegold, Elliott и Aurora наблюдалось не снижение, а, напротив, увеличение его значений на 13–107%, свидетельствовавшее об улучшении вкусовых свойств их плодов (см. табл. 5, 6). Ингибирующее воздействие неблагоприятных по гидро-термическому режиму условий второго вегетационного сезона на углеводный комплекс плодов голубики, как, впрочем, и жимолости съедобной, проявилось также в ослаблении биосинтеза в них пектиновых веществ на 5–10%.

При столь разноплановой картине влияния погодных условий вегетационного сезона на исследуемые характеристики биохимического состава плодов голубики в зависимости от сроков их созревания, для интегральной оценки степени данного влияния был определен суммарный эффект. С этой целью для каждого таксона было осуществлено суммирование относительных размеров межсезонных различий исследуемых показателей с учетом их знака. Лишь у двух сортов – Bluegold и Aurora, показавших при этом заметное сходство в изменении темпов накопления в плодах гидроксикоричных кислот и растворимых сахаров, не выявлено статистически значимых межсезонных различий по данному показателю. При этом, как и у таксонов жимолости съедобной, у большинства сортов голубики установлено снижение относительно предыдущего сезона содержания в плодах сухих веществ на 9–35%, наиболее значительное у сорта Harrison (см. табл. 5, 6). Как следует из данных табл. 5, в большинстве случаев значения этого суммарного показателя имели положительную направленность, варьируясь у раннеспелых сортов от 5 до 163%, у среднеспелых – от 63 до 107%, у позднеспелых – от 33 до 81%, что свидетельствовало о преобла-

дании позитивного влияния гидротермического режима второго сезона на совокупность исследуемых биохимических характеристик плодов. Однако для двух таксонов голубики – раннеспелого сорта Hannah,s Choice и среднеспелого Bluecrop были установлены более низкие значения данного показателя, свидетельствовавшие об ухудшении качества плодов по исследуемому набору признаков на 32–35% по сравнению с предыдущим сезоном. Заметим, что позитивное влияние погодных условий второго сезона на совокупность данных признаков у большинства сортов голубики, как, впрочем, и жимолости съедобной (см. табл. 6), было связано исключительно с активизацией биосинтеза титруемых и аскорбиновой кислот при ингибировании такового гидроксикоричных кислот и пектиновых веществ, а у раннеспелых сортов также растворимых сахаров. Лишь у сортов Bluegold и Aurora наблюдалось усиление накопления последних, способствовавшее увеличению показателя сахарокислотного индекса, а, следовательно, и улучшению вкуса плодов, наиболее выраженному у второго таксона голубики за счет их существенного обеднения, как и плодов сорта Elliott, свободными органическими кислотами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного исследования в южной агроклиматической зоне Беларуси в контрастные по гидротермическому режиму сезоны 2021 и 2022 гг. величины сахарокислотного индекса и параметров накопления титруемых, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, растворимых сахаров, сухих и пектиновых веществ в плодах 6 новых интродуцируемых сортов голубики высокорослой разных сроков созревания: раннеспелых – Chanticleer, Hannah’s Choice, среднеспелых – Bluegold, Harrison и позднеспелых – Aurora, Rubel, а также соответствующих данным группам спелости районированных сортов Weymouth, Bluecrop и Elliott установлено следующее.

Значительные перепады температурных показателей на протяжении второго сезона при остром дефиците влаги в июне и августе способствовали преимущественному обогащению плодов относительно предыдущего сезона на 18–252% свободными органическими кислотами и на 9–44% аскорбиновой кислотой на фоне их обеднения (в основном у раннеспелых сортов) на 14–27% гидроксикоричными кислотами и на 12–18% растворимыми сахарами при снижении в большинстве случаев содержания сухих и пектиновых веществ на 9–35% и 5–10% соответственно.

Сравнительный анализ биохимического состава плодов по исследуемому набору показателей у растений раннеспелых сортов голубики высокорослой и раннеспелых сортов жимолости съедобной выявил отчетливо выраженное сходство в характере связанных с гидротермическими условиями года межсезонных различий биохимических показателей плодов у обоих видов, обусловленное близостью сроков их созревания.

У исследуемых таксонов голубики, за исключением раннеспелого сорта Hannah,s Choice и среднеспелого Bluecrop, установлено выраженное в разной степени преобладание позитивного влияния гидротермического режима второго сезона на качество плодов, обусловленное в большинстве случаев исключительно активизацией биосинтеза титруемых и аскорбиновой кислот при ингибировании такового гидроксикоричных кислот и углеводов, в том числе растворимых сахаров (у раннеспелых сортов). Выявленное у сортов среднеспелого Bluegold и позднеспелого Aurora усиление накопления последних способствовало увеличению сахарокислотного индекса плодов, наиболее выраженному у второго таксона, за счет их существенного обеднения, как и плодов позднеспелого районированного сорта Elliott, свободными органическими кислотами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние погодных условий вегетационного периода на биохимический состав плодов шиповника и калины обыкновенной при интродукции в Беларусь / Ж. А. Рупасова [и др.] // Плодоводство: сб. науч. тр. / Ин-т плодоводства. – 2013. – Т. 25. – С. 309–325.
2. Межсезонные различия биохимического состава плодов рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) при интродукции в Беларусь / Ж. А. Рупасова [и др.] // Плодоводство: сб. науч. тр. / Ин-т плодоводства. – 2016. – Т. 28 – С. 227–236.
3. Методы определения сухих веществ или влаги: ГОСТ 28561–90. – Введен 01.07.1991. – М.: Стандартинформ, 2011. – 11 с.
4. Ермаков А. И. Методы биохимического исследования растений; 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград, 1987. – 430 с.
5. Марсов Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники: дисс. ... канд. фармацевт. наук: 15.00.02 / Ярославская гос. мед. академия. – Пермь, 2006. – 227 с.
6. Кусакина, М. Г. Большой практикум «Биохимия» Лабораторные работы: учеб. пособие / сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова ; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2012. – 148 с.
7. Формирование биохимического состава плодов видов семейства Ericaceae (Вересковые) при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]; под ред. акад. В. И. Парфенова. – Минск: Беларус. навука. – 2011. – 307 с.
8. Биохимический состав плодов интродуцированных сортов голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) в условиях южной агроклиматической зоны Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 51. – С.202–211.

Поступила в редакцию 07.03.2023 г.

БОТАНИЧЕСКИЕ НАХОДКИ BOTANICAL DISCOVERIES

УДК 633.933 (476)

Д. В. ДУБОВИК¹, Л. М. МЕРЖВИНСКИЙ²

ЛЕНЕЦ АЛЬПИЙСКИЙ (*Thesium alpinum* L., SANTALACEAE) – НОВЫЙ АБОРИГЕННЫЙ ВИД ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ

¹Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: dvdubovik73@gmail.com

²Витебский государственный университет имени П.М. Машерова,
Витебск, Беларусь, e-mail: info@mail-vsuv.by

Аннотация. Был идентифицирован новый для флоры Беларуси аборигенный вид из рода *Thesium* – *Th. alpinum*, недавно обнаруженный в Россонском районе Витебской области. В настоящее время в стране известно уже 4 вида из этого рода. Все представители рода – редкие растения, а *Th. ebracteatum* является охраняемым. Из 4-х видов рода *Thesium* 3 вида относятся к аборигенному компоненту флоры и 1 к адвентивному. *Th. alpinum* распространен почти по всей Западной и Центральной Европе (чаще в горных районах). В Беларуси, как и в сопредельных регионах Латвии и Псковской области России, *Th. alpinum* произрастает в изолированных локалитетах за северо-восточной границей ареала. Он может быть рекомендован для включения в новые издания Красной книги Республики Беларусь.

Ключевые слова: флора, новый вид, *Thesium alpinum*, аборигенные и адвентивные растения.

D. V. DUBOVIK¹, L. M. MERZHVINSKY²

ALPINE BASTARD-TOADFLAX (*Thesium alpinum* L., SANTALACEAE) – A NEW NATIVE SPECIES IN THE FLORA OF BELARUS

¹V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: dvdubovik73@gmail.com

²P. M. Masherov Vitebsk State University, Vitebsk, Belarus, e-mail: info@mail-vsuv.by

Annotation. We indicate a new native species for the flora of Belarus from the genus *Thesium* – *Th. alpinum*. It was recently discovered in the Rossony district of the Vitebsk region. Currently, 4 species of this genus are already known in the country. All representatives of the genus rare plants, *Th. ebracteatum* is protected. From the 4 species of the genus *Thesium* - 3 species belong to the native component of the flora, 1 to the adventive. *Th. alpinum* distributed throughout almost all of Western and Central Europe (usually in mountainous regions). In Belarus, as well as in the adjacent regions of Latvia and the Pskov region of Russia, *Th. alpinum* grows in isolated localities beyond the northeastern border of its area. It can be recommended for inclusion in new editions of the Red Book of the Republic of Belarus.

Keywords: flora, new species, *Thesium alpinum*, native and adventive plants.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе критической обработки гербарных материалов, хранящихся в фондах Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK) нами обнаружен образец рода *Thesium* L., собранный в 2011 г. Л. М. Мержвинским

на самом севере Беларуси (Россонский район) у границы с Российской Федерацией. Изначально у нас возникли сомнения в идентичности собранных растений с *Th. ebracteatum* Хаупе, который встречается изредка, но преимущественно в юж-

ной и центральной частях страны и имеет здесь северную границу ареала, проходящую приблизительно по линии: г. Браслав – д. Шо Глубокского р-на – дд. Рожно и Стайск Лепельского р-на – г. Витебск – окр. д. Дорожная Дубровенско-

го р-на, причем севернее широты г. Логойска *Th. ebracteatum* регистрируется крайне редко. Это нацелило нас на более тщательный анализ гербарного образца и изучение схожих видов в сопредельных с Беларусью регионах.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При работе и идентификации гербарных образцов использовали общепринятые методики [1]. Определение проводили с помощью имеющихся в литературе и сети Интернет диагностических ключей, фотографий и рисунков, касающихся ди-

агностики видов рода. Номенклатура таксонов принята по электронной базе данных Миссурийского ботанического сада «Tropicos» [2]. Гербарные сборы приведенного в статье вида хранятся в Гербарии ИЭБ НАН Беларуси (MSK–V).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Род *Thesium* в настоящее время включает более 360–400 видов [3–5], распространен в умеренных и тропических районах обоих полушарий, но центр его разнообразия находится на юге Африки. Представители рода являются полупаразитными и паразитными травянистыми, кустарниковыми и полукустарниковыми растениями. Систематика рода до настоящего времени находится в стадии разработки [3, 4]. Для представителей рода характерны листья без отчетливых черешков, часто б.м. прижатые к стеблям, цветы обычно с наружными железками между долями околоцветника, завязь со скрученным или прямым плацентарным столбиком, плоды нераскрывающиеся орешки с выступающими жилками и сохранившимися долями околоцветника.

Во флоре Восточной Европы известно 11 видов данного рода [5], а для флоры средней полосы европейской части России приведено всего 6 видов [6], причем для сопредельных с Беларусью регионов указано всего 4 вида. В смежной с Беларусью Псковской области Российской Федерации известно 3 вида рода *Thesium* [7], а в Литве, Латвии и Эстонии – 5 видов (из них 2 в дополнениях к основному списку как очень редкие таксоны, зарегистрированные по единичным находкам) [8]. В равнинной части Польши отмечено 3 вида рода [9].

Во флоре Беларуси до недавнего времени [10] упоминалось о 2-х видах рода – *Thesium ebracteatum* и *Th. ramosum* Hayne (*Th. arvense* auct. non Horvat., nom. superfl.). Первый из них является охраняемым аборигенным растением [11], второй – редкое адвентивное растение. Позже нами [12] в фондах Гербария Вильнюсского университета (WI) были обнаружены ещё образцы третьего вида этого рода – *Th. linophyllum* L., который собирался на холмах в окрестностях г. Гродно С. Б. Горским в 1826 г. *Th. linophyllum* (sub nom. *Th. intermedium* Schrad.) в конце XIX в. без более точной привязки местонахождения указывался в

общем для бывш. Гродненской губернии И. Ф. Шмальгаузен [13], однако И. К. Пачоский [14] упоминает, что для окр. Гродно Шмальгаузен указывал этот вид ошибочно (вместо *Th. ebracteatum*). Сам И. К. Пачоский видел *Th. linophyllum* лишь в окр. Белостока в Польше. После С. Б. Горского *Th. linophyllum* никто в Беларуси больше не находил и в настоящее время он считается исчезнувшим растением, которое встречалось здесь ранее на северо-восточной границе ареала. В Польше этот таксон в настоящее время известен в малочисленных локалитетах из Подляшского, Люблинского и Мазовецкого воеводств в восточной части страны [15], более часто встречается в Люблинском воеводстве, поэтому его новые находки вполне вероятны и в западных районах Беларуси, особенно в окрестностях г. Бреста.

Л. М. Мержвинским 22.05.2011 в окр. д. Перевоз Россонского района Витебской области по низкотравной открытой луговине на туристической стоянке отмечено 2 экземпляра рода *Thesium*. Один экземпляр был передан в Гербарий Института экспериментальной ботаники. Позже (04.2023) Д. В. Дубовиком растение идентифицировано как *Th. alpinum*, который оказался новым аборигенным видом для флоры Беларуси (рис.).

Thesium alpinum внешне несколько напоминает *Th. ebracteatum*, но у основания цветков на концах цветоносов помимо одного длинного прицветника имеются два более коротких боковых прицветничка, цветки обычно четырехчленные. У *Th. ebracteatum* у основания цветков на концах цветоносов есть только один листовидный прицветник, боковые прицветнички отсутствуют, цветки пятичленные. *Th. linophyllum* имеет пятичленные цветки (как у *Th. ebracteatum*), у их основания на концах цветоносов помимо прицветников имеются несколько более коротких боковых прицветничков (как у *Th. alpinum*), но на развитых веточках соцветия (хотя бы некоторых) цветки сидят не по 1, а по 2–3. Адвентивный вид – *Th. ramosum* хо-

рошо отличается сильно разветвленным от основания стеблем, односторонним соцветием и листьями, прицветниками, прицветничками по краям с мельчайшими папиллами.

Thesium alpinum распространен почти по всей Западной и Центральной Европе (чаще в горных районах, избегает более северных широт), реже встречается в западной части Восточной Европы, в ЮЗ Азии (преимущественно на Кавказе) [5, 16]. В сопредельных с Беларусью регионах известен в

южной части Польши [15], юго-восточной части Латвии [17], в западной и южной частях Псковской области [7]. Находки вида вблизи границ с Беларусью, особенно в Псковской области России, подтверждают очевидную вероятность нахождения его и в Беларуси. У нас, как и в сопредельных регионах Латвии и Псковской области России, *Th. alpinum* произрастает в изолированных локалитетах и островных участках произрастания за северо-восточной границей ареала [6, 16].



Рис. Гербарный образец *Thesium alpinum* из Россонского района Витебской области

Fig. Herbarium sample of *Thesium alpinum* from the Rossony district of the Vitebsk region

В сопредельных с Беларусью регионах вид приурочен к опушкам и полянам среди сосновых лесов, разреженным соснякам, лугам, залежам, берегам озер, иногда отмечен по краям полей, обычно встречается на песчаных почвах [5–7, 9, 17, 18]. Включен в Красные книги Латвии [17] и Псков-

ской области России [18]. В дальнейшем необходимо более детально изучить сохранность вида в регионе и попытаться выявить новые его места произрастания рядом с ранее известным локалитетом. Он может быть рекомендован для включения в новые издания Красной книги Республики Беларусь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе критической обработки гербарных материалов, хранящихся в фондах Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, мы смогли идентифицировать новый для флоры Беларуси аборигенный вид из рода *Thesium* – *Th. alpinum*. Он был относительно недавно обнаружен в Россонском районе Витебской об-

ласти. В настоящее время в стране известно уже 4 вида из этого рода.

Все представители рода – редкие растения, а *Th. ebracteatum* является к тому же и охраняемым. Из 4-х видов рода *Thesium* 3 вида относятся к аборигенному и 1 – к адвентивному компонентам флоры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гербарное дело: Справочное руководство. Русское издание / под ред. Д. В. Гельтмана. – Кью: Королевский ботанический сад, 1995. – 341 с.
2. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.tropicos.org>. – Date of access: 18.10.2023.
3. Zhigila, D. A. An infrageneric classification of *Thesium* (*Santalaceae*) based on molecular phylogenetic data / D. A. Zhigila, G. A. Verboom, A. M. Muasya // *Taxon*. – 2020. – V. 69, № 1. – P. 100–123.
4. Zhigila, D. A. Molecular phylogenetics, taxonomy and niche-based conservation risk assessment of *Thesium* L. (*Santalaceae*) [Электронный ресурс] // Faculty of Science Department of Biological Sciences. – Режим доступа: <http://hdl.handle.net/11427/33064>. – Дата доступа: 18.10.2023.
5. Цвелев, Н. Н. Род 1. Ленец – *Thesium* L. / Н. Н. Цвелев // Флора Вост. Европы в 11 т. – 1996. – Т. 9. – СПб: Мир и семья-95. – С. 403–407.
6. Маевский, П. Ф. Флора средней полосы европейской части России / П. Ф. Маевский ; 11-е изд. исправленное и дополненное. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – С. 121.
7. Ефимов, П. Г. Конспект флоры Псковской области (сосудистые растения) / П. Г. Ефимов, Г. Ю. Конечная – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. – С. 260–261.
8. Флора Балтийских республик. Сводка сосудистых растений / под ред. В. Кууск, Л. Табака, Р. Янкявичене. – Тарту: Eesti Loodusfoto AS, 1996. – Т. 1. – С. 187–188.
9. Rutkowski, L. Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej / L. Rutkowski. – Warszawa: Wyd. Naukowe PWN, 2006. – 814 s.
10. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В.И. Парфенова. – Минск: Изд-во «Дизайн ПРО», 1998. – С. 2012–2013.
11. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / предс. ред. кол. И. М. Качановский. – 4-е изд. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі. – 2015. – 448 с.
12. Дубовик, Д. В. Редкие виды растений из Беларуси в фондах Гербария Вильнюсского университета / Д. В. Дубовик, А. Н. Скуратович, С. С. Савчук // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: мат-лы 2-ой межд. научно-практ. конф. / под общ. ред. В. И. Парфенова ; НАН Беларуси [и др.]. – Минск: Минсктиппроект, 2012. – С. 100.
13. Шмальгаузен, И. Ф. Флора Средней и Южной России, Крыма и Съвернаго Кавказа. Руководство для определения смянных и высших споровых растений: в 2 т. / И. Ф. Шмальгаузен. – Киев: И. Н. Кушнеровъ и К^о, 1895–1897. – Т. 2: Двудольныя Сростнолепестныя и Безлепестныя, Однодольныя, Голосъмянные и высшія Споровыя, 1897. – С. 404.
14. Пачоский, И. К. Флора Польсыя и прилежащихъ мѣстностей / И. К. Пачоский // Тр. имп. С.-Петербур. о-ва естествоисп. Отд. Ботаники. – 1899. – Т. 29, вып. 3. – С. 103.
15. Zając, A. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce / A. Zając, M. Zając. – Kraków: Pracownia Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2001. – 319 s.
16. Global Biodiversity Information Facility (GBIF). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gbif.org/ru/species/8005654>. – Дата доступа: 18.10.2023.
17. *Latvijas sarkanā grāmata* / red. Gunārs Andrušaitis. – Rīga: Izdeva LU bioloģijas institūts, 2003. – P. 258–259.
18. Красная книга Псковской области / под. ред. А. В. Истомина. – Псков: Изд-во ПсковГУ, 2014. – С. 234.

Поступила в редакцию 16.01.2024 г.

УДК 581.95 (476)

Д. В. ДУБОВИК, С. С. САВЧУК, А. Н. СКУРАТОВИЧ

**ПАСЛЕН ПОДРАЖАЮЩИЙ (*SOLANUM EMULANS* RAF., SOLANACEAE) –
НОВЫЙ АДВЕНТИВНЫЙ ВИД ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ***Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: dvdubovik73@gmail.com*

Аннотация. В Докшицком районе Витебской области выявлен новый для флоры Беларуси адвентивный вид из рода *Solanum* – *S. emulans*. Характерной особенностью этого растения является зонтиковидное соцветие, цветки которого с отчетливой лиловой подкраской, удлинёнными лепестками и неравной длины чашелистиками, более мелкими пыльниками до 1,5 мм длины, плоды с наличием склеротических гранул, а также более вытянутые, тонкие листья, зубчатые по краю. В настоящее время за пределами естественного ареала вид известен в Европе на территории Венгрии, Нидерландов, Бельгии, Норвегии, Великобритании, Швеции и России, где является довольно редким. Появление *S. emulans* в Беларуси можно объяснить вероятным заносом его семян вместе с посевным материалом кукурузы, который мог поступить непосредственно из Северной Америки. В дальнейшем вполне возможны новые находки этого адвентивного сорного растения в пределах страны.

Ключевые слова: флора, новый адвентивный вид, *Solanum emulans*.

D. V. DUBOVIK, S. S. SAVCHUK, A. N. SKURATOVICH

**IMITATING NIGHTSHADE (*SOLANUM EMULANS* RAF., SOLANACEAE) –
A NEW ADVENTIVE SPECIES IN THE FLORA OF BELARUS***V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: dvdubovik73@gmail.com*

Annotation. In the Dokshitsy district of the Vitebsk region, a new adventive species of the genus *Solanum* – *S. emulans* was found for the flora of Belarus. A characteristic feature of this plant is an umbellate-shaped inflorescence, flowers with a distinct purple color, elongated petals and sepals of unequal length, smaller anthers up to 1,5 mm in length, fruits with the presence of sclerotic granules, as well as more elongated, thin leaves, dentated along the edge. Currently, outside its natural area, the species is known in Europe in Hungary, the Netherlands, Belgium, Norway, Great Britain, Sweden and Russia, where it is a rather rare plant. The appearance of *S. emulans* in Belarus can be explained by the introduction of its seeds along with corn seeding material, which could come directly from North America. In the future, new occurrences of this adventive, weed plant within the country are possible.

Keywords: flora, new adventive species, *Solanum emulans*.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение адвентивного компонента флоры Беларуси имеет важное значение на современном этапе развития флорогенеза региона. В настоящее время наблюдается активное проникновение чужеродных видов растений, причем регистрация новых таксонов происходит практически ежегодно, а иногда за один сезон выявляется до 3–10 новых адвентивных растений. Весьма важен и мониторинг за их поведением на протяжении хотя бы нескольких вегетационных сезонов, поскольку не все появившиеся виды являются эфемерофитами.

Ряд из них впоследствии может стать потенциально инвазивными или даже инвазивными.

Ведущую роль в пополнении флоры адвентивными видами растений играет на современном этапе интродукция растений, однако часть адвентивных растений по-прежнему проникает спонтанно (с различными видами транспорта, орнитохорно, анемохорно, с посевным и посадочным материалом и т.д.).

В ходе полевых исследований в Витебской области в 2023 г. нами выявлен новый для флоры Беларуси адвентивный вид пасленов *Solanum emulans*, родиной которого считается Северная Америка. Данный вид попал на территорию страны, вероятно с посадочным материалом (возможно с семенами кукурузы).

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Исследования проводили маршрутным и детально-маршрутным методами, особое внимание уделялось синантропным комплексам. При работе и идентификации гербарных образцов использовали общепринятые методики [1, 2]. Определение проводилось с помощью имеющихся в литературе и сети Интернет диагностических

ключей, фотографий и рисунков, касающихся диагностики видов рода. Номенклатура таксонов принята по электронной базе данных Миссурийского ботанического сада «Tropicos» [3] и новейших систематических обработок рода. Гербарные сборы приведенного в статье вида хранятся в Гербарии ИЭБ НАН Беларуси (MSK–V).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В роде *Solanum* насчитывается в настоящее время около 1250–1400 видов. Это самый крупный род в семействе *Solanaceae* и один из 10 наиболее богатых видами родов цветковых растений [4, 5]. Род распространен по всему миру с центром видовой разнообразия в Южной Америке.

В Европе насчитывается более 60 видов рода [5], однако их количество увеличивается в связи с появлением новых адвентивных представителей пасленов. Не является исключением и флора Беларуси, где также регистрируются новые виды рода *Solanum* [6–8]. С учетом последних находок видов этого рода в стране насчитывается 10–11 видов (в зависимости от видовой концепции видов) рода *Solanum* (включая б.м. широко культивируемые и адвентивные виды).

Наиболее сложной в систематическом отношении является так называемая группа «черных пасленов» из-за их способности встречаться по синантропным местообитаниям, многие виды являются сорными растениями по всему миру. В эту группу сейчас входит более 75 видов с простыми или разветвленными волосками с железистыми кончиками или без них и соцветиями, обычно возникающими из междоузлий. Уровень плоидности внутри группы варьирует от диплоидного до гексаплоидного, что еще больше усугубляет трудности в разграничении отдельных таксонов [9]. Дальние заносы отдельных представителей «черных пасленов» в значительном отрыве от основного ареала, их внешняя габитуальная схожесть, наличие многочисленных синонимов и описанных таксонов за последние годы еще больше усложняют понимание отдельными систематиками и специалистами, изучающими флору того или иного региона, таксономическую специфику этой группы растений.

На протяжении последних лет нами обращалось особое внимание на неоднородность морфологических признаков *Solanum nigrum* L. s.l., который произрастает в Беларуси. Кроме давно известных морфотипов с ярко выраженным опушением из смеси железистых и простых волосков (у *S. nigrum* s. str. они простые, но прижатые), которые иногда рассматриваются как отдельный вид *S.*

decipiens Opiz (*S. schultesii* Opiz), встречаются растения с зелеными и желтоватыми плодами, более или менее выраженной крылатостью стеблей.

По последним данным молекулярно-генетического анализа существенные различия между железистоопушенными формами и формами с простыми волосками не найдены [9, 10] и обычно те и другие включаются в состав *Solanum nigrum* [9]. Следует заметить, что железистоопушенные формы в Беларуси чаще приурочены к более южным районам страны или отмечаются как заносные растения по свалкам мусора, вдоль транспортных магистралей, на урбанизированных территориях и в более сухих местообитаниях.

Формы *Solanum nigrum* с железистым опушением стеблей и желтоватыми плодами в Беларуси нередко ошибочно принимались за *S. villosum* Mill., но последний таксон обычно имеет красноватые или оранжевые плоды, реже желтоватые, цветоножки и верхняя часть стебля часто со щетинистым и оттопыренным опушением, чашелистики на конце заостренные, а не б.м. закругленные.

Сам *Solanum nigrum* является аллоплоидом, который произошел, вероятно, от тетраплоидного *S. villosum* и диплоидного *S. americanum* Mill. в результате спонтанной амфилоидии [9], поэтому и наблюдается широкая изменчивость признаков этого вида. Окраска плодов у него также очень изменчива (от зеленой до черной). Зеленоплодные формы известны как отдельная разновидность – var. *chlorocarpum* (Spenn.) Schur, однако при полном вызревании плоды нередко становятся желтоватыми или янтарно-желтыми, что мы неоднократно наблюдали в Гомельской и Брестской областях (Ивацевичский, Речицкий, Лоевский, Калинковичский, Брестский и др. районы). Исходя из теории о гибридном происхождении самого *S. nigrum*, признаки окраски плодов и степень опушения растений должны быть очень вариabильными и у отдельных морфотипов наблюдается выщепление признаков от разных родительских видов. Определенную роль в полиморфизме *S. nigrum* может играть и интрогрессивная гибридизация с родительскими видами, а с учетом заноса диаспор на дальние расстояния

часть морфологических признаков между близкими видами пасленов может сглаживаться.

В 2023 г. при исследовании сорных растений в посевах кукурузы в окрестностях д. Поляне Докшицкого района Витебской области нами (Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, Т. Давидчик, 12.10.2023) были обнаружены среди популяции *Solanum nigrum* растения, которые по комплексу морфологических признаков значительно отличались от паслена черного. Данные растения имели явно зонтиковидное, а не кистевидное соцветие, цветки были с отчетливой лиловой подкраской, лепестки удлинённые, листья более вытянутые и зубчатые по краю, тонкие. Идентификация этих растений в дальнейшем позволила отнести их к *S. emulans*, который является новым таксоном для флоры Беларуси.

Solanum emulans, кроме перечисленных выше признаков, отличается от *S. nigrum* также наличием склеротических гранул (костянистые образования) в плодах (в одном из плодиков мы насчитали их 5; у *S. nigrum* они обычно отсутствуют), чашелистиками неравной длины, более мелкими пыльниками до 1,5 мм длиной (вместо 1,8 мм и более). Сам *S. emulans* очень близок к комплексу близкородственных американских видов – *S. nodiflorum* Jacq. и *S. americanum*, а иногда все три близких вида объединяются под названием *S. americanum* s.l. Однако *S. emulans*, в отличие от *S. americanum*, имеет почти горизонтально расположенные к плоду чашелистики (не отвернутые кверху и почти параллельные плодоножкам), сами чашелистики неравной длины (а не б.м. одинаковой длины), цветоножки вблизи плода утолщенные (неравной толщины на всем протяжении), семена у него мельче (1,0–1,5 мм длиной), склеротических гранул в плодах более 4-х.

Solanum nodiflorum, согласно последним молекулярно-генетическим исследованиям, также отделяется от *S. americanum* [11]. В отличие от *S. americanum* он имеет хорошо выраженную лиловую подкраску растения и наличие обычно более 6-ти склеротических гранул в плодах, отличается и отсутствием четко выраженных столбиков, ко-

торые по высоте обычно не превышают пыльники. *S. nodiflorum* был описан N. J. Jacquin в 1789 г. по растениям, культивировавшимся в Вене и происходящим с острова Маврикий. Оригинальное изображение растения есть в работе N. J. Jacquin 1789 г. «Изображение редких растений», где листья без явно выраженных зубцов, чашелистики при плодах отчетливо подняты вверх параллельно цветоножке, как у *S. americanum* [12].

Наши растения, как и образцы из Российской Федерации, которые были собраны А. Пузыревым в 1993 г. в Удмуртии впервые для страны и правильно идентифицированы лишь недавно [13], относятся к *S. emulans*.

Solanum emulans (= *S. ptychanthum* Dun.) известен в Европе из Венгрии, Нидерландов, Бельгии, Норвегии, Великобритании, Швеции, России [13]. Везде вид пока редок, но он мог не отличаться от близких к нему таксонов, в частности, от *S. americanum* [13,14].

Например, для Бельгии *Solanum emulans* приведен под названием *S. ptychanthum* Dun., хотя в тезе и антитезе для определения *S. ptychanthum* и *S. nodiflorum* их признаки перепутаны, а в общих описаниях видов и на фотографиях виды приведены уже верно [14].

Его распространение в Европе связано обычно с импортом зерна, семян и отходов от их производства из Северной Америки, где этот вид распространен довольно широко [13, 14]. Появление *S. emulans* в Беларуси также можно объяснить заносом семян растения с посевным материалом кукурузы, который мог поступать непосредственно из Северной Америки. Необходимы дальнейшие мониторинговые исследования за поведением и устойчивостью вида в условиях Беларуси с целью выяснения его инвазионного потенциала. В указанном локалитете вид встречался довольно часто, особенно по краю посевов кукурузы среди обычных видов сорно-полевых растений, отмечены зрелые плоды. Необходимы дальнейшие поиски вида в посевах злаковых культур, в первую очередь – кукурузы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в Докшицком районе Витебской области был обнаружен новый для флоры Беларуси адвентивный вид из рода *Solanum* – *Solanum emulans*.

Появление *S. emulans* в Беларуси можно объяснить заносом семян растения с посевным мате-

риалом кукурузы, который мог поступать непосредственно из Северной Америки. В дальнейшем возможны новые находки этого адвентивного сорного растения в пределах страны. Не исключено, что данный вид может стать во флоре Беларуси потенциально инвазивным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гербарное дело: Справочное руководство. Русское издание / Под ред. Д.В. Гельмана. Кью: Королевский ботанический сад, 1995. – 341 с.
2. Полевая геоботаника / под ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагина. В 5 т. – Т. 3. – М.-Л.: Наука, 1964. – 530 с.

2. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.tropicos.org>. Date of access: 18.10.2023.
3. Frodin D. History and concepts of big plant genera. –Taxon. – 2004. – 53. –V. 3. – P. 753–776.
4. Edmonds, J. M. Black nightshades. *Solanum nigrum* L. and related species / J. M. Edmonds, J. A. Chweya; Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben; International Plant Genetic Resource Institute // Promoting the conservation and use underutilized and neglected crops. – Vol. 15. – Rome, 1997. – 113 p.
5. Valdés B. *Solanaceae*. – In: Euro+Med Plantbase – the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. [Electronic resource]. Mode of access: <http://www2.bgbm.org/EuroPlusMed/PTaxonDetail.asp?NameCache=Solanum&PTRefk=7100000>. Date of access: 20.10.2023.
6. Дубовик, Д. В. Новые и редкие виды сосудистых растений для флоры Беларуси / Д. В. Дубовик, Д. И. Третьяков, А. Н. Скуратович // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси; науч. ред. Н.А. Ламан [и др.]. – Минск: Право и экономика, 2009. – Вып. 37. – С. 56–76.
7. Джус, М. А. Паслен клювовидный (*Solanum rostratum* Dunal *Solanaceae* Juss.) – новый карантинный вид во флоре Беларуси / М. А. Джус // Вестник БарГУ. Серия: Биол. науки (общая биология). Сельскохозяй. науки (агрономия). – 2013. – Вып. 1. – С. 13–19.
8. Дубовик, Д. В. Новые таксоны сосудистых растений для флоры Беларуси и её отдельных регионов / Д. В. Дубовик, А. Н. Скуратович, Д. И. Третьяков // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси / Н.А. Ламан (науч. ред.) [и др.]. – Минск: Право и экономика, 2014. – Вып. 43. – С. 3 – 18.
9. Särkinen, T. A revision of the Old World Black Nightshades (Moreloid clade of *Solanum* L., *Solanaceae*) / T. Särkinen [et al.]. // Phytokeys. – 2018. – V. 106. – P. 1–223.
10. Dehmer, K. Taxonomic Status and Geographic Provenance of Germplasm Accessions in the *Solanum nigrum* L. complex: AFLP Data / K. J. Dehmer, K. Hammer // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2004. – V. 51. – P. 551–558.
11. Manoko, M.L.K. AFLP markers support separation of *Solanum nodiflorum* from *Solanum americanum* sensu stricto (*Solanaceae*) / M.L.K. Manoko [et al.] // Plant Systematics and Evolution. – 2007. – V. 267, № 1–4. – P. 1–11.
12. *Solanum americanum* (or *S. nodiflorum*) [Electronic resource]. Mode of access: [http://www.flora.sa.gov.au/efsa/lucid/Solanaceae/Solanum%20species/key/Australian%20Solanum%20species/Media/Html/Solanum_americanum_\(or_S._nodiflorum\).htm](http://www.flora.sa.gov.au/efsa/lucid/Solanaceae/Solanum%20species/key/Australian%20Solanum%20species/Media/Html/Solanum_americanum_(or_S._nodiflorum).htm). Date of access: 20.10.2023.
13. Пузырев, А. Н. *Solanum emulans* Raf. и *Solanum scabrum* Mill. (*Solanaceae*) в Удмуртской Республике / А. Н. Пузырев // Вестник Удмуртского университета. Серия биология. Науки о земле. – 2021. – Т. 31, вып. 2. – С. 129–136.
14. Verloove, F. *Solanum*. On: Manual of the Alien Plants of Belgium. Botanic Garden Meise, Belgium. Available at: <http://alienplantsbelgium.be> (accessed 20.10.2023).

Поступила в редакцию 16.01.2024 г.

УДК 581.95

Д. В. ДУБОВИК¹, А. П. СУХОРУКОВ²

ДВА НОВЫХ ВИДА МАРЕЙ (*CHENOPODIUM* L., CHENOPODIACEAE) ДЛЯ ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ

¹Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: dvdubovik73@gmail.com

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия, e-mail: suchor@mail.ru

Аннотация. До недавнего времени в Беларуси из рода *Chenopodium* было известно 11 видов. По гербарным материалам идентифицировано два новых для флоры Беларуси адвентивных вида: *Chenopodium probstii* Aellen и *Ch. virgatum* Thunb., обнаруженные в разных административных районах Беларуси. Их следует отнести к категории эфемерофитов, так как они пока известны по единичным находкам. В дальнейшем прогнозируется их более широкое распространение, особенно по вторичным местообитаниям.

Ключевые слова: флора, новые виды, *Chenopodium probstii*, *Ch. virgatum*, адвентивные растения.

D. V. DUBOVIK¹, A. P. SUKHORUKOV²

TWO NEW RECORDS OF GOOSEFOOT SPECIES (*CHENOPODIUM* L., CHENOPODIACEAE) FOR THE FLORA OF BELARUS

¹V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: dvdubovik73@gmail.com

²M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: suchor@mail.ru

Annotation. To date, eleven *Chenopodium* species were known in Belarus. The herbarium studies revealed two new alien *Chenopodium* species, *Ch. probstii* Aellen and *Ch. virgatum* Thunb. discovered in different administrative regions of Belarus. These species are classified as ephemerophytes due to restricted gatherings. Further records are expected in the dump places.

Keywords: flora, new records, *Chenopodium probstii*, *Ch. virgatum*, adventive plants.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе критической обработки гербарных материалов, хранящихся в фондах Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK) нами обнаружены образцы рода *Chenopodium* L., собранные в период с 1969 по 2022 гг. разными исследователями из различных административных районов страны, которые по морфологическим признакам не подходили под уже известные для флоры Беларуси виды этого рода. Изучение образцов позволило отнести их к двум новым для Беларуси видам – *Ch. probstii* и *Ch. virgatum*.

Chenopodium является одним из сложных в систематическом отношении родов цветковых растений, который в настоящее время, после признания родов *Blitum* L., *Lipandra* Moq. *Oxybasis* Kar. et Kir. и *Chenopodiastrum* S. Fuentes, *Uotila* et Borsch, *Dysphania* R. Br. и *Teloxys* Moq. [1, 2], насчитывает около 100 видов [3]. Существует и противоположное мнение, что выделение некоторых из перечисленных родов не имеет корреляции с размером генома [4].

К роду *Chenopodium* в узком смысле в Беларуси до недавнего времени относились 11 видов: *Ch. acerifolium* Andrz., *Ch. album* L., *Ch. betaceum* Andrz. (*Ch. strictum* auct. non Roth), *Ch. ficifolium* Sm., *Ch. opulifolium* Schrad. ex W. D. J. Koch et Ziz, *Ch. pedunculare* Bertol., *Ch. pratericola* Rydb., *Ch. quinoa* Willd., *Ch. striatiforme* J. Murr, *Ch. suecicum* J. Murr, *Ch. vulvaria* L., которые были известны ранее по достоверным литературным и гербарным данным. Из перечисленных таксонов видовой статус *Ch. pedunculare* Bertol. признается не всеми исследователями и является дискуссионным, а *Ch. quinoa* известна лишь как редкое культивируемое растение. Также встречаются и некоторые гибриды между отдельными таксонами рода, которые сложны для идентификации. Обнаруженные нами 2 новых вида рода *Chenopodium* позволили расширить видовой состав этого рода для флоры Беларуси до 13 видов.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При работе и идентификации гербарных образцов использовали общепринятые методики [5]. Определение проводили с помощью имеющихся в литературе и сети Интернет диагностических ключей, фотографий и рисунков, касающихся ди-

агностики видов рода. Номенклатура таксонов принята по электронной базе данных Миссурийского ботанического сада «Tropicos» [6]. Гербарные сборы приведенного в статье вида хранятся в Гербарии ИЭБ НАН Беларуси (MSK-V).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Chenopodium probstii Aellen – марь Пробста. Растения прямостоячие, разветвленные от основания, до 2,2 м выс. Стебли коричневато-зеленые, с зеленоватыми или красноватыми продольными полосками и красными пятнами у основания боковых ветвей. Листья толстые, темно-зеленые, нередко красноватые либо по краю, либо почти по всей листовой пластинке. Длина листьев 6–7(15) см, ширина 4–8 см, контур листа от ромбического до широко ромбического, с ширококлиновидным основанием, которое постепенно сужается в черешок 4–6 см дл. По краю листья резко, часто неравномерно зубчатые с выступающими, преимущественно двоякозубчатыми долями у основания, неясно трехлопастные. Клубочки цветков в соцветии обычно скученные, зеленые или красноватые, диаметром 3–5 мм. Доли околоцветника сросшиеся на 1/3–1/2, широкояйцевидные, килеватые, по краю с широкой светлой каймой. Семена округлые, диаметром около 1,2–1,3 мм, килеватые, околоплодник с папиллами [3, 7, 8].

Типичные особи *Ch. probstii* относительно легко можно отличить от *Ch. album* по широко-ромбическим листьям. В условиях Беларуси растения зацветают не ранее середины сентября и обычно не успевают отплодоносить. Вследствие этого растения в коллекциях обычно представлены вегетативными побегами (рис. 1).

Родина *Ch. probstii* до сих пор достоверно неизвестна, но есть мнение, что вид происходит из Северной Америки [7]. В Центральной Европе этот вид появился изначально с масличными культурами (преимущественно с соевыми бобами), которые доставлялись из Северной Америки [8]. Также сообщается, что в Австрию и Германию он мог попасть как один из компонентов смеси семян для корма птиц из Южной Америки [8]. Известны случаи заноса диаспор растения с шерстью и хлопком [7, 8]. В Беларусь *Ch. probstii* мог также попасть как один из компонентов корма для птиц. В Европе вид известен в более чем 20 странах, а за пределами Европы обнаружен в качестве заносного растения в Австралии, Египте, Северной Корее [8].

В Беларуси вид встречается редко, отмечаются обычно отдельные особи или небольшие группы растений, нередко он не успевает зацвести до морозов, что приводит к исчезновению растений из известного местонахождения. Таким образом, вид в настоящее время можно отнести к категории эфемерофитов. Все образцы растений, собранные в Беларуси были определены А. Сухоуковым в 2022 г.

Известные местонахождения вида в Беларуси: впервые *Ch. probstii* у нас отмечена в окр. ж.д. ст. Орша, на ж.д. насыпи, Д. Третьяков, 24.07.1986. Затем найден в Минском р-не, д. Прилуки, территория Института защиты растений, грунтовые обнажения на месте снесенной 2 года назад теплицы, Д. Третьяков, 29.09.1981. Впоследствии найден на двух городских свалках мусора в Гомельской и Брестской областях: Ельский р-н, окр. д. Вишенки, 0,7 км к С, полигон ТБО, на кучах мусора, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, Т. Давидчик, 13.09.2022; Ивановский р-н, окр. д. Снитово, 1,2 км к ЮВ, полигон ТБО, на кучах мусора, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, 06.10.2022.

Первый занос вида в окр. ст. Орша связан, вероятно, с разгрузкой зерна на железнодорожных станциях (возможно, сои), как и в некоторых странах Центральной Европы [8]. В Минский район (территория Института защиты растений) мог попасть с посевным материалом других растений. Последующие находки вида на полигонах твердых бытовых отходов можно объяснить тем, что семена попали с остатками от смесей для кормления птиц, поскольку здесь же встречались *Panicum milliaceum* L., *Sorghum × drummondii* (Nees ex Steud.) Millsp. et Chase, т.е. растения, являющиеся постоянными составляющими подобных смесей. На других полигонах в 2022 г. обнаружена также чиа, или *Salvia hispanica* L. [9], которая также иногда входит в комплекс семян для кормления птиц.

Chenopodium virgatum Thunb. (*Ch. acuminatum* Willd. subsp. *virgatum* (Thunb.) Kitam.) – марь прутьевидная. Однолетние, сильно ветвистые в средней и верхней части растения высотой до 2 м. Стебли зеленые или желтовато-зеленые, с бо-



Рис. 1. Гербарный экземпляр *Chenopodium probstii*

Fig. 1. Herbarium specimen of *Chenopodium probstii*

лее темными зелеными, иногда розовыми продольными полосками. Листья зеленые, голые или с рассеянными пузыревидными волосками, цельнокрайние (нижние, реже средние листья могут быть с одним или несколькими, иногда крупными зубцами), ланцетные или узкопродолговатые, реже – овальные, явно длиннее своей ширины, длиной до 7 см и шириной до 1(1,5–2,5) см, на верхушке обычно с небольшим остроконечием, несколько напоминают листья у *Atriplex patula* L. Соцветие брактеозное (с брактей чаще до 1 см), длиной до 20 см (иногда больше), со скученно расположенными клубочками, вверху густое и почти безлистное. Плод мелкий, диаметром около 1 мм, с перикарпием, плотно прилегающим к семенной коже, от-

чего семена слабо отделяются от него; папиллы на перикарпии обычно слабозаметные. Семена килеватые. Относится к позднецветущим видам марей, которые завязывают плоды лишь в самом конце августа, а массовое плодоношение наблюдается осенью [3].

От *Ch. album* отличается следующей совокупностью признаков: высотой до 2 м, узкими, продолговатые или широколанцетными, цельнокрайними листьям и килеватыми семенами. Некоторое сходство наблюдается с *Ch. betaceum*, но растения всегда выше ростом, без выраженной красноватой подкраски на стеблях, листьях и частях соцветий, соцветия более длинные и тонкие, отдельные листья с крупными, но редкими лопастями или зубцами (рис. 2).



Рис. 2. Гербарный экземпляр *Chenopodium virgatum*

Fig. 2. Herbarium specimen of *Chenopodium virgatum*

Он описан из Японии и распространен на Дальнем Востоке России, в Японии, восточной части Китая, как заносное растение отмечен в Сибири, Центральной и Восточной Европе (Карелия, Курская и Московская области России) [3].

Иногда рассматривается в качестве подвида или разновидности *Ch. album* [6], но чаще в качестве подвида *Ch. acuminatum* Willd. Тем не менее, анализ фотографии типового материала (UPS) показывает, что вид едва ли может быть отнесён к *Ch. acuminatum* по морфологическим и хорологическим особенностям (Сухоруков, неопубл.).

Известные местонахождения вида в Беларуси: Кореличский р-н, п. Мир, у замка, сорные места, Г. Вынаев, Н. Козловская, 30.07.1969; Минский

р-н, окр. г. Минска, 1 км к Ю, на городской свалке мусора, Д. Третьяков, 29.08.1987; там же, окр. д. Сосны, 3,2 км к СЗ, городской полигон ТБО, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, 29.08.2017; Оршанский р-н, г. Орша, вблизи ж.д. станции Орша-Западная, места мойки вагонов, у стены высокой платформы, Д. Третьяков, 17.09.1986; Чериковский р-н, д. Веприн, по заброшенному зарастающему огороду, часто, Д. Дубовик, 21.08.1994; Бобруйский р-н, окр. д. Бабино 1-ое, 1,2 км к В, по городской свалке мусора, Д. Дубовик, 29.07.1999; Верхнедвинский р-н, окр. д. Садковщина, по ж.д. насыпи у деревни, Д. Дубовик, 19.08.2003; Гродненский р-н, г. Гродно, микрорайон Девятровка, ул. Тавлая, д. 58, сорная расти-

тельность у трансформатора, И. Запасник, 01.09.2016; Ельский р-н, окр. д. Вишенки, 0,7 км к С, полигон ТБО, на кучах мусора, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, Т. Давидчик, 13.09.2022.

Вид отмечен в Беларуси с 1969 г. и регистрируется как по железнодорожным насыпям, свалкам мусора, так и по сорным местам в населенных пунктах. Чаще отмечается на полигонах твердых бытовых отходов. Пути проникновения вида в Беларусь могут быть разнообразными – от случай-

ных заносов с перевозимыми грузами (вероятно зерном), так и, возможно, с кормами для животных с остатками от которых он попадает на свалки мусора. На свалках мусора растения выделяются своей высотой, которая часто превышает 2 м. В настоящее время *Ch. virgatum* можно отнести к эфемерофитам, однако наблюдения в Центральной России показывают, что вид в последние годы довольно часто встречается в городах и является, по-видимому, натурализовавшимся таксоном.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе критической обработки гербарных материалов, хранящихся в фондах Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, мы смогли идентифицировать новые для флоры Беларуси адвентивные виды из рода *Chenopodium* – *Ch. probstii* и *Ch. virgatum*, обнаруженные

в разных административных районах Беларуси. Эти таксоны в настоящее время можно отнести к категории эфемерофитов, однако в дальнейшем прогнозируется их более широкое распространение, особенно по свалкам, где они регистрируются чаще всего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fuentes-Bazan, S. A novel phylogeny-based generic classification for *Chenopodium* sensu lato, and a tribal rearrangement of *Chenopodioideae* (*Chenopodiaceae*) / S. Fuentes-Bazan, P. Uotila, T. Borsch // Willdenowia. – 2012. – V. 42 (1). – P. 5–24. doi.org/10.3372/wi.42.42101
2. Phylogeny, biogeography and systematics of *Dysphanieae* (*Amaranthaceae*) / P. Uotila // Taxon. – 2021. – V. 70(3). – P. 526–551. doi.org/10.1002/tax.12458
3. Сухоруков, А. П. Карпология семейства *Chenopodiaceae* в связи с проблемами филогении, систематики и диагностики его представителей / А. П. Сухоруков. - Тула: Гриф и К.; 2014. – 400 с.
4. Zonneveld, B. J. M. The DNA weights per nucleus (genome size) of more than 2350 species of the Flora of The Netherlands, of which 1370 are new to science, including the pattern of their DNA peaks / B. J. M. Zonneveld // Forum Geobotanicum. – 2019. – V. 8. – P. 24–78.
5. Гербарное дело: Справочное руководство. Русское издание / под ред. Д. В. Гельмана. – Кью: Королевский ботанический сад, 1995. – 341 с.
6. Tropicos.org, Missouri Botanical Garden [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.tropicos.org>. – Date of access: 18.10.2023.
7. Uotila, P. The *Chenopodium* species in Finland, their occurrence and means of immigration / P. Uotila, J. Suominen, // Ann. Bot. Fenn. – 1976. – V. 13. – P. 1–25.
8. Dostálek, J. *Chenopodium probstii* and *Chenopodium missouriense*: two North American plant species in the Czech Republic, Slovak Republic and neighbouring countries / J. Dostálek, V. Jehlík // Feddes Repertorium. – 2004. – V. 115, № 5–6. – P. 483–503.
9. Новые материалы к распространению некоторых редких и охраняемых видов сосудистых растений Беларуси Д. В. Дубовик [и др.] // Ботаника (Исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 51. – С. 249–257.

Поступила в редакцию 14.03.2024 г.

УДК 58:903/904:902.67(476.4)

М. И. ЛОШЕНКОВ

ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ С ПАМЯТНИКОВ АРХЕОЛОГИИ МОГИЛЁВСКОЙ ОБЛАСТИ БЕЛАРУСИ

*Центральная научная библиотека имени Якуба Коласа НАН Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: loshenkov_mihail@mail.ru*

Аннотация. Статья впервые представляет ископаемые ботанические материалы с 14-ти памятников археологии Могилёвской области. По содержанию все находки разделены на три группы. Первая – обугленное зерно выращиваемых злаковых и других культур, семена трав. Вторую группу составляют отпечатки и включения зерен и семян растений (по пустотам) в лепной посуде. Третья – остатки всех видов собирательства (орехов, ягод). Все материалы флоры рассматриваются в хронологической последовательности с рубежа III–II тысячелетий до н. э. по XIII в.

Ключевые слова: археоботаника, памятники археологии, обугленное зерно, минерализованные плоды, включения и отпечатки зёрен и семян растений в глиняных изделиях.

M. I. LOSHENKOV

PALEOBOTANIC MATERIALS FROM ARCHAEOLOGICAL SITES OF MOGILEV REGION OF BELARUS

*Yakub Kolas Central Scientific Library of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: loshenkov_mihail@mail.ru*

Annotation. The article presents excavation botanical materials from 14 archaeological sites of the Mogilev region. The author divided the findings of botany into three groups according to their content. The first group is charred grains of cultivated cereals and other crops with grass seeds. The second group consists of prints and inclusions of grains and seeds of plants (through the voids) in molded dishes. The third group is the remains of all types of gathering (nuts, berries, etc.). All the flora materials is considered in chronological order from the turn of the III–II millennia BC to the XIII century.

Keywords: archeobotany, archaeological sites, charred grain, mineralized fruits, inclusions and imprints of grains and seeds of plants in clay products.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Могилёвской области в рамках её современной границы насчитывается, по разным сведениям, около 2,5 тысяч археологических памятников [1, с. 94–105; 2, с. 133–143; 3, с. 208–237; 4, с. 386–426; 5; 6, с. 144–150]. С 1991 по 2004 гг. В. Ф. Копытин опубликовал новые

данные о количестве памятников археологии в 18 районах области из 21 [7, с. 36]. На ряде древних поселений и могильников раскопки осуществлены уже во второй половине XIX в. В советское время изыскания на них провели 32 археолога¹.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Самые ранние известные нам археоботанические материалы выявлены на двух стоянках каменного века и бронзового: Старая Каменка и Большие Бортники. По времени они относятся к финальному неолиту и бронзовому веку (*вторая половина III тыс. до н. э. – VIII в. до н. э.*).

Стоянка *Старая Каменка* локализована в восточной части области, на левом берегу реки Сож, около эпонимной деревни в Славгородском районе (рис. 1: 1). Стоянка открыта К. М. Поликарповичем в 1927 г. [8, с. 401, 402, 405, табл. 33:24]. В 1962 и 1969 гг. её изучал И. И. Артё-

¹ Алексеев Л. В., Артёменко И. И., Бектинеев Ш. И., Драгун Ю. И., Дубинский С. А., Дубицкая Н. Н., Дучыц Л. В., Егорейченко А. А., Езепенко И. Н., Загорюльский Э. М., Ильютин А. В., Колосов А. В., Копытин В. Ф., Коробушкина Т. Н., Кривальцевич Н. Н., Ксензов В. П., Левко О. Н., Лошенко М. И., Лысенко П. Ф., Лявданский А. Н., Марзалюк И. А., Метельский А. А., Поболь Л. Д., Подгурский П. Н., Поликарпович К. М., Риер Я. Г., Седин А. А., Тарасенко В. Р., Ткачёв М. А., Трусов О. А., Шадыро В. И., Штыхов Г. В. (представлены по алфавиту).

менко [9, с. 229; 10, с. 61]. В Институте истории НАН хранятся небольшие коллекции из полевых работ за 1962 и 1969 гг. Это – кремнёвый инвентарь и обломки лепной посуды. Среди последних есть развал (68 ед.) неолитического горшка. Визуальный осмотр их позволил А. А. Разлуцкой обнаружить на внутренней поверхности стенки отпечаток выгоревшего зерна, размерами 5 x 2,4 мм. Д. И. Третьяков установил в Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси, что это зерновка от включения пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.) [11, с. 167, табл. 31, с. 322, прил. 1]. По мнению археологов, этот лепной сосуд можно датировать концом III – началом II тыс. до н. э. [10, с. 61].

Стоянка *Большие Бортники* находится на юго-западе области в Бобруйском районе (рис. 1: 2). Поселение расположено в пойме левого берега реки Ола (100 км). В 2001–2003, 2006, 2008 гг. его раскапывала А. А. Разлуцкая (195 м²) [12, с. 273–284]. Во влажной среде берегового торфяника хорошо сохранились органические материалы: 10

видов древесных, шишки и лесные орехи (*Corylus avellana* L.). По одному ореху обнаружено в 2006 и 2008 гг. Один – удлинённой формы, размерами 17,5 x 11 x 9 мм, найден на глубине 0,5 м (кв. 150). Автор раскопок опубликовала его как жёлудь [12, с. 281]. Другой орех, округлый, находился в слое 0,6–0,8 м (кв. 172). У него сверху есть отверстие 0,6 см, через которое видно минерализованное ядро шаровидной формы [11, с. 156]. Такие находки флоры указывают на занятия жителей стоянки собирательством на рубеже III – II тыс. до н. э. Эту информацию дополним ещё одним плодом – косточкой терносливы (*Prunus spinosa* L.) [11, с. 155–156, табл. 26]. Единичные факты не позволяют судить о масштабах сборов даров природы. На этом памятнике имеются ещё включения семян трав в лепной посуде. Такой факт выявила А. А. Разлуцкая в одной стенке от неолитического сосуда. На её внутренней поверхности есть ямочка шаровидной формы диаметром 1,1 мм. Это включение сорняка, вид которого не установлен [11, с. 170, табл. 31, с. 321, прил. 1].

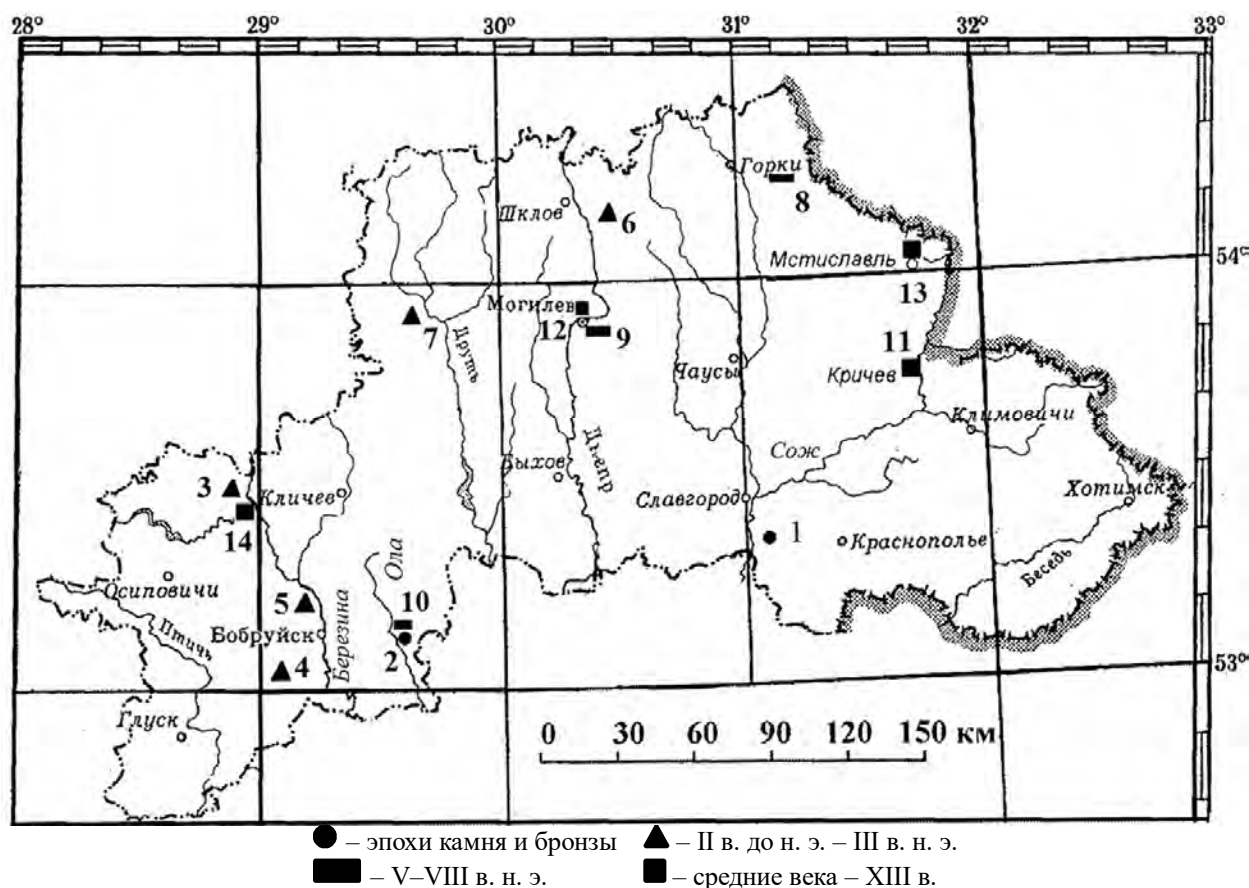


Рис. 1. Археоботанические находки на памятниках археологии Могилёвской области:

1 – Старая Камнека, 2 – Большие Бортники, 3 – Палицкое, 4 – Петровичи, 5 – Щатково, 6 – Кривель, 7 – Эсьмоны, 8 – Никодимово, 9 – Пелагеевка, 10 – Михалёво, 11 – Кричев, 12 – Могилёв, 13 – Мстиславль, 14 – Свислочь

Fig. 1. Archeobotanical finds of the sites of archeology of the Mogilev region:

1 – Staraya Kamneka, 2 – Bolshye Bortniki, 3 – Palitskoye, 4 – Petrovichi, 5 – Shchatkovo, 6 – Esmon, 7 – Krivel, 8 – Nikodimovo, 9 – Pelageevka, 10 – Mikhalevo, 11 – Krichev, 12 – Mogilev, 13 – Mstislavl, 14 – Svisloch

Таким образом, в пределах Могилёвской области на ранних памятниках неолита и бронзы обнаружены включения зерна пшеницы (Старая Каменка) и семя сорного растения (Большие Бортники). На последнем имеются остатки собирательства – лесные орехи и косточка дикой сливы. Плоды деревьев могли быть собраны и в бронзовом веке.

Ранний железный век (II в. до н. э. – III в. н. э.) – следующий период первобытности, в котором выявлены находки ботаники. Они есть на городищах племён штрихованной керамики – Палицкое, Петровичи, Щатково и днепро-двинской культуры – Кривель, Эсьмоны. Три посёлка «штриховиков» находятся на западе области: на правом берегу Березины.

Городище *Палицкое* – локализовано в 1926 г. на северо-востоке Осиповичского района (рис. 1: 3), в пойме Березины на останце [13, с. 115–116, мал. 4]. В 1970 г. его раскапывал Э. М. Загорульский (48 м²), а затем М. И. Лошенко (200 м²) в 1995 – 1997 гг. [14, с. 125–126], которым собрано в раскопах за три сезона 3760 ед. керамики. При осмотре обломков лепной посуды он выявил на 18 фрагментах следы искусственных органических добавок в виде ямочек-пустот от выгоревших зёрен растений [14, с. 132]. Д. И. Третьяков установил, что 10 из них – просо (*Panicum miliaceum* L.), 7 – включения пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и 1 сорняк – семя щетинника сизого (*Setaria pumila* (Poir) Roem. et Schult.) [11, табл. 39, 40, с. 288–289, прил. 1]. Мастера-керамисты посёлка намеренно подсыпали в глиняную массу органические примеси – зерно проса и пшеницы. По археологическим находкам Палицкое городище датировано концом II в. до н. э. – I в. н. э. [14, с. 135, 138]. К этому времени относятся ботанические находки.

Городище *Петровичи* – поселение в 1,3 км восточнее одноимённой деревни, в урочище Городок, на юго-западе Бобруйского района (рис. 1: 4). Памятник находится в пойменном массиве верхнего течения речушки Брожа (28 км). Он известен с 1924 г. по «Опросным листам» Бобруйского повета. Раскопки на нём провёл М. И. Лошенко в 1987, 1988, 1990–1993 гг. За шесть лет изучено 1200 м² [15, с. 122–124]. В слое поселения выявлено 40012 ед. лепной посуды. По артефактам время функционирования городища – конец II в. до н. э. – I в. н. э. В коллекциях керамики за три года (1987, 1992, 1993 гг.) в количестве 8582 ед. (21,4% от всей) исследователь выбрал 61 фрагмент, в которых Д. И. Третьяков зафиксировал 70 отпечатков зерновок. По ним он идентифицировал следующие виды посевных культур: просо (*Panicum miliaceum* L.) – 55 ед., пшеницу

(*Triticum aestivum* L.) – 9 ед., ячмень (*Hordeum vulgare* L.) – 2 ед., бобы (*Vicia faba* L.) – 2 ед., злак – 1 ед. (вид не установлен) и 1 сорняк – марь белая (*Chenopodium album* L.) [11, с. 289–291, прил. 1]. В слое посёлка имеются находки флоры не только второй, но и третьей группы. По содержанию они разные. Их определение выполнила палеокарполог Э. А. Крутоус в Институте геохимии и геофизики АН БССР. Семенные дольки и кожура дуба (*Quercus robur* L.) обнаружены в 1988 и 1990 гг. Орешки и семена граба обыкновенного (*Carpinus betulus* L.) – в раскопах 1991 и 1992 гг. Обугленная скорлупа орехов лесных (*Corylus avellana* L.) встречалась в 1993 г., как и косточки малины (*Rubus idaeus* L.) [11, с. 177, 190, рис. 55: 9].

Щатково – городище на коренном берегу Березины, в урочище Городок, что в 1 км севернее деревни (рис. 1: 5). Его осматривал А. Н. Лявданский в 1931 г. Изыскания провели три археолога: Е. Г. Красковская, Л. Д. Поболь, А. В. Ильютик [16, с. 433]. По вещевому комплексу исследователи датировали его последней четвертью I тыс. до н. э. – I в. н. э. Мы работали с керамикой А. В. Ильютик (2005 г.). Из общего количества 929 фрагментов выбрали три (две стенки и плечико) с органическими примесями и ещё два пряслица. Если обломки горшков содержат по одному включению, то пряслица больше – одно с тремя зерновками, а другое – с шестью. Д. И. Третьяков констатировал во всех случаях одну культуру – просо (*Panicum miliaceum* L.) [11, табл. 39, 40, с. 319–320, прил. 1].

Два городища днепро-двинских племён с ботаническими материалами находятся в северной части Могилёвской области: Кривель в Шкловском, а Эсьмоны в Бельничском районах.

Городище *Кривель* локализовано на левом берегу Днепра, в 0,3 км северо-западнее деревни, в урочище Барсучья горка (рис. 1: 6). Его открыл В. Р. Тарасенко в 1936 г. [17, с. 129–133, рис. 5–7]. В 1996–1998 гг. раскопки провёл П. Н. Подгурский – 360 м². В тезисах он написал, что о занятии населения земледелием говорят железный серп и отпечатки зёрен на керамике [18, с. 75]. По артефактам исследователь установил время посёлка с рубежа эр до IV в. н. э.

Коллекция состоит из 8960 обломков лепной посуды. Из материалов раскопок за 1997 и 1998 гг. (5634 ед.) П. Н. Подгурский выбрал 77 фрагментов, которые содержали добавки искусственных органических примесей. Д. И. Третьяков идентифицировал в образцах выборки 87 включений зёрен и одно семя горошка (*Vicia sp.*). Среди культурных видов просо (*Panicum miliaceum* L.) (67 ед.), пшеница (*Triticum aestivum* L.) (11 ед.), ячмень (*Hordeum vulgare* L.) (4 ед.), бобы

(*Vicia faba* L.) (4 ед.) [18, с. 76–77, табл.; 11, с. 114–115, 205–206, табл. 41]. По включениям зёрен культурных видов мы фиксируем состав посевов: просо (77%), пшеница (12,7%), ячмень (4,6%), бобы (4,6%) и горошек (1,1%) [11, прил. 1, с. 264–268].

Городище *Эсьмоны*. Древний посёлок расположен в 1,7 км южнее эпонимной деревни (рис. 1: 7) на левом берегу речушки Ослик (66 км) – правом притоке реки Дзурь (295 км). Городище сооружено на высоком береговом выступе. Несмотря на мощные защитные сооружения на площадке слой толщиной 0,1 – 0,3 м. Памятник открыл Н. П. Авенариус в 1889 г. В 1992 г. раскопки провёл автор. Тремя раскопами исследовано 140 м² [19, с. 90–91]. В процессе работ выявлено 715 обломков лепной посуды населения днепродвинской общности [19, с. 94–97, рис. 3–5]. Д. И. Третьяков установил, что только два фрагмента содержат включения зёрен культурных злаков. Одна зерновка от ячменя (*Hordeum vulgare* L.) находилась на внешней поверхности стенки [11, с. 116], другая – пшеницы (*Triticum aestivum* L.) – была в толще обломка. Она выявилась при продольном расслоении [11, с. 116, 206, табл. 41, с. 320, прил. 1]. Городище *Эсьмоны* М. И. Лошенко датировал первой третью I тыс. н. э.

Рассмотренные ископаемые ботанические материалы с городищ *Кривель* и *Эсьмоны* являются качественными документальными источниками по выращиванию населением днепродвинских племён бобов и трёх видов злаковых.

Благодаря искусственным органическим примесям в лепной посуде на пяти городищах Могилёвской области периода с конца II в. до н. э. по III в. н. э. исследователями выявлены ботанические находки второй группы. В Петровичах имеются ещё остатки собирательства.

Третья четверть I тысячелетия н. э. (V – VIII вв.) – финальный этап первобытного времени. Коллекции ботаники есть с укрепленных поселений: *Никодимово*, *Михалёво*, *Пелагеевка*. По содержанию они первой, второй и третьей групп. В предыдущее время мы касались материалов преимущественно второй группы.

Никодимово – посёлок возле деревни в Горечком районе (рис. 1: 8). Раскопки на нём провёл сотрудник Могилёвского областного краеведческого музея А. А. Седин. За десять полевых сезонов (1986 – 1992, 1995, 2003, 2004 гг.), он вскрыл 1106 м² [11, с. 87, рис. 32, 33]. В двух раскопах 1988 и 1992 гг. исследователь собрал коллекции горелого зерна. Два образца 1988 г. обработаны в Москве Н. А. Кирьяновой в лаборатории естественнонаучных методов Института археологии АН СССР. Первый содержал 607 ед. зерна, а вто-

рой – 1608 единиц. Определено 2215 зёрен злаковых и бобовых культур [20, с. 116, табл. 1]. Н. А. Кирьянова установила, что в числе их имеются ячмень (*Hordeum vulgare* L.) – 272 ед., просо (*Panicum miliaceum* L.) – 235 ед., пшеница (*Triticum aestivum* L.) – 37 ед., горох (*Pisum sativum* L.) – 50 ед., бобы (*Vicia faba* L.) – 12 ед. и семена сорных трав [21, с. 72, табл. 2:11; с. 113, прил. 1: 11]. Среди последних – подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), горцы вьюнковый (*Polygonum convolvulus* L.), шероховатый (*Polygonum scabrum* Moench), почечуйный (*Polygonum persicaria* L.) и смолёвка (*Silene* L.) [20, с. 116, табл. 1].

В раскопе 1992 г. А. А. Седин собрал третью коллекцию сожженного зерна [11, с. 116–117]. Д. И. Третьяков обработал 4550 ед., (4498 целых и 52 обломка). Большую часть определимых – 4260 ед. (94,7%) представляло зерно культивируемых видов и 238 ед. (5,3%) – семена сорняков. Автор раскопок опубликовал данные определений в середине 1990-х гг. [11, с. 212–213, табл. 45, 47]. В коллекциях доминируют злаковые культуры (табл.). Они составляют 96,1% от всего определимого материала. На горох и бобы приходится 3,6%. Также имеются зёрна овса (*Avena sativa* L.) – 13 ед., конопли (*Cannabis sativa* L.) – 4 ед., ржи (*Secale cereal* L.) – 3 ед. Овёс и рожь могли быть сорняками посевов ячменя и пшеницы. В третьем образце есть семена трав, которые в образцах 1 и 2 отсутствовали. Здесь обнаружены подмаренник – 165 ед., марь белая – 35 ед., дрёма белая (*Melandrium album* (Mill.) Garcke) – 2 ед., пикульник (*Galeopsis* L.) – 21 ед., горец вьюнковый – 8 ед., горец шероховатый – 1 ед., горец почечуйный – 1 ед., куколь (*Agrostemma githago* L.) – 1 ед. и лютик (*Ranunculus* sp.) – 1 ед., смолёвки [20, табл. 1]. Сорняки составили только 0,3% всей коллекции. Этот показатель говорит о малой засорённости зернового материала у жителей городища.

Пелагеевка. Памятник находится в центральной части г. Могилёва (рис. 1: 9), в урочище (Змеёвка) *Пелагеевка*. Он расположен в нижнем течении речушки Дзурь (18 км) – правом притоке Днепра – на высоком правом берегу в 2,5 км от устья. Его впервые шурфовал Е. Р. Романов в 1905 г. [22, с. 3]. В 1973 г. Я. Г. Риер разработал два раскопа – 22 м², а в 2008 г. И. А. Марзалюк вскрыл ещё 52 м², траншеей и раскоп [23, с. 5, рис. 1, 3, с. 13–17]. По итогам раскопок археологами установлено время городища V–VII вв. н. э. Исследователи считают, что здесь проживало славянское население колочинской культуры [23, с. 20–30]. Ископаемые ботанические находки обнаружены в раскопе 2008 г. Они находились в трёх

квадратах (1, 4, 7) шестого раскопного пласта и в двух материковых ямах [11, с. 128–129, табл. 24]. И. А. Марзалюк передал в 2009 г. «...абугленые зёрна...» на определение в лабораторию флоры и систематики растений ИЭБ НАН Беларуси. Согласно заключению Д. И. Третьякова, это – плоды рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) – в количестве 27 единиц [11, табл. 24]. Они чёрного цвета и хорошо сохранились. На этом городище впервые в Беларуси выявлены минерализованные плоды рябины в третьей четверти I тыс. н. э.

Михалёво. Городище находится на юго-западном краю деревни Михалёво Второе в Бобруйском районе (рис. 1: 10). Его открыл Л. Д. Поболь в 1964 г. [24, с. 83]. В 1996–1998 гг. раскопки осуществил М. И. Лошенко (260 м²). Совокупность данных раскопок позволила выделить на памятнике три слоя отложений. Нижний – горизонт позднего неолита и ранней бронзы; средний – третьей четверти I тыс. н. э.; верхний – летописных славян-дреговичей (X–XII вв.) [24, с. 93]. Эти древние поселения функционировали на левом возвышенном береговом выступе речки Ола (100 км). В толще слоя есть находки первой и второй ботанических групп. Материалы второй группы соответствуют древностям третьей четверти I тыс. н. э. Включения и отпечатки культурных зёрен зафиксированы в обломках лепных сосудов [11, с. 216–217, рис. 44Б, 66]. Их идентифицировали Д. И. Третьяков и Т. В. Якубовская. Они установили наличие проса (10 ед.), пшеницы (8 ед.), ячменя (1 ед.), гороха (1 ед.) и ранее неизвестные – гречиху (*Fagopyrum esculentum*) (1 ед.), чечевицу (*Lens culinaris* L.) (2 ед.) [11, с. 119–120, 217, табл. 46, рис. 44Б, 66, с. 283–284, прил. 1].

В 1998 г. при раскопках выявлены обугленные зёрна растений. Они обнаружены только в 62-м квадрате [11, рис. 44Б]. Сожжённые зёрна находились на глубине 0,35–0,38 м и встречались по одному. Поэтому слой с квадрата был просеян через кухонное сито. Таким способом выбрано 123 ед. находок. В их числе целых 73 ед. и 49 половинок. Определение выполнил Д. И. Третьяков. Установлено, что в сборах 123 единицы зёрен культурных видов и семя сорняка – мари белой [11, с. 333, прил. 2: М]. Среди определяемых три злаковых – рожь, ячмень, пшеница, из бобовых – чечевица (*Lens culinaris* L.), из волокнисто-масличных – конопля (*Cannabis sativa* L.). У девяти семян трав (17,2%) видовая принадлежность не установлена.

Эту коллекцию 1998 г. мы отнесли к древностям дреговичей XI в. с сомнениями [11, с. 232–233, табл. 48, 51, рис. 70]. Их допустимо относить и к третьей четверти I тыс. н. э.

Касаясь археоботанических коллекций с трёх памятников третьей четверти I тыс. н. э. отметим, что они находятся на северо-востоке (Никодимово), в центре (Пелагеевка) и на юго-западе области (Михалёво). Среди ископаемых материалов ботаники есть находки первой, второй и третьей групп. Остатки собирательства – минерализованные ягоды рябины – уникальный факт. Посевные культуры с Михалёва и Никодимова свидетельствуют о выращивании злаковых (проса, пшеницы, ячменя) и бобовых (гороха, бобов, чечевицы). Культура чечевицы могла быть не повсеместной, как и конопля. Редкие зёрна овса и ржи являлись, вероятно, засорителями пшениц и ячменей.

Начало II тысячелетия н. э. (преимущественно XIII в.). В раннегосударственное время мы

Таблица. Посевные культуры с памятников археологии Могилёвской области

Table. Crops from archaeological sites of the Mogilev region

Памятники	просо	пшеница	ячмень	рожь	овёс	бобы	горох	чечевица	гречиха	конопля
Старая Каменка	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Большие Бортники	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Палицкое	10	7	-	-	-	-	-	-	-	-
Петровичи*	55	9	2	-	-	2	-	-	-	-
Щатково	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кривель	67	11	4	-	-	4	-	-	-	-
Эсьмоны	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Никодимово	1066	238	4874	3	13	29	203	-	-	4
Пелагеевка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Михалёво**	10	10	4	80	-	-	1	16	1	1
Кричев	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-
Могилёв	-	-	-	-	-	15	11	-	-	-
Мстиславль	+	2994	5234	32417	3216	758	-	40	-	+
Свислочь	-	187	204	11055	-	-	-	-	-	-

* 1 злак, вид не установлен
 ** Общие данные по первой и второй группам

фиксируем сожжённое зерно уже в городах: Кричев, Могилёв, Мстиславль, Свислочь. На востоке Могилёвской области – Кричев и Мстиславль – локализованы на правом берегу реки Сож. В центральной её части, на Днепре – Могилёв. На северо-западе, в месте впадения реки Свислочь в Березину, Свислочь.

Кричев. Дитинец летописного Кричева рассказывал М. А. Ткачёв в 1973–1976 гг. (рис. 1: 11). За четыре сезона он вскрыл 445 м². В содержании культурного слоя города сожженное зерно зафиксировано в раскопах 1973, 1974 и 1976 гг. [25, с. 383; 26, д. 470, 1032]. О первых находках информация опубликована в открытиях 1973 г. В заметке сказано, что в сгоревшем в доме (XIII в.), в яме под полом, обнаружены «...остатки глиняных сосудов со сгоревшими зёрнами ржи и...» [25, с. 383]. В отчёте за 1974 г. написано «При расчистке одного из очагов найдены зёрна ржи. Отметим также находку косточки вишни.» [26, д. 470]. Как видим, материал представлен произвольно. Нет данных по стратиграфии и хронологии, вызывает сомнение оценка автором раскопок обугленного зерна только рожью (?). Судьба коллекции 1976 г. – более удачна. Её определение выполнено агрономом-методистом Республиканской государственной инспекции А. И. Иньковой [27, с. 80, 113]. Ассортимент её составляют семь культур: рожь, пшеница, ячмень, просо, овёс, гречиха и горох [27, с. 95, табл. 5]. Третья коллекция выявлена в слое над материком, который исследователь датировал XII в. Н. А. Кирьянова касалась этих материалов в своих исследованиях два раза. В 1979 г. и 1992 г. она соотнесла обугленное зерно Кричева с таковым в городах Древней Руси XI–XV вв. [21, табл. 1:38, 3:38, рис. 1–5 (38)].

Могилёв. Изучением исторического центра города (рис. 1: 12), с 1970-х гг. по 2010-е гг. занимались семь археологов [28, с. 10–11]. Только в 2006 г., в северной части замчища Могилёва, И. А. Марзалюк обнаружил ботанические материалы. Они зафиксированы в раскопе № 7 – 24 м² [29, с. 133]. Содержимое артефактов позволило исследователю датировать комплекс ямы концом XII – первой половиной XIII вв. В отчёте записано «Пры разборцы ямы былі знойдзены перапаленае зерне гароха, лістота (шчаўе (?))...» [11, с. 130]. Определение этих находок выполнил Д. И. Третьяков [11, с. 333, прил. 2:Н]. В научный оборот информация введена автором раскопок. В статье он констатирует, что в яме АVI найдены «...перапаленае зерне гароха, бабоў, рэшткі стручкоў...» этих культур [29, с. 134].

Мстиславль. Городище Замковая гора – дитинец летописного города – расположено на высо-

ком правом берегу реки Вихра – правобережном притоке реки Сож (рис. 1: 13). Его обследовал Е. Р. Романов в 1893 г. Раскопки проводил Л. В. Алексеев 15 лет с перерывами (с 1959 по 1989 гг.) [30, с. 213–241]. В отложениях города он выявил следы трёх пожаров: в конце XII в., в начале XIV в. и в его середине – 1359 г. [30, с. 216]. Первый пожар отмечен в нижнем слое над материком. Второй произошел между 1296 и 1307 гг. в строительном ярусе Д. Третий – в ярусе Б [30, с. 217, 221–222, 224–226]. Именно в третьем пожаре «В раскопе II на этом уровне в семи местах обнаружено обгорелое зерно.» [30, с. 226]. Л. В. Алексеев взял его на определение в прослойке пожара. В лаборатории естественнонаучных методов Института археологии АН СССР А. В. Кирьянов выполнил его идентификацию. Он установил пять злаковых культур: рожь, пшеницу, ячмень, овёс и (просо без кол-ва); два вида бобовых – чечевицу и бобы, а из маслично-волокнистых – коноплю (без кол-ва), общим числом 44659 единиц зёрен [11, с. 334, прил. 2:О]. Исследователь отметил более девяти разновидностей семян сорных растений в 11 образцах из 14. Всего их учтено 2311 единиц [21, с. 152, прил. 2: № 364–377]. Вся коллекция, определённая А. В. Кирьяновым, происходит из пожара 1359 г. По этому зерну есть данные в книге Н. А. Кирьяновой «Сельскохозяйственные культуры и системы земледелия в лесной зоне Руси XI–XV вв.» [21, табл. 1: 39, табл. 6: 39, с. 127, прил. 1: 39].

Свислочь – городище раннего железного века (племён штрихованной керамики), эпохи Киевской Руси (славян-дреговичей) и позднего Средневековья (замок) находится в Осиповичском районе на правом берегу Березины, левее устья Свислочи (рис. 1: 14). Памятник зафиксирован археологами в 1926 г. [31, с. 112–114]. В 1962, 1969 и 1971 гг. его изучал Э. М. Загорюльский [11, с. 78–81, табл. 12, 13, рис. 29А]. После перерыва в 29 лет исследования провели А. В. Ильюттик (2000 г.) и В. И. Кошман (2005, 2006 гг.) [32, с. 110–129]. Ботанические находки, обугленное зерно, Э. М. Загорюльский взял в трёх раскопах [11, с. 79–80, табл. 12, 13]. В. И. Кошман нашёл четвертую коллекцию в 2006 г. [33, с. 79; 11, с. 130, рис. 29Б]. Она находилась в подпольной яме сгоревшего жилища в середине XIII в. Зерно взято с ямы весом 13,5 кг. Две коллекции с раскопов II (1962 г.) и IV (1971 г.) определила в 2019 г. палеокарполог Т. В. Якубовская [11, с. 80–81, 337, прил. 2: С, Т]. Коллекцию В. И. Кошмана обрабатывал Д. И. Третьяков. Он отметил, что в небольшой её части доминирует ячмень, есть немного ржи, проса, а также семена сорных трав [33, с. 79–80; 11, с. 130].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Бионаходки *первой* группы на памятниках археологии Могилёвской области известны на шести поселениях второй половины I тыс. н. э. и средневекового времени. Они есть на укрепленных посёлках третьей четверти I тыс. н. э. (Михалёво, Никодимово) и в городах Кричев, Могилёв, Мстиславль, Свислочь. Зерно сожжённое – результат трагических событий. По морфологическим признакам и размерам обугленных зёрен с пожаров биологи установили виды посевных культур, а по семенам трав – виды сорняков. Только по идентифицированным зёрнам установлен ассортимент маслично-волоконистой культуры – конопля, злаковых и бобовых (см. табл.).

В городах средневекового времени данные по Кричеву без статистики: овёс, ячмень, пшеница, просо, рожь, горох, гречиха. По Могилёву есть сведения лишь по бобовым (см. табл.). Представительные коллекции Мстиславля и Свислочи показывают, что в XIII в. среди злаковых значительно преобладала рожь над пшеницей и ячменем (см. табл.).

Зерно – конечный продукт земледелия. Оно свидетельствует о посевных культурах в конкретной местности в определённое время. Мы же касались какой-то части урожая. Она хранилась в жилищах и «дошла» до нас в смешанном состоянии. Данные статистики по культурам с одной стороны указывают на тенденцию в посевах, а с другой, их небольшое количество – результат не широкого распространения вида (чечевицы, гречихи).

Материалы ботаники *второй* группы более раннего времени (с конца II в. до н. э. по III в. н. э.) и представлены опосредованно – включениями и отпечатками зерна в глиняных предметах. Они выявлены на пяти городищах раннего железного века и одной стоянке неолита – Старая Каменка (рубежа III – II тыс. до н. э.). На этом памятнике далёкого прошлого найдена самая ранняя зерновка от мягкой пшеницы в пределах Могилёвской области. Включение зерна в горшке каменного века позволяет говорить о зарождении земледелия в регионе восточной части Беларуси на уровне несколько выше 53° с. ш. между 28°–

33° в. д. На рубеже эр уже больше данных о земледельческих культурах автохтонов: просо, пшеница, ячмень, бобы – 185 включений и отпечатков (см. табл.). Шире в это время и география распространения посевов злаковых. Бобы выявлены пока на двух памятниках – Кривель, Петровичи. Среди органических примесей в лепной посуде больше всего проса (144 ед.), затем пшеницы (28 ед.) и мало ячменя (7 ед.) (см. табл.).

Далее заметим, что находки второй группы есть ещё на городище Михалёво в среднем слое третьей четверти I тыс. н. э. [11, 119–120, 217, табл. 46, рис. 44Б, 66, с. 283–284, прил. 1]. На этом памятнике их обнаружено 23 ед., среди которых впервые зафиксированы три новых вида (для Могилевской обл.) – горох, чечевица и гречиха [11, рис. 66]. В конце I тыс. н. э. мы говорим уже о сложившемся ассортименте в посевах злаковых – проса, ячменя, пшеницы. Судя по макроостаткам и включениям, в меньшей мере высевали горох и бобы. Отмечаются единичные находки конопля, чечевицы и отсутствие льна.

Остатки продуктов собирательства – *третьей* группы выявлены на трёх памятниках первобытного времени. Целые плоды и скорлупа орехов (*Corylus avellana* L.) взята с поселений Большие Бортники (2 экз.) и Петровичи (обугленная скорлупа). В первом случае это время рубежа III – II тыс. до н. э., а во втором – II в. до н. э. – I в. н. э. Косточка терносливы (*Prunus spinosa* L.) с торфяниковой стоянки около Бортников – самая ранняя находка дикой сливы на Могилёвщине. На поселении Петровичи рубежа эр найдены в небольшом количестве дольки жёлудей (*Quercus robur* L.), орешки и семена граба (*Carpinus betulus* L.), косточки малины (*Rubus idaeus* L.).

Городище Пелагеевка функционировало на берегу Дубровенки за 400–450 лет до зарождения города Могилёва на Днепре. На нём сохранились минерализованные плоды рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) в отличие от более ранних бионаходок в Бортниках и Петровичах. Названные плоды деревьев и ягоды – результат заготовок на зимнее время продуктов питания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Археоботанические находки² по Могилёвской области – достоверные документальные источники для освещения вопросов зарождения земледелия на территории Беларуси и появления культурных видов растений в первобытности и средневе-

ковье. Они маркируют истоки пшеницы на рубеже III–II тыс. до н. э. Процесс же становления земледелия приходится в основном на эпоху железа – со II в. до н. э. по VIII в. н. э. На это указывают и материалы ботаники второй и первой групп (см.

² Ботанические материалы с 12 археологических памятников (см. табл.), кроме двух (г. Кричев и г. Мстиславль) хранятся в гербарии ИЭБ НАН Беларуси.

табл.). Посевные культуры имеют уже более широкую географию распространения. Во второй половине I тыс. н. э. они представлены остатками обугленных злаковых и бобовых видов. В конце первобытности формируется основной состав посевов, который получает распространение в средние века.

ЛИТЕРАТУРА

- Исаенко, В. Ф. Археологическая карта Белоруссии: памятники каменного века / В. Ф. Исаенко; Белор. добров. об-во охр. пам. ист. и культуры; Ин-т истории АН БССР; под ред. В. Д. Будько, Ф. В. Борисевича. – Минск: «Полымя», 1968. – Вып. 1. – С. 94–105.
- Исаенко, В. Ф. Археологическая карта Белоруссии: памятники бронзового века / В. Ф. Исаенко; Белор. добров. об-во охр. пам. ист. и культуры; Ин-т истории АН БССР; под ред. Ф. В. Борисевича. – Минск: «Полымя», 1976. – Вып. 3. – С. 133–143.
- Штыхов, Г. В. Археологическая карта Белоруссии: памятники железного века и эпохи феодализма / Г. В. Штыхов; Бел. добр. об-во охр. пам. ист. и культуры; Ин-т истории АН БССР; под ред. Ф. В. Борисевича. – Минск: «Полымя», 1971. – Вып. 2. – С. 208–237, 251–254.
- Поболь, Л. Д. Археологические памятники Белоруссии. Железный век / Л. Д. Поболь; Ин-т истории АН БССР; науч. ред. М. А. Ткачев. – Минск: Наука и техника, 1983. – С. 386–426.
- Збор помнікаў гісторыі і культуры Беларусі. Магілёўская вобласць. / Ін-т мастацтвазнаўства, этнаграфіі і фальклору АН БССР; рэд. кал.: С. В. Марцэлеў (гал. рэд.) [і інш.]. – Минск: Беларус. Сав. Энцыкл., 1986 – 408 с.
- Калечиц, Е. Г. Памятники каменного и бронзового веков восточной Белоруссии / Е. Г. Калечиц; Ин-т истории АН БССР; науч. ред. Д. Я. Телегин. – Минск: Наука и техника, 1987. – С. 144–150.
- Лошенко, М. И. Городища милоградской культуры на территории Беларуси / М. И. Лошенко; Ин-т истории НАН Беларуси. – Минск: МФЦП, 2011. – 408 с.
- Палікарповіч, К. М. Дагістарычныя стаянкі сярэдняга Сажа (Матэрыялы абследавання 1927 г.) / К. М. Палікарповіч // Запіскі аддзелу гуманітарных навук. – Кн. 11. Працы археалагічнай камісіі. – Менск, 1930. – Т. II. – С. 383–478, карта.
- Артёменко, И. И. Работы среднеднепровской экспедиции / И. И. Артёменко // Археологические открытия 1969 года / Ин-т археологии АН СССР; отв. ред. Б. А. Рыбаков. – М.: Наука, 1970. – С. 299–300.
- Збор навуковых археалагічных фондаў. Вып. 1. Археалагічныя калекцыі І. І. Арцёменкі (1956–1981) / Ін-т гісторыі НАН Беларусі; склад. А. А. Разлуцкая [і інш.]. – Мінск: Беларуская навука, 2013. – 224 с.
- Лошенко, М. И. Археоботанические коллекции Беларуси / М. И. Лошенко; Центральная научная библиотека им. Я. Коласа НАН Беларуси. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2021. – 408 с.
- Разлуцкая, А. А. Остатки растений из культурного слоя поселения Большие Бортники (бассейн Березины) / А. А. Разлуцкая // Ботаника (исследования): сб. науч. тр./ Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2008. – Вып. 35. – С. 273–284.
- Шутаў, С. С. Археолёгічныя разведкі на ніжняй Свіслачы ўлетку 1926 г. / С. С. Шутаў, М. М. Улашчык // Запіскі аддзелу гуманітарных навук. Кн. 11. Працы археалагічнай камісіі. – Менск, 1930. – Т. II. – С. 105–120.
- Лошенко, М. И. Городище Палицкое / М. И. Лошенко // Iš baltų kultūros istorijos. Vilnius, 2000. – P. 125–140.
- Лашанкоў, М. І. Даследаванні гарадзішча Пятровічы / М. І. Лашанкоў // Весці АН Беларусі. Сэрыя гуманітарных навук. – 1994. – № 1. – С. 122–124.
- Побаль, Л. Д. Шчаткава, гарадзішча / Л. Д. Побаль, А. У. Ільюцік // Археалогія Беларусі: энцыклапедыя. У 2 т. – Т. 2. Л–Я / рэдкал. Т. У. Бялова (гал. рэд.) [і інш.]. – Мінск: Беларус. Энцыкл. – 2011. – С. 432–433.
- Тарасенко, В. Р. К истории позднеродового общества на территории Белоруссии / В. Р. Тарасенко // Изв. Акад. наук БССР. – 1948. – № 2. – С. 125–142.
- Лошенко, М. И. Археоботанические материалы городища Кривель / М. И. Лошенко // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2013. – Вып. 42. – С. 75–86.
- Лошенко, М. И. Эсьмоны – городище-убежище первой половины I тысячелетия нашей эры в бассейне реки Друть / М. И. Лошенко // Археалогія і старажытная гісторыя Магілёўшчыны і смежных тэрыторый: мат-лы канф. 22 красавіка 1993 г., г. Магілёў / Магілёўскі абласны краязн. музей; адк. рэд. А. А. Седзін. – Магілёў, 1994. – С. 90–103.
- Седин, А. А. Древнее земледелие и скотоводство по материалам городища Никодимово / А. А. Седин // Археалогія і старажытная гісторыя Магілёўшчыны і смежных тэрыторый: мат-лы канф. 22 красавіка 1993 г., г. Магілёў / Магілёўскі абласны краязн. музей; адк. рэд. А. А. Седзін. – Магілёў, 1994. – С. 114–127.
- Кирьянова, Н. А. Сельскохозяйственные культуры и системы земледелия в лесной зоне Руси XI–XV вв. / Н. А. Кирьянова; Ин-т археологии РАН; отв. ред. Ю. А. Краснов. – Москва: ИА РАН, 1992. – 162 с.
- Романов, Е. Р. Археологические разведки в Могилёвской губернии / Е. Р. Романов // Отдельный оттиск из “Записки Северо-Западного Отделения императорского русского географического общества”. Кн. 3. – Вильна, 1912. – 31 с.
- Марзалюк, І. А. Гарадзішча Змяёўка (Пелагееўскае гарадзішча) у Магілёве. Археалагічнае даследаванне / І. А. Марзалюк, Я. Р. Рьер; УА “МДУ імя А. А. Куляшова”. – Магілёў, 2010. – 68 с.
- Лошенко, М. И. Михалёвское городище / М. И. Лошенко // Старажытнасці Бабруйшчыны / АК Бабруйскага гарвыканкама; Ін-т гісторыі НАН Беларусі; Бабруйскі краязнаўчы музей; нав. рэд.: М. І. Лашанкоў. – Бабруйск, 1998. – С. 83–104.

25. Ткачѳв, М. А. Работы отряда по изучению военного зодчества Белоруссии / М. А. Ткачѳв // Археологические открытия 1973 года. – М.: Наука, 1974. – С. 382–383.
26. Ткачѳв, М. А. Отчѳты о раскопках за 1974 и 1976 гг. / М. А. Ткачѳв // Центральный научный архив НАН Беларуси. – Фонд археологической документации. – Опись 1. – Дело № 470, № 1032.
27. Коробушкина, Т. Н. Земледелие на территории Белоруссии в X–XIII вв. / Т. Н. Коробушкина; Ин-т истории АН БССР; науч. ред. Э. М. Загорольский. – Минск: Наука и техника, 1979. – 120 с.
28. Марзалюк, I. А. Магілѳў у XII–XVIII стагоддзях: людзі і рэчы / I. А. Марзалюк; Гуманітарна-эканамічны інстытут; нав. рѳд.: Я. Р. Рыер. – Мінск: “Веды”. 1998. – 260 с.
29. Марзалюк, I. А. Культурны слой Магілѳўскага замчышча як гістарычная крыніца / I. А. Марзалюк // Матѳрыялы па археалогіі Беларусі. – 2013. – № 24. – С. 119–137.
30. Алексеев, Л. В. Западные земли домонгольской Руси: очерки истории, археологии, культуры. В 2 кн. / Л. В. Алексеев; Ин-т археологии РАН; ред.: Я. Н. Щапов. – М.: Наука, 2006. – Кн. 1. – 289 с.
31. Шутаў, С. С. Археолѳгічныя разьведкі на ніжняй Свіслачы ўлетку 1926 г. / С. С. Шутаў, М. М. Улашчык // Запіскі аддзелу гуманітарных навук. Кн. 11. Працы археалагічнай камісіі. – Менск, 1930. – Т. 2. – С. 105–120.
32. Льюцік, А. У. Гарадзішча Свіслач (матѳрыялы даследавання 2000 г.) / А. У. Льюцік, В. I. Кошман // Матѳрыялы па археалогіі Беларусі. – 2003. – № 6. – С. 110–129.
33. Кошман, В. I. Паселішчы міжрэчча Бярэзіны і Дняпра ў X–XIII стст. / В. I. Кошман; Ин-т гісторыі НАН Беларусі; рѳд.: П. Ф. Лысенка [і інш.]. – Мінск: Беларуская навука, 2008. – 281 с.

Поступила в редакцию 31.10.2023 г.

ЮБИЛЯРЫ JUBILEE

НАДЕЖДА АНДРЕЕВНА БУРТЫС (к 95-летию со дня рождения)

23 февраля 2024 г. отметила знаменательную юбилейную дату – 95 лет со дня рождения известный белорусский ученый-ботаник, крупный специалист в области фитоценологии и экологии растений, внесший существенный вклад в разработку теоретических основ и практику луговедения, Надежда Андреевна Буртыс.

Н. А. Буртыс родилась в 1929 г. в семье учителей в небольшом районном центре – г. Хотимске Могилевской области. Девичья фамилия Надежды Андреевны – Рунцо (что означает: всходы молодых зерновых культур, зябрь), по-видимому, предопределила ее будущую специальность в науке, которой она посвятила 40 лет своей творческой жизни.

В 1931 г. семья переезжает в г. Минск, где в 1936 г. Надежда Андреевна поступает в 47-ю среднюю школу и к началу Великой Отечественной войны (1941 г.) успевает окончить пять классов. В период с 1941 по 1943 гг. она с матерью и братом находилась на оккупированной территории в д. Боханы, недалеко от г. Хотимска. Отец оставался в г. Минске и участвовал в подпольной работе.

В 1944 г. семья воссоединяется в г. Минске, однако в 1946 г. отца переводят в г. Пинск (Брестская область), где Надежда Андреевна заканчивает среднюю школу и в этом же году поступает в Белорусский государственный университет имени В. И. Ленина (БГУ) на биологический факультет, который заканчивает с отличием в 1952 г. по специальности «биолог-ботаник».

Свой трудовой путь Надежда Андреевна начала по распределению в должности старшего инженера-геоботаника в Белгипроводхозе, а с 1957 г. продолжила в Госторфонде при Госплане Совета Министров БССР.

Однако тяга к научной деятельности приводит Надежду Андреевну в Институт биологии Академии наук БССР, где в 1957–1960 гг. она под руководством академика И. Д. Юркевича проходит аспирантскую подготовку по специальности «геоботаника». Занятие этой наукой, ставшей делом всей ее творческой жизни, произошло у молодого исследователя еще во время учебы в уни-



верситете под руководством З. Н. Денисова, который преподавал в БГУ болотоведение.

В аспирантуре первоначальную тему диссертационной работы Н. А. Буртыс планировалось посвятить исследованию луговой растительности Беловежской Пуши, которая, по задумке руководителя, выполнялась бы в рамках основной темы отдела геоботаники и ее материал должен был стать частью книги по растительности пуши. Но, поскольку Беловежская пуща – это, в основном, леса и болота, Надежда Андреевна от этой темы отказывается и получает новую – по изучению луговой растительности поймы р. Неман, к выполнению которой и приступает с присущими ей энтузиазмом и заинтересованностью. В результате через девять лет, в 1966 г., была защищена кандидатская диссертация «Пойменные луга верхнего течения р. Неман (в пределах БССР)».

В это же время Н. А. Буртыс, помимо выполнения диссертационной тематики, была соисполнителем плановых тем: «Геоботаническое изуче-

ние лугов бассейна р. Неман» и «Геоботаническое изучение пойменных лугов р. Днепр и пути их преобразования». Каждые три года ее переизбирали на должность младшего научного сотрудника, характеризуя «как аккуратного, вдумчивого и широко эрудированного исследователя, более чем достойного этой должности». В середине 1960-х гг. Надежда Андреевна являлась соисполнителем темы «Составление карты растительности БССР» по разделу луговой растительности, участвуя во всех этапах этой работы: сборе полевого материала, камеральной обработке, нанесении контуров на карту и т.д. Много внимания и усилий было уделено разработке рекомендаций по улучшению лугов с применением гербицидов и действию их на ядовитые растения, а также выявлению новых видов и местообитаний луговых растений на территории Беларуси.

В эти годы Надежда Андреевна наряду с научной выполняет в Институте большую общественную работу, являясь ученым секретарем секции флоры и растительности Белорусского ботанического общества, членом месткома, заместителем председателя группы народного контроля, членом президиума общества «Знание», принимает участие в работе Научного совета по проблемам биосферы и редколлегии сборника научных трудов «Ботаника».

В 1971 г. Н. А. Буртыс избирают на должность старшего научного сотрудника. В этот период научной деятельности при ее участии были подготовлены и вышли из печати монографические издания, отразившие значительный вклад белорусских ученых в развитие геоботанической науки – «Растительный покров Белоруссии» (1969 г.) и «Карта растительности БССР» М 1: 1 000 000. В 1972 г. за цикл работ, посвященных изучению растительного покрова республики, Надежде Андреевне Буртыс в составе авторского коллектива была присуждена Государственная премия БССР в области науки и техники.

В 1970–1980 гг. Надежда Андреевна, как один из ведущих специалистов-луговедов в республике, по заданию Совета Министров БССР и ЦК КПБ участвует в разработке научно-технического прогноза состояния луговой растительности; одновременно выполняет задания пяти научно-исследовательских тем по исследованию луговой растительности в поймах рек Припять,

Бобрик, Волувка и др. На основе богатейшего материала, собранного в процессе выполнения темы «Изучение луговой растительности Березинского заповедника» Надеждой Андреевной разработана классификация растительного покрова лугов и травяных болот, выявлены закономерности пространственного размещения луговых ассоциаций в зависимости от мезорельефа территории, дана эдафо-фитоценотическая характеристика основных таксономических категорий растительности, видового состава, структуры и продуктивности луговых ассоциаций, разработаны рекомендации по рациональному использованию и охране луговых угодий и составлена Карта растительного покрова лугов и травяных болот Березинского биосферного заповедника М 1: 25 000.

Информация о луговой растительности, накопленная Н. А. Буртыс во время ежегодных экспедиций на протяжении 30-летнего периода (1952–1984 гг.), обобщена в монографии «Геоботаническая структура и биологическая продуктивность пойменных лугов: по исследованиям поймы р. Березины» (1981 г.). Эта фундаментальная классическая работа актуальна до настоящего времени и является настольным пособием для многих специалистов-луговедов, также как и написанное Н. А. Буртыс методическое руководство «Указания по геоботаническому обследованию природных кормовых угодий колхозов и госхозов БССР» (1985 г.).

В 1986 г. Надежда Андреевна вышла на пенсию и продолжительное время ухаживала за мужем вследствие осложнения его болезни. Получивший тяжелое ранение еще на фронте во время Великой Отечественной войны, Юрий Федорович Буртыс, кандидат гидротехнических наук, много сделал для улучшения гидромелиоративных сооружений страны.

Навещая старейшего геоботаника в дни его рождения, сотрудники каждый раз отмечают неуязвимый интерес к жизни, эрудицию, глубокие знания, хорошую память Надежды Андреевны и доброжелательное отношение к людям.

Все сотрудники лаборатории геоботаники и картографии растительности ценят большой вклад Надежды Андреевны Буртыс в отечественное луговедение, желают ей бодрости духа, крепкого здоровья и долгих лет жизни.

*М. Л. Романова, Г. В. Ермоленкова,
Е. Я. Куликова, А. В. Пучило*

ГАЛИНА ИВАНОВНА КАБАШНИКОВА (к 80-летию со дня рождения)



13 февраля 2024 г. исполнилось 80 лет белорусскому учёному в области экологии растений, лесоведения и радиоэкологии, кандидату биологических наук Галине Ивановне Кабашниковой.

Г. И. Кабашникова (девичья фамилия Соколова) родилась в 1944 г. в г. Алма-Ата Казахской ССР в семье рабочего. В 1945 г. семья переезжает на постоянное место жительства в г. Минск. В 1960 г. после окончания средней школы Галина Ивановна поступает на учебу в Белорусский государственный университет на вечернее отделение биологического факультета и одновременно начинает свою трудовую деятельность в Институте физики АН БССР в лаборатории высокотемпературной оптики.

С января 1964 г. трудовая и научная деятельность Г. И. Кабашниковой неразрывно связана с Институтом экспериментальной ботаники и микробиологии АН БССР (с 1967 г. – Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купровича). В отделе экологии растений, возглавляемом д.б.н. И. Н. Рахтеенко, молодой исследователь получает допуск к работе с радиоактивными изотопами и под руководством тогда старшего научного сотрудника Б. И. Якушева выполняет лабораторно-аналитические работы по определению цикличности минерального питания древесных растений. В этот период формируются научные интересы – исследование особенностей взаимоотношений древесных растений в насаждениях, оформляется соискательство на подготовку

кандидатской диссертации. После избрания в 1967 г. на должность младшего научного сотрудника Г. И. Кабашникова в период 1968–1972 гг. проходит подготовку в заочной аспирантуре под научным руководством д.б.н. И. Н. Рахтеенко и в 1975 г. защищает кандидатскую диссертацию на тему: «Эколого-физиологические основы взаимоотношений сосны и березы в чистых и смешанных насаждениях».

Г. И. Кабашникова является одним из авторов рекомендаций по установлению формулы совместимости и подбора древесных пород в смешанные лесные культуры, которые приняты Министерством лесного хозяйства БССР и опубликованы в «Справочнике работника лесного хозяйства» в 1986 г.

В 1986 г. в связи с аварией на Чернобыльской атомной электростанции Г. И. Кабашникова в составе коллектива лаборатории экологии (в 1986–2004 гг. – радиоэкологии растений) под руководством д.б.н. Б. И. Якушева включается в работу по изучению и ликвидации последствий чернобыльской катастрофы для растительности страны. В качестве эколога-дозиметриста в составе одной из организованных в Институте уже в июле 1986 г. экспедиций (руководитель отряда к.б.н. В. С. Адериho) участвует в научно-исследовательской работе по изучению радиоэкологической обстановки в природно-растительных комплексах. В ходе исследований получен ценный исходный материал по загрязнению растений и почв лесных и луговых экосистем радионуклидами аварийных выбросов.

В 1991 г. Г. И. Кабашникова избирается по конкурсу на должность старшего научного сотрудника и выполняет обязанности ответственного исполнителя ряда разделов НИР по исследованию уровней и динамики накопления радионуклидов растениями подлеска и подроста в лесных фитоценозах на загрязненных территориях и контрольных площадях. Многолетние результаты изучения видовых особенностей аккумуляции радионуклидов растениями подлеска и подроста в зависимости от их таксономической принадлежности, условий местопроизрастания и уровней радиоактивного загрязнения почвы обобщены в коллективной монографии «Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси

(в связи с аварией на Чернобыльской АЭС)», вышедшей из печати в 1995 г.

В этот период, наряду с анализом и обобщением результатов ежегодного радиоэкологического мониторинга природно-растительных комплексов, выполняемого экспедиционным составом сотрудников лаборатории радиоэкологии растений, Г. И. Кабашникова под руководством Б. И. Якушева участвовала в проведении исследований аккумуляции стабильных изотопов цезия и стронция растениями подлеска и подроста в различных почвенных условиях. Результаты подтвердили установленные для радиоизотопов закономерности поступления этих элементов в растения и, следовательно, показали возможность использования безопасных стабильных изотопов в качестве индикаторов в модельных

экспериментах при решении проблем радионуклидного загрязнения растений.

Г. И. Кабашникова является автором 88 научных работ, соавтором 4-х коллективных монографий и патента на изобретение. В период трудовой деятельности Г. И. Кабашникова выполняла общественную работу как председатель первичной организации общества «Знание» Института и член Совета ветеранов. Трудовые достижения Г. И. Кабашниковой отмечены несколькими Почётными грамотами Института, благодарностями и премиями.

В настоящее время Г. И. Кабашникова находится на заслуженном отдыхе. Хочется пожелать юбиляру крепкого здоровья, бодрости духа и активного долголетия.

М. М. Сак, Р. М. Голушко

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ MEMORABLE DATES

СТЕПАН ПАВЛОВИЧ МЕЛЬНИК (1883–1938)



В 2023 г. исполнилось 140 лет со дня рождения ботаника, лесоведа, члена-корреспондента Академии наук БССР, основателя Центрального ботанического сада, доктора биологических наук, профессора Степана Павловича Мельника.

С. П. Мельник родился в крестьянской семье 13 августа 1883 г. в селе Засулье Сенчанского района Полтавской области (Украина). В 1906 г. окончил Богородицкое среднее сельскохозяйственное училище (сейчас – Сельскохозяйственный колледж «Богородицкий» имени И. А. Стебута, г. Богородицк, Тульская область), в 1911 г. с «отличием» – Петербургский лесной институт / Форст-институт (сейчас – Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова) и в том же году был зачислен младшим лесоводом по укреплению песков и оврагов в бывшей Самарской губернии. С 1914 по 1919 гг. С. П. Мельник работал преподавателем Харьковского института сельского и лесного хозяйства (сейчас – Харьковский национальный аграрный университет имени В. В. Докучаева). В 1919 г. он переезжает в г. Новочер-

касск (Ростовская область), его назначают сначала на должность ассистента, а затем доцента Политехнического института (сейчас – Южно-Российский государственный политехнический университет имени М. И. Платова), где он читает курс лесоводства и лесных мелиораций.

В 1923 г. С. П. Мельник был приглашен на работу в Белоруссию и избран по конкурсу профессором кафедры Общего лесоводства Горецкого сельскохозяйственного института (сейчас – Белорусская государственная сельскохозяйственная академия) в г. Горки Могилевской области. С этого времени С. П. Мельник полностью связал свою судьбу с нашей страной и проработал здесь непрерывно и весьма плодотворно в течение 15 лет. В целях ознакомления с лесным опытным делом в Европе С. П. Мельник выезжал в научные командировки в Германию и Францию. В связи с организацией Центральной лесной опытной станции БССР (в г. Горки) проф. С. П. Мельник был назначен по совместительству директором этой станции (1926–1930 гг.).

Вследствие выделения лесного факультета из Белорусской сельскохозяйственной академии и организацией на его основе (1930 г.) в г. Гомеле Белорусского лесотехнического института (сейчас – Белорусский государственный технологический университет) С. П. Мельник переехал в г. Гомель, где заведовал кафедрой общего лесоводства и дендрологии и одновременно по совместительству состоял в должности заведующего отделом лесоводства Белорусского научно-исследовательского института лесного хозяйства (БелНИИЛХ) (сейчас – Институт леса НАН Беларуси).

В 1933 г. профессор С. П. Мельник переезжает в г. Минск на работу в Академию наук БССР и назначается директором Ботанического сада АН БССР, а также одновременно работает в Белорусском государственном университете в должности профессора.

Еще в 1928 г. по поручению Белорусского научно-исследовательского института сельского и лесного хозяйства имени В. И. Ленина при Со-

вете народных комиссаров БССР (сейчас – НПП НАН Беларуси по земледелию) профессор С. П. Мельник разработал проект заложения Минского дендрологического парка (ботанического сада). В этом проекте, опубликованном в Трудах по лесному опытному делу БССР (вып. V, 1930 г.), автор предусматривал: 1) опыты по разведению иноземных видов и введение в культуру тех из них, которые оказываются пригодными в наших климатических условиях; 2) изучение разновидностей и рас растений и использование наиболее пригодных из них в лесном и сельском хозяйстве.

Для Ботанического сада была отведена площадь (106 га) на окраине г. Минска (возле д. Слепянка) на территории бывшей Всебелорусской сельскохозяйственной выставки. Были исследованы почвы, произведена разбивка площади на секторы и кварталы, определена очередность создания культур, разработана смета расходов. К проекту был приложен список древесных и кустарниковых растений в количестве 986 наименований (составлен А. Л. Новиковым), которые предполагалось разводить в парке.

В 1931 г. этот проект с некоторыми изменениями был утвержден и начал осуществляться Академией наук БССР под общим руководством проф. С. П. Мельника как автора проекта (генеральная схема была уточнена в 1932 г.). С 1933 по 1938 г. С. П. Мельник лично руководил строительством Ботанического сада АН БССР и добился больших успехов в создании этого научно-исследовательского и культурно-просветительного учреждения.

Впоследствии Ботанический сад подвергся значительной реконструкции, но географическая его часть, деление на сектора, заложенные радиальные аллеи сохранены по настоящее время.

С. П. Мельник в звании профессора был утвержден еще в 1923 г., а затем при переезде в 1932 г. подтвержден в этом звании Высшей аттестационной комиссией при СНК СССР. Ученая степень доктора биологических наук была присвоена ему без защиты диссертации в 1935 г. решением Президиума АН БССР. В члены-корреспонденты С. П. Мельник избран на сессии Общего собрания Академии наук БССР в 1936 г.

За время научной деятельности С. П. Мельник опубликовал 75 научных работ, статей и рефератов. Им разработаны программы и инструкции для

лесофенологических наблюдений в Белоруссии (1927 г.). Под его руководством эти масштабные наблюдения были проведены на Горецкой, Жорновской и Велятичской лесных опытных станциях, а затем и в Ботаническом саду АН БССР.

Большую роль в развитии лесоведения и лесоводства сыграла разработанная С. П. Мельником программа исследований «Типы насаждений в лесах БССР» (1930 г.), в которой представлена классификация типов лесов республики в виде эдафической сетки с учетом богатства и влажности почвы.

С. П. Мельник опубликовал ряд работ о парках Белоруссии, участвовал в подготовке монографии «Флора БССР», разрабатывал теоретические вопросы развития лесного хозяйства в СССР с учетом зарубежного опыта.

Велики заслуги С. П. Мельника в области становления лесного образования в Беларуси. Он подготовил большое количество инженеров лесного хозяйства, которые несли свою службу в лесхозах, лесничествах, учебных заведениях, научно-исследовательских институтах, в том числе в Академии наук БССР.

Он был принципиальным, весьма строгим руководителем и вместе с тем душевным человеком, отдававшим свои знания многочисленным ученикам.

В 1938 г. С. П. Мельник был арестован и Военной коллегией Верховного суда СССР по статьям УК БССР № 63–1 (измена Родине: шпионаж, выдача военной или государственной тайны, переход на сторону врага и т.п.), № 69 (подрыв государственной промышленности, транспорта, торговли и т.п. в контрреволюционных целях), № 70 (совершение террористических актов) и № 76 (организационная деятельность, направленная на подготовку или совершение преступлений) несправедливо осужден и приговорен к исключительной мере наказания. Расстрелян 28 июня 1938 г. в г. Минске. Реабилитирован 9 августа 1957 г. Военной коллегией Верховного суда СССР.

С. П. Мельник был ботаником широкого профиля и оставил заметный след в развитии лесоводственной и ботанической науки. Лучшим памятником С. П. Мельнику является основанный им Ботанический сад в г. Минске, который развивается и процветает.

Редколлегия сборника «Ботаника (исследования)»

АННА АНДРЕЕВНА ЕЗУБЧИК (1904–1975)



В 2024 г. исполняется 120 лет со дня рождения Анны Андреевны Езубчик, доктора сельскохозяйственных наук, известного специалиста в области сельскохозяйственной микробиологии, возглавлявшего на посту директора в течение нескольких предвоенных лет Институт биологических наук АН БССР (ныне Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси).

Родилась А. А. Езубчик 1 декабря 1904 г. в д. Лядцо Новоселковской волости Минской губернии (сейчас – Пуховичский район Минской области) в крестьянской семье. По окончании 7-летней школы, где учиться могла лишь в зимний период, а в остальное время приходилось работать по хозяйству, с 1919 по 1923 гг. обучалась в Марьиногорском сельскохозяйственном техникуме (сейчас – Марьиногорский государственный аграрно-технический колледж) по специальности агроном-растениевод. С 1922 по 1926 гг. работала д. Аннополь (Минский район Минской области) учителем природоведения и воспитателем в сельскохозяйственной детской колонии «Серп и Молот», созданной на базе бывшего имения Радзивиллов, где проживало 100 беспризорных детей, прибывших из голодных губерний Поволжья.

В 1926 г. поступила, а в 1930 г. успешно окончила Белорусский сельскохозяйственный институт (впоследствии – академия) в г. Горки Могилевской области (сейчас – Белорусская государственная сельскохозяйственная академия). В 1930–1933 гг. работала младшим научным работником центральной агрохимической лаборато-

рии БелНИИ сельского и лесного хозяйства в г. Минске (сейчас – Научно-практический центр по земледелию, г. Жодино). С 1933 г. обучалась в аспирантуре при АН БССР. Для подготовки по специальности «микробиология» в 1934 г. была откомандирована в г. Ленинград, во Всесоюзный институт сельскохозяйственной микробиологии (сейчас – Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии), где, завершив аспирантскую подготовку по теме влияния органического вещества на денитрификацию почв, защитила диссертацию на степень кандидата биологических наук.

С 1935 г. работала старшим научным работником в Институте биологических наук (впоследствии Институт экспериментальной ботаники) АН БССР, в предвоенные 1939–1941 гг. исполняла обязанности директора Института. Исследовала вопросы бактериальных удобрений как эффективного средства повышения почвенного плодородия. Одновременно в должности доцента занималась преподавательской деятельностью в Белорусском государственном университете.

Анну Андреевну всегда отличала активная гражданская позиция – была пионервожатой, организатором женского движения, членом бюро комсомольской ячейки, членом Горсовета, месткома, секретарем и членом бюро парторганизации. Вступила в комсомол в 1922 г., а в 26 лет, в 1930 г. была принята в члены ВКП(б).

Во время Великой Отечественной войны Анна Андреевна была активной участницей подпольного и партизанского движения в Беларуси, являлась партизанкой-разведчицей бригады имени Ворошилова. Уже в сентябре 1941 г. вовлекла многих патриотов в подпольную работу по сбору оружия, боеприпасов, медикаментов, доставляла в штаб соединения партизанских бригад Слуцкой зоны ценные сведения о немецких захватчиках. В октябре 1942 г. при ее участии была проведена операция по уничтожению солдат немецкого гарнизона г. Несвижа с организацией включения в их довольствие ядовитых химических веществ.

В мае 1943 г. с участием А. А. Езубчик был захвачен инженер-строитель с чертежами и секретными террористическими для г. Минска планами. Впоследствии, в октябре 1943 г. по распоряжению ЦК ВКП(б)Б, в числе других подпольщиц была вывезена самолетом в Москву. За мужество и доблесть, проявленные в борьбе с немецко-фашистскими захватчиками в тылу врага

Анна Андреевна награждена орденом «Отечественной войны» 1-й степени и медалями «Партизану Отечественной войны» 1-й степени, «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», Почетной грамотой Верховного совета БССР.

Еще в 1943 г. в Москве Анна Андреевна возобновила научную работу в лаборатории микробиологии Института социалистического сельского хозяйства (сейчас – НПЦ НАН Беларуси по земледелию).

Вернулась в г. Минск по окончании военных действий на территории нашей страны. На ее изживении в тяжелое послевоенное время находилось трое детей.

В 1944–1945 гг. работала в должности директора Научно-исследовательского агропочвенного института Академии наук БССР. С 1945 г. приняла на себя тяжелую и ответственную обязанность по восстановлению и организации научной деятельности по своей специальности, возглавив лабораторию микробиологии Института социалистического хозяйства (с 1956 г. – НИИ сельского хозяйства Академии наук БССР). Под руковод-

ством А. А. Езубчик лаборатория проводила изучение микроорганизмов в почвах, разрабатывала вопросы, связанные с направленным регулированием микрофлоры почв с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Занимая в 1950-х гг. должность старшего научного сотрудника, сосредоточилась на теме докторской диссертации – «Микрофлора основных типов почв Полесской низменности БССР и пути ее активизации», которую защитила в 1962 г., став первой в республике женщиной – доктором сельскохозяйственных наук. Работа основана на результатах 16-летних экспериментальных исследований на опытных полях «Боровляны» (Минский район Минской области) и экспериментальной базы «Устье» (Оршанский район Витебской области). Консультировала работу член-корреспондент АН СССР, д.б.н., профессор Е. Н. Мишустин.

В 1969–1974 гг. Анна Андреевна Езубчик работала в Белорусском НИИ почвоведения и агрохимии (ныне Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси). В научной библиографии ученого – многочисленные работы по микробиологии почв. Ушла из жизни в 1975 г.

Н. А. Зеленкевич (подготовлено по материалам открытой печати и документам Центрального научного архива НАН Беларуси)

ЕФРОСИНЯ АКИМОВНА КРУГАНОВА (1914–1983)



В 2024 г. исполняется 110 лет со дня рождения лауреата Государственной премии БССР, крупного специалиста в области луговедения, кандидата биологических наук Ефросиньи Акимовны Кругановой.

Родилась 23 мая 1914 г. в д. Старые Войханы Городокского района Витебской области, в семье крестьянина. По окончании 7-летней школы (1930 г.) поступила в Лужнянский сельскохозяйственный техникум (Витебский район, д. Лужесно) (сейчас – Аграрный колледж Витебской государственной академии ветеринарной медицины), окончив который (1933 г.) в течение 4-х лет работала агрономом в г. Сенно и д. Росно, Сеннецкого района, в период сплошной коллективизации сельского хозяйства страны.

Тяга к знаниям привела Ефросинью Акимовну в 1937 г. на факультет естественных наук Ленинградского педагогического института (сейчас – Российский государственный педагогический университет имени А. И. Герцена), который с отличием окончила в 1941 г. С началом Великой Отечественной войны была направлена в г. Славгород Алтайского края, где и проработала до 1944 г. преподавателем в СШ № 1. За самоотверженную деятельность в этот период награждена медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

После освобождения Белоруссии от оккупантов, по вызову Отдела народного образования, вернулась на родину и до 1950 г. работала преподавателем ботаники в Витебском педагогическом

училище (сейчас – Художественно-графическое педагогическое училище), одновременно (1947–1949 гг.) исполняя обязанности младшего научного сотрудника и заведующей отделом систематики растений Витебского ботанического сада (сейчас – Ботанический сад Витебского государственного университета имени П. М. Машерова).

В 1950 г. Е. А. Круганова поступила в аспирантуру при Ленинградском пединституте (сейчас – Российский государственный педагогический университет имени А. И. Герцена.), а для специализации в области систематики растений была прикреплена к Ботаническому институту имени В. Л. Комарова АН СССР, где под руководством член-корреспондента, профессора Б. К. Шишкина выполнила диссертационную работу «Род солодка и его народнохозяйственное значение», которую защитила досрочно и с высокой оценкой. Работа являлась первой на то время в стране монографической сводкой по этому хозяйственно ценному роду растений.

В конце 1953 г. Е. А. Круганова возвращается на родину, в г. Минск, где ее зачисляют в штат Института биологии (впоследствии – Институт экспериментальной ботаники) АН БССР, сразу на должность старшего научного сотрудника, вначале в отдел флоры и гербария, а затем (с 1959 г.) в отдел геоботаники.

В своей научной деятельности Ефросинья Акимовна была участником и руководителем всех геоботанических экспедиций по изучению лугов Беларуси. Ею проведено исследование возможности введения в культуру кормопроизводства местных популяций луговых трав; разработаны: шкала чувствительности луговых растений к гербицидам, вариант районирования луговой растительности страны; мероприятия по рациональному использованию, улучшению и повышению продуктивности лугов поймы р. Припять, принятые Министерством сельского хозяйства БССР; прогнозы влияния осушительной мелиорации Белорусского Полесья на водный режим почвы и растительный покров; прогноз изменений биосферы в результате развития отраслей народного хозяйства БССР, выполненных по заданию директивных органов страны.

Е. А. Круганова опубликовала свыше 80 научных статей. Она соавтор монографий «Флора БССР», «Охрана природы. Природные ресурсы Белоруссии и их рациональное использование», «Растительный покров Белоруссии». За цикл работ по изучению растительного покрова республики в составе авторского коллектива в 1972 г. ей

присуждена Государственная премия БССР в области науки и техники.

Е. А. Круганова выступала с докладами на съездах и конференциях, много времени уделяла охране растительного мира и пропаганде научных знаний, выступала с беседами перед специалистами сельского хозяйства и сельским населением. Выполняла большую общественную работу – избиралась депутатом райсовета, народным заседателем, членом райкома и горкома профсоюза работников просвещения, председателем месткома Института.

Много сил и времени Ефросинья Акимовна отдала Белорусскому ботаническому обществу, выполняя в течение 15 лет обязанности заместителя председателя совета общества, члена президиума совета. Являлась членом редколлегии сборника «Ботаника (исследования)».

Ушла из жизни 19 октября 1983 г. В памяти коллег она осталась настойчивой и принципиальной, энергичной и преданной науке незаурядной личностью.

Редколлегия сборника «Ботаника (исследования)»

АЛЕКСАНДР АРКАДИЕВИЧ ШЛЫК (1928–1984)

1 ноября 2023 г. исполнилось 95 лет со дня рождения ученого с мировым именем в области изучения биосинтеза хлорофилла и биогенеза фотосинтетического аппарата в растении Александра Аркадиевича Шлыка – организатора и первого директора Института фотобиологии АН БССР.

А. А. Шлык родился в г. Минске в семье служащих. Основными этапами его научного становления были химический факультет Белорусского государственного университета имени В. И. Ленина (1946–1950 гг.), аспирантура в Институте биологии АН БССР под руководством академика Т. Н. Годнева (1951–1954 гг.), защита в 1954 г. кандидатской (кандидат химических наук), а в 1963 г. докторской (доктор биологических наук) диссертаций, присуждение звания профессора (1965 г.) и избрание в 1966 г. в возрасте 38 лет членом-корреспондентом АН СССР. Послужной список Александра Аркадиевича начинался с короткого периода в должности младшего научного сотрудника в Институте биологии АН БССР. После окончания аспирантуры в 1954 г. он был назначен заместителем директора института, а с 1957 г. – заведующим вновь созданной Лаборатории биофизики и изотопов АН БССР, реорганизованной в 1973 г. в Институт фотобиологии АН БССР (с 2004 г. – Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси), которым руководил до 30 ноября 1984 г.

В восхождении по научной лестнице ярко проявилась роль личности Александра Аркадиевича. Он экстерном сдал экзамены за 9 и 10 классы в школе № 42 еще на военных руинах Минска после возвращения из эвакуации с мамой Марией Кирилловной и, получив золотую медаль, поступил в БГУ, где все 5 лет был блестящим студентом химического факультета. Выпускник химфака, не собиравшийся в то время заниматься биологией, обрел в качестве научного руководителя выдающегося специалиста в области биохимии хлорофилла академика Т. Н. Годнева. Напутствие и вдохновение большого ученого легли в очень благодатную и благодарную почву. Научные успехи последовали довольно быстро, чему, несомненно, способствовали ум, эрудиция и трудолюбие аспиранта.

А. А. Шлык начал свою научную деятельность во время стремительного внедрения во все области биологии метода меченых атомов. Его первая работа о роли фосфора в структуре хлоропласта в соавторстве с Т. Н. Годневым опубликована в журнале «Доклады АН СССР» в 1952 г. В после-



дующие годы научные интересы А. А. Шлыка пошли по обозначенному Т. Н. Годневым пути в направлении изучения процессов биосинтеза хлорофилла в растении. Глубокое знание химии и тонкостей изотопного метода, умелое использование математического аппарата для всестороннего рассмотрения экспериментального материала, глубокое аналитическое осмысление всей доступной литературы по проблеме, раннее и плодотворное общение с самыми выдающимися учеными мирового уровня позволили ему за сравнительно небольшой срок получить результаты, ставшие фундаментальными в науке о биосинтезе хлорофилла в растении и его состоянии в фотосинтетической мембране.

Несомненной заслугой Александра Аркадиевича явилось новаторское использование радиоактивных индикаторов для изучения метаболизма хлорофилла с помощью разработанных и усовершенствованных им и его ближайшими коллегами методов очистки хлорофиллов. Впечатляют протоколы защиты им кандидатской диссертации («Применение метода меченых атомов в исследовании химизма синтеза хлорофилла в природе»). В отзывах на автореферат прозвучала высокая оценка его диссертационной работы такими светилами науки, как А. Н. Тернин, А. П. Виноградов, Е. Р. Гюббенет, М. Б. Нейман, Б. А. Рубин, Н. В. Турбин. Более того, действительные члены АН БССР А. Н. Севченко и Б. И. Степанов при выступлении в дискуссии

одобрили работу в этом важном научном направлении, указав, что «метод изотопов – лучшее оружие для достижения успеха, а хорошо разбирающихся в нем специалистов мало».

Раскрывая физиологическое значение процесса хлорофиллообразования в течение всей жизни растения, Александр Аркадиевич поставил вопрос об участии хлорофилла в обмене веществ в зеленом растении, где пигмент не только осуществляет акт фотосинтеза, но и сам является одним из продуктов метаболических превращений, что послужило основой гипотезы о центрах биосинтеза хлорофилла, из которых возникшие молекулы пигмента транспортируются в сложно организованные фотосистемы, чтобы там участвовать в фотосинтетическом акте. Гипотеза явно опередила возможности ее доказательства, однако впоследствии постепенно получала подтверждение в генетических и биохимических исследованиях как учеников А. А. Шлыка, так и в работах зарубежных коллег.

В развитие гипотезы о центрах биосинтеза хлорофилла в последующие годы в институте особенно подробно были исследованы мембранные и фоторегуляторные аспекты биогенеза фотосинтетического аппарата. Концепция центров биосинтеза хлорофилла открыла новые перспективы для поиска механизмов управления фотосинтетической активностью. «Корпускулярный» подход в представлениях о топографии и структурной организации процесса биосинтеза хлорофилла в мембранах хлоропласта оказался успешным не только при изучении (фото)регуляции образования хлорофилла, но и при трактовке изменений содержания фотосинтетических пигментов в результате воздействий самой разной природы: разнообразных стимуляторов и ингибиторов, абиотических и биотических стрессоров и других агентов.

Выдержал испытание временем и интерес к исследованию обновления хлорофилла. Имеющая общий характер концепция обновления хлорофилла, обнаруженная в первых классических работах Александра Аркадиевича и его учеников, несмотря на строгую доказанность самого процесса, переросла в исследование конкретных механизмов, еще раз подчеркнув универсальную важность этого явления.

К проблеме обновления тесно примыкает и исследование механизмов катаболизма хлорофилла, интерес к которым вновь возник в последнее время. Это поле деятельности, где лидерами были советские и белорусские исследователи, успешно разрабатывается сейчас японскими и китайскими учеными.

Понятие метаболической гетерогенности хлорофилла предполагает исследование не только механизмов катаболизма, но также судьбы и дальнейшей роли продуктов распада пигмента. Особая ветвь исследований на которую обращал внимание и Александр Аркадиевич, связана с фотодинамическим действием продуктов метаболизма и катаболизма хлорофилла на живые организмы. В случае растений это нашло отражение в исследованиях с фотодинамическими гербицидами, получивших развитие и в Институте фотобиологии. В настоящее время исследование биогенеза и (фото)регуляции пигментного аппарата фотосинтеза в процессе развития пластид в нормальных и стрессовых условиях, продолженное в Институте фотобиологии после ухода из жизни Александра Аркадиевича, а потом и Марии Тихоновны Чайка, сместилось к выяснению роли фотосинтетического аппарата в реализации защитных реакций растений. В итоге проблема катаболизма хлорофилла и его последствий переплелась с исследованием роли хлоропластов во врожденном иммунитете растений.

Анализ современных тенденций в исследовании хлорофиллообразования показывает, что интерес к ним не исчерпан и человечество не только пользуется их результатами, но и стремительно развивает новые направления в этом разделе науки. И в этих рядах достойное место занимают ученые белорусской школы фотосинтетиков.

А. А. Шлык – автор более 300 научных работ, в том числе монографий «Метод меченых атомов в изучении биосинтеза хлорофилла» (1956 г.) и «Метаболизм хлорофилла в зеленом растении» (1965 г.), переизданных за границей. Ряд обзоров и статей был написан им по специальным заказам советских и иностранных издательств. Черновики его монографии, написанной бисерным почерком, и экземпляр текста, напечатанного на пишущей машинке, с рукописными правками, сохранены для потомков как образец хода мысли ученого «вслед за пером» в доинтернетную и докомпьютерную эпоху.

А. А. Шлык вел плодотворную педагогическую работу на химическом и биологическом факультетах БГУ имени В. И. Ленина в качестве доцента (1957–1959 гг.), а потом профессора (1965–1970 гг., 1981–1982 гг.). Многим бывшим студентам и аспирантам запомнились его лекции по радиобиологии и изотопным методам исследования, а также бесценные спецкурсы по строению и функции фотосинтетического аппарата, на которых он сообщал и разъяснял смысл самых свежих и горячих новостей на основании иногда только ему доступных публикаций самых выдающихся

иностранных ученых. Основу научной школы А. А. Шлыка составили его непосредственные ученики, среди которых 8 докторов наук, 34 кандидата наук и множество дипломников. Известность белорусской школе фотосинтетиков принесло и тесное, основанное на взаимных интересах и высоком научном доверии сотрудничество ученых как в рамках СССР, так и за рубежом. Авторитет Александра Аркадиевича у таких известных российских ученых как А. А. Красновский, А. А. Ничипорович, А. Л. Курсанов, А. Т. Мокронос был огромен. Он также был лично знаком с учеными фотосинтетиками с мировыми именами – профессором Д. Ветшттейном, Л. Богорадом, С. Граником. Несомненно, он был ученым одной с ними величины. Доктор физико-математических наук А. П. Лосев в одном из своих выступлений сказал: «А. А. Шлык и его школа прославили белорусскую науку. Упоминание его имени в беседах с иностранными учеными, работающими в области фотосинтеза, – лучшее рекомендательное письмо при установлении научных контактов».

Александр Аркадиевич был участником и организатором симпозиумов и секций на многих всесоюзных и международных конгрессах, где он часто председательствовал, выступал с докладами, всегда привлекавшими внимание аудитории в том числе и полемикой с переводчиками-синхронистами во время дискуссий по его докладам, чтобы не допустить искажения смысла. Последнее, как всегда яркое, его выступление состоялось в Москве летом 1984 г. на 16-й конференции Федерации европейских биохимических обществ. В июне того же года – визит в институт известного английского биохимика Т. Гудвина как еще один акт международного признания, а в сентябре – участие Александра Аркадиевича в заседании СЭВ в Праге. Но, к величайшему сожалению, настало 30 ноября 1984 г., унесшее его навсегда.

Александр Аркадиевич Шлык, несомненно, был крупным организатором науки. Его деятельность в качестве председателя Научного совета АН БССР по фотосинтезу и фотобиологии растений, заместителя председателя аналогичного совета АН СССР, заместителя председателя Межреспубликанского научного совета по проблеме «Сохранение, переработка и транспортировка сельскохозяйственной продукции» и председателя Белорусской секции этого совета, члена бюро Отделения биологических наук АН БССР, члена совета Всесоюзного биохимического об-

щества служила развитию фундаментальных научных и прикладных исследований в СССР.

Значительной была и его редакционная деятельность: в международных журналах «Photosynthetica», «Physiologia Vegetale», «Photobiochemistry and Photobiophysics», издававшихся в Москве всесоюзных журналах «Биохимия», «Биофизика» и «Молекулярная биология», в редколлегии журнала «Весті АН БССР, серія біялагічных навук». Большую продуктивную работу проводил Александр Аркадиевич по международному сотрудничеству ученых. С 1966 г. он руководил работами по исследованию биогенеза, структуры и функции фотосинтетического аппарата в связи с превращением солнечной энергии, проводимыми учеными стран – членов СЭВ, около шести лет возглавлял Белорусский республиканский комитет по Международной биологической программе, который координировал исследования научно-исследовательских институтов и высших учебных учреждений республики по самым разным направлениям биологии и медицины, В 1981 г. на V Международном конгрессе по фотосинтезу он был избран в состав Международного комитета по фотосинтезу.

Заслуги А. А. Шлыка в развитии науки были отмечены двумя правительственными наградами. Но самая главная награда, которая не может быть оценена никакими официальными знаками отличий, – безупречная научная репутация. Все, кто знал Александра Аркадиевича, запомнили его глубокую преданность науке, ясное видение и понимание ее узловых проблем, чрезвычайно высокую требовательность к научным результатам, сочетавшуюся с необыкновенной работоспособностью даже в критических ситуациях. Научное наследие А. А. Шлыка, его труды, в которых отразились его широкая эрудиция и бесценный капитал идей, служили и будут примером его последователям, тем, кто избрал и изберет целью своей жизни работу в одной из самых важных и мирных областей биологических знаний – науке о фотосинтезе, ждущей своего триумфа. Имя члена-корреспондента АН СССР А. А. Шлыка, посвятившего себя изучению фотосинтетического аппарата растений и стоявшего у истоков белорусской школы фотосинтетиков и Института фотобиологии АН БССР, по праву занимает свое почетное место в ряду всемирно известных исследователей хлорофилла и фотосинтетического аппарата в XX в. Память о нем светла и чиста.

*И. Д. Волотовский, Н. Г. Аверина,
Г. Е. Савченко, Е. И. Слобожанина*

ИРИНА АЛЕКСАНДРОВНА ДУДКА (1934–2017)

Ирина Александровна Дудка – выдающийся советский и украинский миколог, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент НАН Украины, лауреат премии им. М. Г. Холодного (1982 г.), трижды лауреат Государственной премии Украины (1983, 1990, 2005 гг.). Награждена орденом Трудового Красного Знамени (1981 г.); в 2024 г. исполняется 90 лет со дня рождения.

Ирина Александровна является основателем советской школы гидромикологии, одной из первых в СССР она начала исследования эколого-систематической группы водных грибов, теоретически и экспериментально определив роль микобиоты в структурно-функциональной организации водоемов и водотоков, сформулировала представление об их гетеротопности, установила закономерности эволюции водных гифомицетов из числа эпифильных и грунтовых анаморфных грибов.

Значительный вклад И. А. Дудка внесла в разработку научных основ культивирования грибов. При ее непосредственном участии получены и запатентованы высокопроизводительные штаммы шампиньона двуспорового и вешенки обыкновенной, разработаны оригинальные безотходные технологии глубинного и поверхностного культивирования съедобных грибов на отходах сельского и лесного хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности.

Ирина Александровна – автор и соавтор более 550 научных работ, в том числе 31 монографии, 10 авторских свидетельств на изобретения.

Много внимания она уделяла подготовке научных кадров. Она подготовила 23 кандидата и 2 доктора биологических наук по специальности «микология».

Ирина Александровна на протяжении многих лет поддерживала тесные научные контакты с сотрудниками Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси и кафедры ботаники БГУ.



В 2003 г. она выступала на Международной научной конференции «Проблемы экспериментальной ботаники: IV Купревичские чтения» с докладом «Развитие идей В. Ф. Купревича о виде у облигатных паразитных грибов (на примере порядка *Peronosporales*)», в 2004 г. принимала участие в работе Международной научной конференции «Биология, систематика и экология грибов в природных экосистемах и агрофитоценозах» с докладом «Микромицеты – эфемеры и эфемероиды природных зон Украины». Как авторитетный специалист рецензировала 1-й том «Флоры Беларуси. Грибы (*Boletales*, *Amanitales* и *Russulales*)».

Ирина Александровна ушла из жизни в 2017 г. Белорусские коллеги и друзья Ирины Александровны с благодарностью вспоминают ее вклад в развитие нашей отечественной микологии и микоценологии.

В. И. Парфенов, Т. Г. Шабашова, Д. Б. Беломесяцева

ХРОНИКА CHRONICLE

О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБЩЕСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ «БЕЛОРУССКОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО» в 2023 г.



На 01 января 2024 г. в общественном объединении «Белорусское ботаническое общество» (далее ОО «ББО») состоит 140 членов. В феврале 2023 г. общая списочная численность составляла 131 человек, из которых: в Брестской области – 1; Витебской – 13; Гомельской – 26; Гродненской – 11; Могилевской – 4; Минской области и в г. Минске – 76. В отчетном году подали заявления на вступление в общество 10 человек и 1 – заявление на выход из общества.

В течение 2023 г. состоялось 1 заседание Президиума ОО «ББО» и 2 собрания Совета ОО «ББО». На заседании Совета ОО «ББО» (21.02.2023) приняты в члены ОО «ББО» 101 новый член (общая численность составила 131). Советом ОО «ББО» рассмотрены результаты конкурса на лучший вариант эмблемы, значка и удостоверения члена Белорусского ботанического общества и утверждены эмблема и удостоверение. Обсуждены размеры вступительного и ежегодного членских взносов, преференции (льготы) для членов ОО «ББО»; утвержден план работы на 2023 г.

На заседании Президиума ОО «ББО» (04.12.2023) рассмотрен вопрос о внесении изменений в уставные документы ОО «ББО» в связи

с внесением изменений в Закон Республики Беларусь от 04.10.1994 г. № 3254-ХІІ «Об общественных объединениях».

На заседании Совета ОО «ББО» (19.12.2023) приняты в члены 10 человек и исключен 1 человек (общая численность составила 140). Рассмотрен вопрос о новом названии общественного объединения, приняты дополнения и изменения в Устав ОО «ББО». Советом ОО «ББО» рассмотрен отчет о деятельности объединения в 2023 г. и план работы на 2024 г. Принято решение о созыве в январе 2024 г. внеочередного Съезда ОО «ББО» для утверждения нового названия общественного объединения и новую редакцию Устава.

Издания под эмблемой ОО «ББО»

В 2023 г. сборник научных трудов «Ботаника: исследования» включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) (лицензионный договор от 20.01.2023 № 09-01/2023 с ООО «Научная электронная библиотека»). Издан 52-ой выпуск сборника «Ботаника: исследования», в котором опубликованы 30 научных статей, 20 из которых от членов ОО «ББО», и 13 сообщений:

Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2023 – Вып. 52. – 344 с. – ISSN 2221-9927

Издан сборник материалов VI Международной научной конференции «Мониторинг и оценка состояния растительного мира», редакционная коллегия – члены ОО «ББО».

Маніторынг і ацэнка стану расліннага свету : матэрыялы VI Міжнароднай навуковай канферэнцыі (Мінск – Ляскавічы, 9–13 кастрычніка 2023 г.). – Мінск : ІВЦ Минфина, 2023. – 357 с.

Изданы методические материалы по трем направлениям:

– *Метапопуляционное моделирование пространственной структуры, численности и состояния популяций редких и исчезающих видов растений Беларуси / А. В. Левкович [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперимент. ботаники НАН Беларуси, Бел. ботан. об-во. – Минск, 2023. – 48 с.*

– Методика оценки ресурсного потенциала видов хозяйственно полезных растений / И. П. Сысой [и др.] Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперимент. ботаники НАН Беларуси, Бел. ботан. об-во. – Минск, 2023. – 48 с.

– Методические указания и рекомендации по учету и мониторингу инвазивных видов растений / Л. С. Чумаков [и др.] Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперимент. ботаники НАН Беларуси, Бел. ботан. об-во. – Минск, 2023. – 50 с.

Организация и участие в конференциях, семинарах, школах

Члены ОО «ББО» участвовали в организации ряда научных мероприятий:

– 22 мая 2023 г. – презентация книги «Наземные и дистанционные методы оценки состояния экосистем особо охраняемых природных территорий»;

– 26 июня – 2 июля 2023 г. – Международный научно-практический семинар «Научные основы ведения кадастров растительного мира в целях устойчивого использования и сохранения природных ресурсов»;

– 15–23 июля 2023 г. – III Молодежная летняя школа по лесной фитоценологии «Sylvan 2023»;

– 25–29 сентября 2023 г. – III Международная научная конференция молодых ученых «Современные проблемы экспериментальной ботаники»;

– 10–13 октября 2023 г. – VI Международная научная конференция «Мониторинг и оценка состояния растительного мира».

Принимали участие:

– 2 сентября 2023 г. – Международное научно-популярное мероприятие «Фестиваль науки – 2023».

На биолого-физиологических семинарах Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси членами ОО «ББО» сделано 13 докладов:

– к.б.н. О.А. Иванов: «Пептиды врожденного иммунитета растений и их биотехнологическое применение: задачи, проблемы, решения» (22.02.2023);

– к.б.н., доцент А.В. Судник: «Оценка и последствия воздействия строительства и содержания автомобильных дорог на растительность придорожных территорий» (01.03.2023);

– к.б.н. О.М. Масловский: «Эколого-географические закономерности формирования бриофлористических комплексов на территории Беларуси в системе бриофлор Восточной Европы» (15.03.2023);

– к.б.н. И.П. Сысой: «Экономическая оценка запасов растительных ресурсов, как элемента Национального богатства: пути вовлечения их в хозяйственный оборот и повышения эксплуатационного потенциала» (05.04.2023);

– к.б.н. А.П. Яцына: «Влияние региональных и локальных факторов на особенности формирования лихенобиоты в хвойных лесах Беларуси» (12.04.2023);

– к.б.н. Н.А. Зеленкевич: «История изучения растительного покрова Беловежской пушчи» (21.04.2023);

– А.Ю. Комар: «Динаміка хваёвых лясоў, трансфармаваных у выніку асушальнай меліярацыі і паўторнага забалочвання (на прыкладзе Налібоцкай пушчы)» (10.05.2023);

– к.б.н. А.В. Пучило: «Вопросы усыхания лесов и их ранней диагностики» (17.05.2023);

– к.б.н., доцент Д.Г. Груммо: «Анализ состава и структуры растительных сообществ – проблема глубже, чем констатация набора видов»;

– Н.В. Балюк: «Физиолого-экологические особенности реализации адаптивного потенциала растений картофеля на этапе ex vitro микроклонального размножения с использованием иммуностимуляторов» (30.05.2023);

– чл.-корр., д.б.н. В.Е. Падутов: «Устойчивость сосновых насаждений: генетические и популяционные аспекты» (19.06.2023);

– к.б.н. Т.Л. Барсукова: «Состояние и особенности экспансии дуба красного в Беларуси» (13.09.2023);

– к.б.н. С.Ю. Шустова: «Об особенностях формирования дубрав Беларуси в условиях интенсификации лесопользования» (09.11.2023).

Члены ББО инициировали создание открытого научно-популярного лектория «#на_скрыжаванні (навуц, людзей і вуліц)», в рамках которого в 2023 г. состоялось 5 лекций. Всего членами ОО «ББО» сделано 8 публичных докладов:

– к.б.н., доцент А.В. Судник «Оценка и последствия воздействия строительства и содержания автомобильных дорог на растительность придорожных территорий» (01.03.2023);

– к.б.н., доцент Д.Г. Груммо «Не Ельней единой: путеводитель в мир белорусских болот» (22.03.2023) и «Тайны болот» (25.03.2023);

– к.б.н., доцент И.П. Вознячук «Живые памятники природы в Республике Беларусь» (20.04.2023);

– к.г.н., доцент Н.Д. Гриценкова «Мониторинг растительного мира в Беларуси: результаты наблюдений и перспективы развития (к 30-летию НСМОС в Республике Беларусь)» (20.04.2023);

– к.б.н. В.В. Лукин «Беларусы в Антарктиде: по следам полярной экспедиции» (28.04.2023) и «Есть ли жизнь в Антарктиде?» (11.10.2023);

– В.Н. Лебедько «Опасные соседи: Дикорастущие ядовитые растения Беларуси» (02.11.2023).

Члены ОО «ББО» 25–26 августа 2023 г. приняли участие в XVII Республиканском экологическом форуме, приуроченному к Году мира и созидания (г. Столин Брестской области), где выступили с докладами и провели мастер-класс для молодежи по оценке состояния отдельных деревьев и насаждений в Городском парке культуры и отдыха.

Социальные мероприятия

Члены ОО «ББО» в 2023 г. принимали участие в следующих мероприятиях:

1) посадка леса на территории Молодечненского лесхоза в рамках ежегодной республиканской добровольной акции «Неделя леса» (13.04.2023);

2) площадка открытых коммуникаций «Неделя родной природы», приуроченной к Международному дню биоразнообразия (22.05.2023);

3) ежегодная акция «Чистый берег» в Вилейском районе Минской области (26.05.2023);

4) спартакиады среди работников Национальной академии наук Беларуси (18.02.2023 и 26.08.2023).

Популяризация, работа с общественностью

Проведена модернизация и наполнение информацией интернет-сайта (странички) ОО «ББО»: <https://botany.by/about-institute/struktura/obshhestvennye/bel-botanicheskoe-obshhestvo>; регулярно вносили изменения и дополнения в интерактивный веб-сайт «Живые памятники природы» (<http://livemonuments.by>).

Для учащихся специализированного экологического класса по устойчивому использованию природных ресурсов «Природа роднага краю» ГУО «Германовичская средняя школа Шарковщинского района» 26 мая 2023 г. состоялась онлайн-лекция «Биоразнообразие: простыми словами о сложном или первые шаги к познанию родной природы».

В рамках проекта «Поход в народ: экологический и культурный туризм» члены ОО «ББО» провели для населения ряд экскурсий. Члены ОО «ББО» участвовали в открытии совместного проекта с Минским государственным дворцом детей и молодежи «Первый шаг в науку 2023–2024 гг.» в области биологии и экологии.

Регулярно проводили консультации в части растительного мира и экосистем (состояние, причины повреждения, мониторинг, редкие и охраняемые виды растений и биотопов и т.д.) и оказывали услуги юридическим и физическим лицам.

Конкурсы

Проведен конкурс на лучший вариант эмблемы, значка, членского билета общественного объединения, результаты которого были рассмотрены на заседании Совета ОО «ББО» 21.02.2023 г.; утверждена символика ББО.

Национальную кампанию «Расліна 2024 года» ОО «ББО» провело впервые, чтобы привлечь внимание людей к дикорастущим растениям Беларуси, их проблемам и необходимости сохранения мест их произрастания. Цель конкурса – выбрать дикорастущее растение, которое станет символом предстоящего года. В 2024 г. растением года стал прострел раскрытый или сон-трава *Pulsatilla patens*. В текущем году будут проходить мероприятия, посвященные выбранному растению, будет проведен очередной конкурс «Расліна 2025 года», к которым сможет присоединиться широкая общественность, взрослые и дети.

Организационная работа

В соответствии с Законом Республики Беларусь от 4 октября 1994 г. № 3254-ХІІ «Об общественных объединениях» (изм. и доп. Законом Республики Беларусь от 14 февраля 2023 г. № 251-3 «Об изменении законов по вопросам деятельности политических партий и других общественных объединений») внесены изменения в название общественного объединения и в уставные документы.

Информация о деятельности ОО «ББО» в 2023 г. и планах на 2024 г. направлена в Управление общественных объединений Министерства юстиции Республики Беларусь.

Рассмотрен вопрос о преференциях (льготах) для членов ББО.

Проводили работы по аккредитации ОО «ББО» как научной организации.

Регулярно проводили рецензирование научных публикаций в области ботаники, экологии, физиологии и биохимии растений.

*Заместитель председателя, к.б.н., доцент А.В. Судник,
ученый секретарь, к.б.н. Р.В. Цвирко,
референт-казначей, к.б.н. С.Ю. Шустова*

О РЕЗУЛЬТАТАХ РАБОТЫ VI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА» (Минск–Лясковичи, 10–13 октября 2023 г.)

С 10 по 13 октября 2023 г. государственным научным учреждением «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси» и общественным объединением «Белорусское ботаническое общество» на базе национального парка «Припятский» (Гомельская обл., Петриковский р-н, аг. Лясковичи) организована и проведена VI Международная научная конференция «Мониторинг и оценка состояния растительного мира». Конференция посвящена Году мира и созидания в Республике Беларусь, 95-летию со дня основания Национальной академии наук Беларуси и 30-летию Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь.

В условиях антропогенного воздействия, изменения климата, инвазий чужеродных организмов, радикальных изменений в структуре землепользования, интенсификации лесопользования происходит трансформация природной растительности. Эти процессы, различные по интенсивности, масштабам, направленности, нуждаются в постоянном наблюдении с целью своевременного реагирования на их негативные проявления, обоснования управленческих и проектных решений. Мониторинг становится главным инструментом таких наблюдений.

Мониторинг растительного мира является одним из компонентов Национальной системы мониторинга окружающей среды, которая в 2023 г. отмечает свое 30-летие. Это целостная взаимосвязанная и упорядоченная система наблюдений за состоянием, динамикой объектов растительного мира и средой их произрастания, а также прогнозирования их изменений под воздействием природных и антропогенных факторов.

Конференции, ключевым аспектом которых являются вопросы состояния и мониторинга растительного мира, проводятся Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси раз в 5 лет. I-ая конференция (апрель 1998 г.) подвела итоги исследований лесов в последние десятилетия прошлого века и наметила программу действий специалистов Восточной Европы в сфере лесного мониторинга. II-ая (октябрь 2003 г.) впервые обосновала необходимость проведения мониторинга растительного мира в целом и очертила задачи этого нового актуального направления деятельности ученых и практиков. III-ая (сентябрь 2008 г.) подвела первые итоги разви-

тия систем и методов оценки состояния и мониторинга объектов растительного мира и среды их произрастания. IV-ая (октябрь 2013 г.) подвела итоги работ по изучению состояния растительного покрова, выявления наиболее острых экологических проблем, определения путей их решения. V-ая (октябрь 2018 г.) обобщила результаты мониторинга растительности на рубеже 20-летнего развития, обсудила перспективы эффективного использования в практике природопользования и охраны окружающей среды.

Потребность в анализе состояния и трендов динамики растительного мира, необходимость разработки новых наземных и дистанционных методов и технологий мониторинга, обмена накопленным опытом и практическом его использовании побудили организовать очередную шестую конференцию. Для участия в ее работе зарегистрировались 153 человека из 69 организаций и ведомств, учреждений науки, образования, охраны природы Азербайджана, Беларуси, Болгарии, Казахстана, Молдовы, России, Республики Сербской и Турции.

10 октября состоялось открытие конференции. С приветственными словами выступили представители Национальной академии наук Беларуси, Управления делами Президента, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, ГПУ «Национальный парк «Припятский».

Далее на пленарном заседании было заслушано и обсуждено 13 докладов 27 авторов из 12 учреждений Беларуси и России. Подписан Договор о творческом сотрудничестве между Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси и ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет» (г. Ижевск).

11 октября работа конференции проходила по 3 направлениям:

– Секция №1 «Мониторинг и оценка состояния лесной растительности». На секции сделано 16 докладов 40 авторов из 12 учреждений Беларуси, Казахстана и России.





Учаснікі VI Міжнароднай навуковай канферэнцыі «Маніторынг і ацэнка становішча растэльнага свету» (Гомельская абласць, Петрыкаўскі раён, а.г. Лясковічы)

– Секцыя №2 «Маніторынг і ацэнка становішча травяністай растэльнасці на натуральных і антропогенна парушаных тэрыторыях». Зраблена 17 дакладаў 41 аўтара з 11 устаноў Беларусі і Расіі.

– Секцыя №3 «Маніторынг і ацэнка становішча біяразнабраздзя і ахоўваемых відаў раслін і грыбоў». Зраблена 17 дакладаў 43 аўтараў з 13 устаноў Беларусі, Расіі і Турцыі.

Усяго за 2 дні работы канферэнцыі заслушана і абсуджана 63 даклад з 33 устаноў Беларусі, Казахстана, Расіі і Турцыі.

Здадана зборнік матэрыялаў канферэнцыі тыражом 150 экз.:

Маніторынг і ацэнка стану расліннага свету : мат-лы VI міжнар. навук. канф., Мінск–Лясковічы, 9–13 кастр. 2023 г. / Ін-т эксперым. батанікі НАН Беларусі ; рэдкал.: А. В. Пугачэўскі (адк. рэд.) [і інш.]. – Мінск, 2023. – 357 с. ISBN 978-985-880-362-9.

Лічшыя даклады рэкамендаваны к публікацыі ў зборніках навуковых твораў «Ботаніка (ісследованія)» і «Зборнік навуковых твораў Інстытута леса НАН Беларусі», а такжэ ў журнале «Лесной вестник / Forestry bulletin» (Російская Федэрацыя).

12 кастрычніка з’явіліся палявыя экскурсіі па тэрыторыі нацыянальнага парка «Прыпяцкі», дзе ўчыныя пазіталі пункты набліодзення маніторынга воднай, лесной, лугова-балотной растэльнасці, аб’ектамі маніторынга ахоўваемых

відаў раслін; участкі леса с рэдкімі і тыпічнымі біятопамі, аб’екты паврежджэння вершынным кароедам. Проведены методічэскія заняткі па закладке сеткі пунктаў маніторынга і ацэнке становішча лесных экосістэм с іспользовааннем фітаіндыкацыі. На воднай частцы экскурсіі ўчаснікі канферэнцыі азнакаміліся с пойменнымі фітацэнозамі рэкі Прыпяць.





Секционные заседания в рамках VI Международной научной конференции «Мониторинг и оценка состояния растительного мира»



Полевая экскурсия по территории Национального парка «Припятский»

13 октября подведены итоги конференции, принята итоговая резолюция. Участники конференции отметили достижения учреждения-организатора – Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси – в развитии системы мониторинга растительного мира и комплексного разностороннего подхода к оценке состояния природного растительного покрова, ориентированного на практические потребности природопользования и нужды охраны природы. Институту рекомендовано разработать концепцию государственной программы с предварительным названием «Климатические детерминированные тренды динамики природного растительного покрова Беларуси, обусловленные ими риски и пути адаптации в условиях тотального антропогенного воздействия и изменения климата» на 2026–2030 гг.

Участники конференции отметили полезность и научную значимость проведенного научного форума, способствующего установлению

новых творческих связей для решения актуальных проблем современной биологической науки. Итоги конференции послужат стимулом для развития систем и методов мониторинга в условиях бурного развития информационных, цифровых и дистанционных технологий, новых вызовов, порожденных развитием цивилизации, изменениями климата и биосферы, будут способствовать разработке научных программ и стратегий в области сохранения биоразнообразия и биобезопасности. Традиция проведения таких мероприятий должна быть продолжена.

Участники поручили оргкомитету направить материалы и резолюцию в органы исполнительной власти, органы управления охраны природы и лесного хозяйства стран региона, СМИ, неправительственные организации, национальные и координационные центры мониторинга и центры ботанических и лесных исследований, разместить их на Интернет-сайте.

А. В. Пугачевский, А. В. Судник, И. П. Вознячук

**РЕЗОЛЮЦИЯ VI-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА»
Минск–Лясковичи, Национальный парк «Припятский», 10–13 октября 2023 г.**

В октябре 2023 г. состоялась VI-я Международная научная конференция «**Мониторинг и оценка состояния растительного мира**» (далее – **конференция**). Конференция посвящена Году мира и созидания в Республике Беларусь, 95-летию со дня основания Национальной академии наук Беларуси (13 октября – День НАН Беларуси) и 30-летию Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. Потребность в анализе состояния и трендов динамики растительного мира, необходимость разработки новых наземных и дистанционных методов и технологий мониторинга, обмена накопленным опытом и практическом его использовании побудили организовать данное мероприятие.

Цель конференции – консолидация усилий, опыта и знаний ученых и практиков разных стран в области изучения и прогнозирования состояния природной растительности в условиях тотального антропогенного воздействия и изменения климата, выявления экологических проблем в растительном покрове и определения путей их решения, обсуждение перспектив и проблем развития мониторинга растительного мира, использования его результатов в практике природопользования и охраны окружающей среды.

Основные направления работы:

– актуальные проблемы мониторинга растительного мира: методологии, системы, методы, способы обработки и интерпретации данных; практическое использование результатов;

– мониторинг и оценка состояния лесной, луговой, болотной и водной растительности;

– мониторинг ресурсообразующих, охраняемых и вредоносных инвазивных видов растений;

– мониторинг защитных древесных насаждений и растительности в условиях антропогенного воздействия, в т.ч. на землях населенных пунктов;

– мониторинг экосистем на особо охраняемых природных территориях.

Для участия в работе конференции зарегистрировались **153** человека из **69** организаций и ведомств, учреждений науки, образования, охраны природы Азербайджана, Беларуси, Болгарии, Казахстана, Молдовы, России, Республики Сербской и Турции. Программа конференции включала **13** пленарных и **50** секционных докладов из **33** учреждений Беларуси, Казахстана, России и Турции. Издан сборник материалов конференции. Подписан Договор о творческом сотрудничестве между ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси» (г. Минск) и ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет» (г. Ижевск).

Участники конференции, подтверждая планетарную роль растительности, как одного из факторов устойчивого развития цивилизации, и решающий вклад растительной компоненты в стабильность биосферы, отмечают, что:

– в странах СНГ достигнуты значительные успехи в области оценки состояния лесов и растительности в целом. На основе технологии ICP Forests организованы национальные системы лесного мониторинга, интегрированные в единую общеевропейскую сеть. Созданы национальные системы лесопатологического и лесопожарного мониторинга, локальные системы мониторинга природных экосистем в зонах повышенной техногенной нагрузки и на ряде заповедных территорий. В ряде стран сформированы системы мониторинга растительности болот, лугов, вод, охраняемых и инвазивных растений, защитных и зеленых насаждений или элементы таких систем;

– результаты мониторинга все шире используются в практике природопользования, охраны природы, в «зеленой» экономике, современном экологически ориентированном агропроизводстве, при принятии управленческих, технологических и проектных решений;

– выявлены основные закономерности изменения структуры и продуктивности растительности лесов, лугов, вод при антропогенном воздействии различного характера и интенсивности;

– установлены основные тенденции развития экологической ситуации в растительном покрове и выявлены основные факторы, определяющие эти тенденции;

– достигнуты значительные успехи в изучении эффектов воздействия неблагоприятных факторов среды на жизнедеятельность видов растений и природных экосистем в целом, в понимании механизмов устойчивости фитоценозов к внешним негативным воздействиям;

– на основе анализа динамики и прогноза изменений климата сформулированы гипотезы возможных последствий для растительного мира;

– определены новые возможности и перспективы контроля за состоянием среды методами фитодиагностики: лишено-, брио-, альго- и фитоценоиндикации, дендрохронологии, биохимических и физиологических тестов;

– использование ГИС-технологий и методов дистанционного зондирования перешло из стадии исследований и разработки методик в обычную практику оперативной оценки состояния, определения масштабов повреждений растительного покрова и принятия управленческих решений.

Вместе с тем, в биологической науке, практике природопользования и функционирования системы мониторинга остается немало проблем. Мониторинг растительного мира остается недостаточно оперативным и точным. Его результатам не хватает комплексной эколого-экономической интерпретации, они слабо используются органами отраслевого и территориального управления.

Лесное хозяйство столкнулось с серьезными последствиями стихийных бедствий, обусловленных изменением климата: засух, пожаров, ураганов, размножения вредителей леса. Имеют место деградация и утрата экосистем лугов на значительных площадях, в особенности в пойменных местонахождениях, исчезновение популяций редких и охраняемых видов растений. Почти повсеместно наблюдается экспансия чужеродных, в том числе вредоносных организмов: животных, растений, грибов и др. В результате значительного роста парка автомашин и развития транспортной сети в критическом состоянии находятся зеленые насаждения многих крупных городов, в особенности в зонах воздействия автомагистралей. В результате необоснованных управленческих и проектных решений имеет место уничтожение полезащитных и придорожных насаждений.

К вопросам, требующим особого внимания, относится совершенствование дистанционного мониторинга, внедрения современных подходов к проблеме изменения климата. Участники конференции отметили, что экологическая обстановка, недостаточный уровень экологического сознания населения диктуют необходимость совершенствования экологического образования и просвещения.

Для эффективного решения этих и других актуальных проблем, для обеспечения устойчивого использования и сохранения ресурсного потенциала и разнообразия растительного мира участники конференции считают необходимым:

1. Обратить внимание правительств, органов территориального и отраслевого управления, научной общественности на проблемы состояния растительного мира и его мониторинга, как инструмента природопользования и управления природными ресурсами.

2. Усилить координацию, активизировать обмен информацией ученых и практиков в области мониторинга и оценки состояния растительного мира в интересах обеспечения неистощительного многоцелевого использования лесных и растительных ресурсов, сохранения биоразнообразия, усиления средообразующих и социально значимых функций растительности.

3. Обратить особое внимание на научно-методическую разработку и практическое решение ряда актуальных проблем, среди которых:

– создание систем оперативного многоуровневого контроля за состоянием растительности, очагами болезней и вредителей на основе наземных и дистанционных методов, включая использование беспилотных летательных аппаратов, в интересах лесного и сельского хозяйства, охраны природы и науки;

– развертывание интегрированных систем мониторинга луговой, болотной и водной растительности, ресурсообразующих, хозяйственно-полезных, охраняемых и вредоносных инвазивных видов растений, зеленых и защитных насаждений, экосистем особо охраняемых природных территорий;

– оценка влияния изменений климата на природный растительный покров;

– разработка методов контроля генетических последствий влияния антропогенной (техногенной) деятельности и изменений климата с их последующей интеграцией в системы мониторинга;

– разработка системы показателей критических нагрузок на растительность и природные экосистемы (предельно допустимых концентраций, нагрузок и т.п.);

– разработка и использование критериев и технических средств ранней диагностики ухудшения состояния и повреждения растительных организмов и их сообществ;

– использование результатов мониторинга в целях устойчивого управления растительными ресурсами;

– развитие методов прогнозирования негативных природных явлений (экстремальных климатических, массовых размножений вредителей, болезней растений, ураганов, затоплений и подтоплений и т.п.) и их последствий для природной растительности;

– изучение влияния методов животноводства (смены выпасного на стойливое) на состав и продуктивность видов и жизненных форм луговой растительности и почв;

– развитие расчетных методов оценки негативных антропогенных воздействий на объекты растительного мира и эффективности мер по минимизации таких воздействий;

– развитие методов оценки состояния и технологий мониторинга растительности урбоекосистем (городских насаждений), а также защитных (придорожных, полезащитных, почвозащитных и т.п.) насаждений.

6. С целью восстановления биоразнообразия природной флоры создать резервный фонд особо редких и исчезающих видов растений и инициировать проекты по созданию таких фондов, разработке и реализации программы восстановления утраченных или ослабленных популяций таких растений.

7. Рекомендовать Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерству лесного хозяйства Республики Беларусь, Национальной академии наук Беларуси – принять меры по расширению состава работ и объемов финансирования Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь.

8. Органам территориального и отраслевого управления усилить ответственность за реализацию разрабатываемых учеными республики практических рекомендаций, мер и предложений по сохранению биологического разнообразия растительного мира.

9. Шире использовать информацию мониторинга растительного мира и лесов в образовательных и просветительских целях в учебных заведениях, средствах массовой информации и т.п. Обратить внимание на обновление вузовских программ по подготовке квалифицированных специалистов в области мониторинга, оценки состояния, методам прогнозирования и рационального использования ресурсов растительного мира. В целях обеспечения преемственности исследований в области мониторинга и состояния растительности – привлекать студентов вузов соответствующих специальностей для участия в научно-исследовательских и практических работах по мониторингу.

10. Расширить практику проведения международных исследований в области экологии растительных сообществ и растительного покрова в целом, мониторинга и комплексного использования растительных ресурсов; развивать трансграничное сотрудничество в рамках программ Союзного государства.

11. Рекомендовать Институту экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси разработать концепцию государственной программы «Климатические детерминированные тренды динамики природного растительного покрова Беларуси, обусловленные ими риски и пути адаптации в условиях тотального антропогенного воздействия и изменения климата» на 2026-2030 гг. (предварительное название).

Участники конференции отмечают достижения учреждения-организатора – Института экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси – в развитии системы мониторинга растительного мира, и подчеркивает важность развиваемого в институте комплексного разностороннего подхода к оценке состояния природного растительного покрова, ориентированного на практические потребности природопользования и нужды охраны природы.

Участники конференции отметили полезность и научную значимость проведенного научного форума, способствующего установлению новых творческих связей для решения актуальных проблем современной биологической науки. Итоги конференции послужат стимулом для развития систем и методов мониторинга в условиях бурного развития информационных, цифровых и дистанционных технологий, новых вызовов, порожденных развитием цивилизации, изменениями климата и биосферы, будут способствовать разработке научных программ и стратегий в области сохранения биоразнообразия и биобезопасности. Традиция проведения таких мероприятий должна быть продолжена.

Участники поручают оргкомитету в 10-дневный срок направить материалы и резолюцию в органы исполнительной власти, органы управления охраны природы и лесного хозяйства стран региона, СМИ, неправительственные организации, национальные и координационные центры мониторинга и центры ботанических и лесных исследований, разместить их на Интернет-сайтах.

III МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ»

В Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси с 25 по 29 сентября 2023 г. проходила III Международная научная конференция молодых учёных «Современные проблемы экспериментальной ботаники».

Конференция проводилась по инициативе Совета молодых ученых Института. К началу конференции был издан сборник, в котором представлены 3 пленарных доклада и 86 материалов докладов 110 авторов из Беларуси, России, Азербайджана, Таджикистана, Узбекистана, Молдовы-Приднестровья и Вьетнама, представляющих 35 организаций.

В рамках конференции был заключен договор о сотрудничестве в сфере научной и природоохранной деятельности между государственным научным учреждением «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси» и «Институтом ботаники Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики».

Молодые ученые института выступили с докладами в рамках секции «Геоботаническое картографирование, мониторинг растительных объектов и проблемы фитоинвазий» научной конференции молодых учёных.



На 5-ый день состоялся выездной круглый стол по итогам конференции на базе ГПУ «НП «Нарочанский», который выступил соорганизатором мероприятия, обсужден проект резолюции конференции. Также была проведена экспедиция по заповедной части «Голубые озера», где участники конференции ознакомились с аборигенной флорой северного региона страны.



Полевая экскурсия по заповедной части «Голубые озера» НП «Нарочанский» в рамках III Международной научной конференции молодых учёных «Современные проблемы экспериментальной ботаники»

XIV КУПРЕВИЧСКИЕ ЧТЕНИЯ: МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ»

25 января 2024 г. состоялась Международная научная конференция «Проблемы экспериментальной ботаники: XIV-ые Купревичские чтения». В 1997 г. Общее собрание Отделения биологических наук НАН Беларуси постановило в ознаменование 100-летия со дня рождения академика В. Ф. Купревича раз в два года проводить научные чтения, посвященные его памяти.

На заседании присутствовали: представители Отделения биологических наук НАН Беларуси и входящих в него учреждений (Центральный ботанический сад, Институт генетики и цитологии, Институт биофизики и клеточной инженерии), а также Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию, Белорусского государственного технологического университета, СМИ. Ученые из зарубежных стран приняли участие в мероприятии в режиме видеосвязи.

Открыл работу конференции директор института, к.б.н., доцент Д. Г. Груммо, представив доклад «Жизненный путь и роль академика В. Ф. Купревича в становлении белорусской науки».

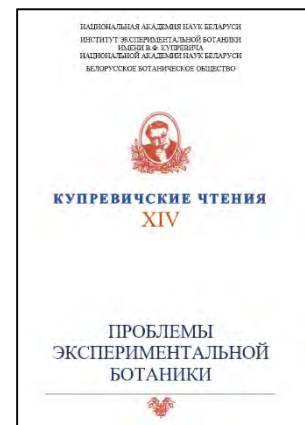
Академик-секретарь Отделения биологических наук НАН Беларуси, чл.-корр., д.б.н., доцент О. Ю. Баранов выступил с лекцией «Особенности формирования межвидового генетического полиморфизма у лесных древесных растений и фитопатогенных микромицетов». Полученные данные о механизмах и особенностях формирования межвидовой изменчивости лесных древесных растений и фитопатогенных гри-

бов являются базой для разработки подходов и методов в лесной генетике, селекции, фитопатологии и фитоиммунитете, включая раннюю диагностику и точную видовую идентификацию возбудителей фитозаболеваний, определение таксономического статуса и прогнозирование вредоносности новых штаммов и видов вредных организмов, выявление хозяйственно важных генов у растений и проведение маркер-сопутствующей селекции, что имеет важное значение для совершенствования лесовосстановительных и лесозащитных мероприятий, обеспечивает повышение продуктивности и биологической устойчивости лесных насаждений.

В рамках конференции состоялась выставка, приуроченная к 127-летию со дня рождения академика В. Ф. Купревича.

К началу конференции издан сборник:

Проблемы экспериментальной ботаники. XIV-ые Купревичские чтения / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперимент. ботаники НАН Беларуси, Белорусск. ботан. об-во ; отв. ред. Д. Г. Груммо. – Минск : ИВЦ Минфина, 2024. – 60 с. ISBN 978-985-880-415-2.



АННОТАЦИИ НОВЫХ КНИГ NEW BOOKS DESCRIPTIONS

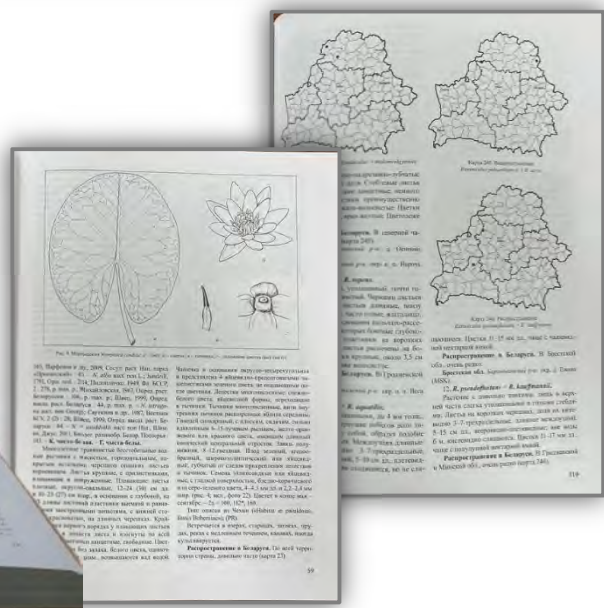
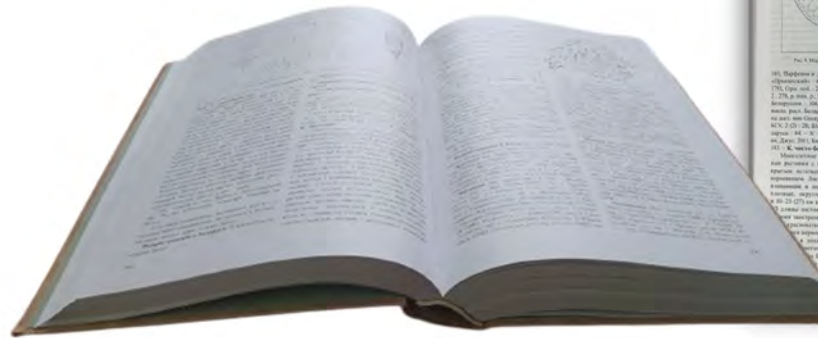
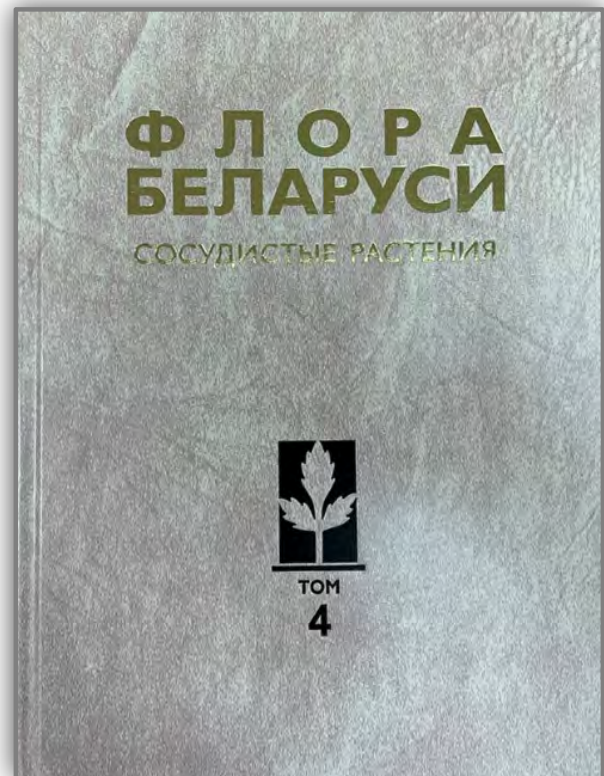
ФЛОРА БЕЛАРУСИ. СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ. Т. 4.

Флора Беларуси: сосудистые растения: в 6 томах / Д. В. Дубовик [и др.] ; Ин-т эксперимент. ботаники НАН Беларуси ; под общ. ред. В. И. Парфенова, Д. В. Дубовика. – Минск: Беларуская навука, 2023. – Том 4. – 816 с. ISBN 978-985-08-3068-5.

Публикацией четвертого тома издания «Флора Беларуси. Сосудистые растения» продолжается выпуск фундаментального труда, отражающего биоразнообразие сосудистых растений в составе флоры республики. Начало издания всеобъемлющей сводки «Флора Беларуси» положено в 2009 г.

Четвертый том «Флоры Беларуси» содержит полную сводку сосудистых растений отдельных семейств класса двудольных. Основу книги составляет систематическая часть, в которой даны характеристики и дихотомические ключи для определения семейств, родов и видов. В монографию включены дикорастущие, а также практически все культивируемые в Республике Беларусь виды. Всего приведены сведения о 454 видах и 85 гибридах, относящихся к 121 роду и 28 семействам класса двудольных. Для них даны латинское, русское и белорусское названия, основные синонимы, морфологическое описание, экология, распространение на территории страны с указанием конкретных населенных пунктов и точечными картами для всех без исключения видов, а также общее распространение по крупным областям и континентам, числа хромосом и практическое значение. Для большинства видов представлены иллюстрации в виде оригинальных рисунков и цветных фотографий.

Книга предназначена для широкого круга специалистов в области ботаники, охраны природы, лесоведения, для преподавателей вузов и студентов, а также всех тех, кто интересуется флорой Беларуси.



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ REQUIREMENTS FOR AUTHORS

1. Представляемые работы должны содержать новые, ранее не публиковавшиеся данные.
2. Основным условием публикации статей является их соответствие профилю издания, новизна и информативность содержания. Статьи принимаются редакцией и издаются на **русском, белорусском и английском языках**. Объем научной статьи не должен превышать 7 тыс. слов или **~40 тыс. печатных знаков**, иной объем необходимо согласовать с редакцией заранее. Объем статей о персоналиях должен составлять не более 1 тыс. слов или 6–7 тыс. печатных знаков.
3. Все материалы представляются в распечатанном виде (в 2-х экземплярах) с подписями всех авторов. На отдельных листах к материалам прилагаются:
 - 3.1. Сведения на русском (белорусском) и английском языках с фамилиями, именами, отчествами авторов, указанием их должности, научной степени и звания; полным названием учреждения, почтовым и электронным адресом и телефоном для сообщений.
 - 3.2. Акт экспертизы и сопроводительное письмо руководства или выписка из протокола заседания ученого совета (отдела, кафедры) учреждения, в котором выполнялась работа.
 - 3.3. Статьи с материалами о новых таксонах, как и статьи о новых флористических находках на территории Беларуси обязательно должны сопровождаться актом передачи типа/изотипа таксонов либо дубликата образца в фонд Гербария Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси.
4. В электронном варианте работа предоставляется в редакцию в формате *.docx, *.doc, *.rtf. Название файла – фамилия первого автора на языке публикации. Формат страницы – **A4**, книжная ориентация, все поля – **2,2 см**. Шрифт текста – **Times New Roman**, межстрочный интервал – **1,0**, кегль шрифта **12**, абзацный отступ – **0,5 см**, выравнивание по ширине, автоматические переносы слов – отключены.
 5. Структурные элементы статьи должны располагаться в следующей последовательности:
 - 5.1. Индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК).
 - 5.2. Инициалы и фамилии авторов.
 - 5.3. Название статьи. В названии статьи, как и во всем тексте, типовые названия растений дублируются на латыни. Латинское название родов и видов печатается *курсивом*, ссылка на автора прямым шрифтом.
 - 5.4. Полное наименование учреждений с указанием города, страны, адреса электронной почты (одного из авторов). Если статья оформляется несколькими учреждениями, то после ФИО каждого автора ставится верхний цифровой индекс (¹, ², ³), он же ставится перед названием учреждения.
 - 5.5. Аннотация (кратко и информативно излагаются цели, методы и результаты работы (**100–200 слов**) с **ключевыми словами** (не дублируют название, а отражают содержание текста в терминах объектов, научной отрасли и методов исследования – **5–8 слов или словосочетаний**)).
 - 5.6. Далее в русскоязычных статьях на *английском языке* полностью приводятся все данные, предшествующие основному тексту статьи (пп. 5.1.–5.5.: авторы, название статьи, учреждения и аннотация); в англоязычных статьях вышеуказанные данные приводятся на *русском языке*, в белорусскоязычных статьях – на *русском и английском языке*.
 - 5.7. Основной текст статьи, содержащий рубрики: «Введение», «Объекты (материалы) и методы исследования», «Результаты исследования и их обсуждение», «Заключение».Графический материал и таблицы вставляются в основной текст, общее их количество, как правило, не должно превышать 8–10. Заголовки таблиц и подрисуночные подписи даются на *русском (белорусском) и английском языках*.

- 5.8. Под заголовком «Благодарности», «Падзяка» или «Acknowledgements» сообщается информация о финансовой поддержке проектов грантами, а также о консультативной или методической помощи в проведении исследований.
- 5.9. Литература (цитируемые источники) – как правило, от 15 до 40 ссылок, приводятся общим списком **в порядке упоминания**, в тексте представлены порядковым номером в квадратных скобках (напр., [1], [2, 3]). Список оформляется в соответствии с требованиями **Высшей аттестационной комиссии** Республики Беларусь. Ссылки на неопубликованные работы **не** допускаются. Нумерация списка – **не** автоматическая!

6. Прочие технические требования:

- 6.1. Не допускается изменения стандартных положений колонтитулов!
- 6.2. Для формул используется формульный редактор Word.
- 6.3. Вставку специальных символов выполнять через меню «Вставка / Символ».
- 6.4. Верхний и нижний индексы (C^4 , C_2) выполнять через меню «Шрифт / Верхний индекс», «Шрифт / Нижний индекс».
- 6.5. Символы химических элементов (Na, Fe, Cl и др.) набираются прямым шрифтом.
- 6.6. Между цифрами всегда ставится среднее тире (–) без пробелов.
- 6.7. Графический материал вставляется в текст без сжатия рисунков. Редакция вправе затребовать графический материал в виде отдельных файлов.

7. Поступившие в редакцию рукописи регистрируются, рассматриваются на соответствие профилю издания, соблюдение правил оформления и направляются на рецензирование. По рекомендации рецензента рукописи могут быть возвращены авторам на доработку. Правки вносятся авторами в текст статьи самостоятельно. Переработанные статьи передаются редколлегии для принятия решения о публикации их в очередном выпуске сборника.

8. **Электронный вариант статьи** предоставляется в редакцию **только** по электронной почте: **botanika.issledovaniy@gmail.com**. Название файла должно состоять из фамилии первого автора на языке публикации.

Отправляя статью в адрес редакции вы, тем самым, подтверждаете свое согласие и согласие всех соавторов на публикацию отредактированного варианта статьи в Сборнике научных трудов «Ботаника (исследования)» в бумажном и электронном виде, а также распространение ее в сети интернет и размещение в наукометрической базе данных РИНЦ и иных базах.

9. Материалы в распечатанном виде с подписями и всеми сопроводительными документами следует направлять по адресу: Республика Беларусь, 220072, г. Минск, ул. Академическая, 27; Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, редакция сборника научных трудов «Ботаника (исследования)». Каб. **301, 307**. Тел. для справок: **+375 17 378 25 14, +375 17 374 00 27**.

Научное издание

**БОТАНИКА
(ИССЛЕДОВАНИЯ)**
сборник научных трудов

Выпуск 53

Ответственный за выпуск: *Н. А. Зеленкевич*
Фото обложки: *В. Н. Лебедько*

Подписано в печать 12.04.2024.
Формат 60x84¹/₈. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл.печ.л. 38,83. Уч.-изд.л. 30,70.
Тираж 100 экз. Заказ № 148.

Выпущено по заказу
Государственного научного учреждения
«Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси»

Издатель и полиграфическое исполнение:
Республиканское унитарное предприятие
«Информационно-вычислительный центр
Министерства финансов Республики Беларусь»
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 2/41 от 29.01.2014
220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17